



Comité Stratégique de Filière CSF AERONAUTIQUE

Groupe de Travail Economie circulaire

Partie 2 Recueil 2015 de bonnes pratiques : Exemples & témoignages d'entreprises du secteur aérospatial



Table des matières

0. INTRODUCTION	5
1. ENERGIE.....	6
1.1 ECONOMIES d'ENERGIE.....	6
1.2 UTILISATION d'ENERGIES RENOUVABLES (ENR).....	18
2. EAU	24
3. MATIERES	30
3.1 ECONOMIES de MATIERES	30
3.2 REDUCTION A LA SOURCE des DECHETS	35
3.3 VALORISATION MATIERES	37
3.4 DEMANTELEMENT des AVIONS.....	49
4. ECOLOGIE INDUSTRIELLE et TERRITORIALE (EIT).....	51
5. ECONOMIE de FONCTIONNALITE	54
6. PROMOTION, DIFFUSION et PEDAGOGIE.....	56
6.1 Communication	56
6.2 Actions du Gifas.....	60
7. SYNTHESE	61

Liste des fiches et exemples présentés dans le document

❑ **Economie d'énergies**

Fiche ENG-1 : Installation d'une nouvelle centrale frigorifique

Fiches ENG-2 à ENG-3 : Amélioration de l'efficacité énergétique des installations

Fiche ENG-4 : Mise en place d'une Gestion Technique Centralisée

Fiche ENG-5 : Clause de performance énergétique dans le contrat de prestation multi-technique

Fiche ENG-6 : Utilisation de systèmes de « free-cooling »

Fiche ENG-7 : Installation de vannes à débit variable

Fiche ENG-8 : Installation d'un puits canadien permettant une solution de climatisation.

Fiche ENG-9 : Réduction de l'empreinte écologique des matériels informatiques -« GREEN IT »

Fiche ENG-10 : Construction bâtiment Haute Qualité Environnementale (HQE)

Fiche ENG-11 : Récupération de chaleur sur des installations de cabines de peinture

Fiche ENG-12 : Construction d'un hall de peinture avion beaucoup moins énergivore

Fiche ENG-13 : Construction d'un bâtiment à «énergie nulle»

❑ **Utilisation d'énergies renouvelables**

Fiches ENR-1 et ENR-2 : Chauffage par géothermie pour de nouveaux bâtiments

Fiches ENR-3 et ENR-4 : Utilisation de panneaux photovoltaïques

Fiches ENR-5 à ENR-7 : Installation de chaufferie biomasse

❑ **Economie d'eau**

Fiche EAU-1 : Procédé innovant de nettoyage extérieur des avions

Fiche EAU-2 : Installation d'une station d'épuration des effluents fonctionnant en « rejet zéro »

Fiche EAU-3 : Remplacement des tours aéroréfrigérantes à eau pulvérisée par des systèmes à air.

Fiche EAU-4 : Installation d'une station de traitement biologique pour réutiliser les eaux sanitaires.

Fiche EAU-5 : Installation d'un système de détection acoustique des fuites

Fiche EAU-6 : Récupération des eaux usées des cabines de peinture, traitement et recyclage

Fiche EAU-7 : Installation d'une station de traitement des eaux permettant le recyclage et l'épuration des effluents de traitement de surface

❑ **Economie de matières**

Fiches ECO-MAT 1 à ECO-MAT 4 : Ingénierie, fabrication, réparation de pièces aéronautiques par fabrication additive

Fiche ECO-MAT 5 : Procédé de production par injection nécessitant moins de matières plastiques

❑ **Réduction à la source des déchets**

Fiche WASTE-1 : Diminution des déchets dangereux –remplacement de l'usage chimique

Fiche WASTE-2 : Réduction de la taille des emballages

❑ **Valorisation des matériaux**

Fiches VAL-MAT 1 à VAL-MAT 3 : Récupération des chutes et copeaux de production pour disposer de matières premières secondaires (titane, aluminium, aciers spéciaux /superalliages)

Fiche VAL-MAT 4 : Récupération de pièces aéronautiques usagées dans le cadre de la maintenance

Fiche VAL-MAT 5 : Programme de reprise en fin de vie des batteries aéronautiques et recyclage

Fiche VAL-MAT 6 : Rechapage des pneus avion

Fiche VAL-MAT 7 : Système de recyclage et de réutilisation de solvants usagés

Fiche VAL-MAT 8 à 10 : Valorisation de différents matériaux (déchets précieux, gaz fluoré, grenat)

Fiche VAL-MAT 11 à 12 : Seconde vie à la matière (récupération de gilets de sauvetage et de systèmes d'évacuation d'urgence)

Fiche VAL-MAT 13 : Recyclage de palettes de bois

Fiche VAL-MAT 14 : Utilisation de déchet comme matériau d'emballage

❑ **Démantèlement avion** : exemple de TARMAC AEROSAVE à Tarbes

❑ **Ecologie Industrielle et Territoriale**

Exemples sectoriels sur la mutualisation d'équipements énergétiques (**EIT-1**), sur un projet de Parc de Regroupement de Dérivés Industriels (**EIT-2**), sur un projet d'Ecologie industrielle en zone industrialo-portuaire (**EIT-3**).

❑ **Economie de fonctionnalité**

Exemples sectoriels sur les pneus avion (**ECOF-1**), les moteurs (**ECOF-2**), le leasing avion (**ECOF-3**) et l'emploi accru des simulateurs (**ECOF-4**).

Les entreprises suivantes du Gifas ont participé aux travaux 2014-2015 du Groupe de Travail et/ou contribué à la rédaction des fiches de ce recueil :

AIRBUS	ENG-11 / ENR-1/ ENR-3/ENR-5 ECO-MAT 3
AIRBUS D&S	ENR-6
AIR France Industries	ENG-10 / VAL-MAT 4 / VAL-MAT 11
ARIANESPACE	ENG-1
ATR	ENG-3
AUBERT & DUVAL	VAL-MAT 1
BEAM	ECO-MAT 1
CONSTELLIUM	VAL-MAT 2 / VAL-MAT 13
DAHER	ENG-2
DASSAULT Aviation	ENG-4 à 6 / VAL-MAT 3
INVENTEC	VAL-MAT 7 / VAL-MAT 9
JET CUT	ENG-13
LISI AEROSPACE	EAU-7
MAPAERO	ENR-2
MICHELIN	VAL-MAT 6 / ECOF-1
PROTEC Industrie	EAU-2
RATIER-FIGEAC	VAL-MAT 14
Groupe SAFRAN	ENR-7/ ECO-MAT 4 EIT-1 / ECOF-2
SAFT	VAL-MAT 5
STELIA AEROSPACE	WASTE-1/ EIT-2 &3
STTS	ENG-12
Groupe THALES	ENG-7 à 9/ENR-4/ EAU-3 et 4 ECO-MAT 2 / VAL-MAT 8 / VAL-MAT 10 / ECOF-4
UUDS	EAU-1
ZODIAC AEROSPACE	EAU-5 et 6 / ECO-MAT 5 / WASTE-2 / VAL-MAT 12

Nota : lorsque le document cite des chiffres de réduction de consommation (eau, énergie, ...) de certaines sociétés, il s'agit de diffuser les résultats associés à ces bonnes pratiques. Il ne s'agit pas de comparer ces résultats entre eux. **Les référentiels sont souvent différents** (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). Ils dépendent du **périmètre et des modes de consolidation choisis**. De plus, au sein d'un même secteur, les activités sont très variées.

0. INTRODUCTION

Dans le cadre des travaux et actions du **Groupe de travail (GT) ECONOMIE CIRCULAIRE** du **Comité Stratégique de Filière (CSF) Aéronautique**, il a été décidé d'élaborer un **recueil de témoignages sur les bonnes pratiques sectorielles** concernant les différentes thématiques liées à ce sujet (économie des ressources, prévention des déchets, recyclage,).

Ce recueil est destiné à être partagé au sein des entreprises de la filière industrielle aéronautique et spatiale. Il a été conçu pour être opérationnel, avec des exemples variés et concrets représentatifs du secteur. L'économie circulaire est à la **croisée des enjeux environnementaux et économiques** et ces derniers seront soulignés afin de mettre en lumière le retour sur investissement pour les entreprises. Au-delà d'une diffusion au sein de la filière aérospatiale, le document pourra être partagé avec d'autres secteurs industriels afin d'enrichir les expériences croisées.

Dans la 1^{ère} partie (Ref Gifas 2015-20007), le contexte est rappelé (feuille de route de la conférence environnementale 2013, loi nationale relative à la transition énergétique pour la croissance verte adoptée en août 2015, travaux de la Commission Européenne, travaux déjà réalisés par le CSF Aéronautique dans le cadre du Conseil national de l'industrie).

Egalement cette partie rappelle les travaux de la filière sur son empreinte environnementale, en particulier les progrès technologiques réalisés pour réduire la consommation des avions.

Dans cette seconde partie (Ref Gifas 2015-20008), sont regroupés, par thématiques, les exemples et témoignages d'entreprises du secteur, aussi bien des PME, des ETI que des grands groupes. Les fiches présentées traitent de l'un ou de plusieurs sujets suivants parmi notamment:

- La frugalité des ressources : Economie d'énergie, Utilisation d'énergies renouvelables, Economie en eau, économie de matières,
- La prévention des déchets,
- La valorisation, la réutilisation, le recyclage,
- La durée de vie, la réparabilité,
- La fin de vie,
- L'écologie Industrielle et Territoriale (projets mutualisés entre plusieurs entreprises proches géographiquement),
- L'économie de fonctionnalité.

Pour chacun des exemples industriels détaillés, les points suivants sont balayés :

- Origine de l'initiative (réponse à un besoin économique, nécessité environnementale, réglementation),
- Description de la solution d'économie circulaire,
- Difficultés ou freins rencontrés, le cas échéant,
- Bénéfices obtenus ou à venir.

Le recueil traite des progrès réalisés sur des installations ou activités industrielles. Il n'inclut pas les exemples de progrès technologiques réalisés sur les avions, les moteurs, les systèmes et équipements pour diminuer la consommation de carburant.

1. ENERGIE

1.1 ECONOMIES d'ENERGIE

Les grandes sociétés du secteur ont fixé en interne, de façon volontaire, des objectifs de réduction sur leurs sites industriels de la consommation d'énergie.

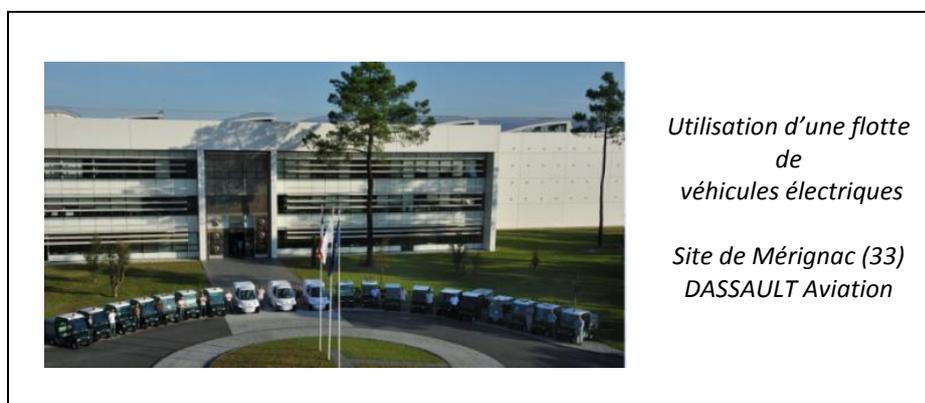
Par ailleurs :

- Les sociétés de plus de 500 personnes doivent réaliser un **bilan d'émissions de gaz à effet de serre (BEGES)** et la publication d'une synthèse des **plans d'actions** permettant notamment de réduire les émissions de CO₂ associées à la consommation énergétique. Le 1^{er} bilan BEGES était à fournir fin 2012 ; la mise à jour doit être éditée tous les 3 ans (prochainement tous les 4 ans). Les 2 périmètres à renseigner dans ce bilan sont les émissions directes et les émissions indirectes émises par l'utilisation d'électricité, de chaleur ou de vapeur.
- Les sociétés de plus de 250 personnes ou dont le chiffre d'affaires dépasse 50 M€, ou dont le total de bilan excède 43 M€ sont assujetties à un **audit énergétique** à partir de décembre 2015, puis tous les 4 ans. L'audit doit couvrir 3 domaines : les **bâtiments, les procédés industriels et les transports**. Les sociétés peuvent choisir d'aller vers une **certification ISO 50001** sur le management de l'énergie.

Le changement d'équipements et celui des habitudes de consommations, l'isolation ou la rénovation de bâtiments selon des standards plus écologiques¹, sont autant de mesures prises afin d'améliorer l'efficacité énergétique.

Ainsi, au moment de l'achat d'équipements, il est utile de recourir à l'utilisation de critères consommation/efficacité.

Exemple :



Les principaux postes à surveiller sont naturellement :

- Le chauffage
- Les équipements/systèmes liés aux procédés, selon la nature des activités industrielles du site,
- L'éclairage (variateur, ampoule basse consommation, utilisation de LED, ..)
- La bureautique.

La sensibilisation des salariés et la chasse au gaspillage sont indispensables.

¹ Exemples de certification, label ou standard environnemental pour les bâtiments : **RT 2012** (Règlementation thermique) et **HQE** (haute qualité environnementale) en France, **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), **LEED** (Leadership in Energy & Environmental Design).

Exemples présentés sur les économies d'énergie

- ❑ **ARIANESPACE** : Installation d'une nouvelle centrale frigorifique, en remplacement de trois centrales existantes à Kourou.
- ❑ **DAHER** : Usine de Tarbes- Amélioration de l'efficacité énergétique des installations industrielles, dans le cadre de la certification ISO 50001
- ❑ **ATR** : Amélioration de l'efficacité énergétique du siège social de Toulouse dans le cadre de la politique environnementale de l'entreprise.
- ❑ **DASSAULT Aviation** :
 - Gestion Technique Centralisée (GTC) dans le cadre d'une réduction des consommations énergétiques sur le site de production de Poitiers,
 - Intégration dans le contrat de prestation multi-technique d'une clause de performance énergétique pour le siège social,
 - utilisation de systèmes de « free-cooling » sur le site d'Argonay en Haute-Savoie.
- ❑ **THALES** :
 - THALES Palaiseau : Installation de vannes à débit variable permettant de relâcher, hors heures ouvrées, les contraintes de température et d'hygrométrie des salles blanches et d'optimiser le système en heures ouvrées.
 - THALES Limours : Installation d'un puits canadien permettant une solution de climatisation.
 - THALES Groupe : Réduction de l'empreinte écologique des matériels informatiques et plus largement des systèmes d'information. (plan « GREEN IT » ou « TIC durables »)
- ❑ **AIR France Industries** : Construction du nouvel atelier de révision de moteurs à Orly dans une démarche de Haute Qualité Environnementale (HQE)
- ❑ **AIRBUS Nantes** : Mise en place de roues de récupération de chaleur sur des installations de cabines de peinture
- ❑ **STTS** : Site de Toulouse – Construction d'un hall de peinture avion, beaucoup moins énergivore.

FICHE ENG 1	
Entreprise	ARIANESPACE , basé à Evry et à Kourou (Guyane) 321 salariés en 2014 - CA : 1 399 M€
Origine de l'initiative	<p>Dans le cadre de sa stratégie de responsabilité sociale et environnementale, Arianespace a engagé une politique environnementale et énergétique volontariste.</p> <p>L'ensemble des installations du CSG (Centre Spatial Guyanais) représente 20% de la consommation d'électricité de la Guyane et celle d'Arianespace, 4%. Un diagnostic énergétique avait été réalisé en 2012 par EDF. Il démontrait que plus des ¾ des consommations électriques étaient liées au poste « climatisation » des différents ensembles de lancement. Ce poste est essentiel au bon fonctionnement des installations en climat équatorial.</p> <p>Une étude complémentaire à ce diagnostic a permis de mettre en œuvre un système de management énergétique visant à réduire cette consommation. C'est dans le cadre d'un partenariat innovant entre EDF et Arianespace que les mesures mises en place ont permis à l'Etablissement Arianespace de Guyane d'obtenir la certification ISO 50001 (Management de l'énergie) en décembre 2014, quelques mois après avoir obtenu la certification ISO 14001.</p>
Description de la solution	Une nouvelle centrale eau glacée a été installée en remplacement de 3 anciennes. Cette nouvelle installation équipée des dernières technologies permet de produire de l'eau glacée avec un bien meilleur rendement.
Difficultés rencontrées	Il n'existe qu'un compteur électrique sur le site du CSG. Il appartient au CNES qui répartit les factures aux différents acteurs du site. Il n'a pas été facile de retracer les consommations de chaque activité.
Bénéfices constatés	<p>L'installation de cette nouvelle centrale frigorifique a permis de diminuer de 49% les émissions de CO₂.</p> <p>Fin 2017, l'Etablissement Arianespace de Guyane devrait réduire sa consommation d'électricité de 6%.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
Pour aller plus loin	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Rapport Responsabilité Sociale et Environnementale 2014-2015</p> <p>http://www.arianespace.com/images/about-us/CSR_report_2014_2015_FR.pdf</p> </div> </div>

FICHE ENG 2	
Entreprise	<p>DAHER- Usine de Tarbes</p> <p>Conception et fabrication d'avions de formation, de tourisme et d'affaires, de support clients et de maintenance ainsi que d'aérostructures, de sous-ensembles et de pièces élémentaires aéronautiques.</p> 
Origine de l'initiative	Amélioration de l'efficacité énergétique des installations et bâtiments.
Description de la solution	<p>Dans le cadre de la certification ISO 50001 du site de Tarbes, un plan d'action a été mis en place afin de réduire l'empreinte énergétique.</p> <p>Ont été mis en place, notamment:</p> <ul style="list-style-type: none"> - une gestion automatisée du chauffage (gain 3%) - un éclairage graduable dans les ateliers peinture/câblage (objectif - 30% d'économie) - des calorifugeages sur les tuyauteries (gain 3 à 5%) - des gradateurs de puissance (3% économie), des variateurs sur les ventilateurs (6 à 7 % d'économie) - Construction du nouveau Bâtiment 2 ter selon normes RT 2005 et 2012. <p>En cours : Etude d'optimisation énergétique des cabines peinture avec la mise en place d'un système de ventilation modulé (retour expérience fournisseur : régulation moyenne de la ventilation à 30% de débit nominal, 70% d'économies d'énergie)</p>
Difficultés rencontrées	<ul style="list-style-type: none"> - Démonstration d'un retour sur investissement sur les actions proposées. - Convaincre les acteurs.
Bénéfices constatés	Le retour sur investissements est de 3 ans.
Pour aller plus loin	Entreprises partenaires : Illico, Barrault Recherche, ITG

FICHE ENG 3	
Entreprise	<p>ATR- Toulouse- Siège social</p>  <p>Constructeur d'avions régionaux (ATR 42, ATR 72), dont le siège social et la chaîne d'assemblage final sont à Toulouse, ATR est le leader mondial sur le marché des turbopropulseurs de 50 à 78 sièges. Depuis le lancement de son programme en 1981, ATR a vendu 1500 avions dans 90 pays et en a déjà livré plus de 1200.</p>
Origine de l'initiative	Amélioration de l'efficacité énergétique de son siège social dans le cadre de la politique environnementale d'ATR
Description de la solution	<p>Cette performance a été possible grâce :</p> <ul style="list-style-type: none"> - au renouvellement et au remplacement des installations du type chaudières, groupes froids, matériels informatiques plus performants et moins énergivores - à l'installation d'un panneau photovoltaïque - au déploiement de solutions de temporisations de lumières, le remplacement des tubes fluorescents par des LEDs,... <p>La sensibilisation du personnel a permis d'atteindre cet objectif.</p>
Bénéfices constatés	Réduction de la consommation d'énergie (gaz et électricité) de plus de 5% entre 2010 et 2012, et de près de 13% entre 2014 et 2012.
Pour aller plus loin	<p>ATR continue d'œuvrer en ce sens en allant plus loin que le remplacement des tubes fluorescents par des LEDs, sur son site de Blagnac. Le nombre de points d'éclairage a été réduit tout en conservant un confort similaire. Cela se traduit par 32% d'économie de puissance instantanée.</p> <p>ATR a aussi pour objectif de remplacer les projecteurs des simulateurs de vol présents sur ce site. Le gain estimé se traduit par un coefficient de 11.</p>

FICHE ENG 4	
Entreprise	<p>Dassault Aviation, Établissement de Poitiers <i>Ce site est spécialisé dans l'équipement des verrières, la fabrication de plans horizontaux Falcon, d'ensemble de structures et de longerons.</i></p> 
Origine de l'initiative	Gestion Technique Centralisée (GTC) dans le cadre d'une réduction des consommations énergétiques.
Description de la solution	<p>Installation d'une GTC afin de suivre l'ensemble des consommations en eau sanitaire, en eau industrielle, en électricité, en gaz ou en air comprimé. La GTC permet de piloter les paramètres, de détecter les dérives et d'étudier l'impact de modifications (modification des cycles, changement de procédé, ...).</p>
Difficultés rencontrées	Le déploiement de la GTC et le réseau de comptage associé nécessitent des investissements.
Bénéfices constatés	<p>L'étude des données de production d'air comprimé recueillies via la GTC a permis une modification des cycles de fonctionnement des compresseurs. Sur une année, la consommation électrique a diminué de 128 000 kWh uniquement par cette action. La consommation électrique associée à cette quantité d'air représente 6% de la consommation d'électricité annuelle de l'établissement.</p>

FICHE ENG 5	
Entreprise	<p>Dassault Aviation, Établissement de Saint Cloud et Le Bourget <i>Le site de Saint Cloud rassemble les Directions Centrales de la société et est un établissement à dimension tertiaire.</i></p> 
Origine de l'initiative	Réduction des consommations énergies et eau de l'établissement.
Description de la solution	Intégration dans le contrat de prestation multi-technique d'une clause de performance énergétique , avec la mise en place d'outils de pilotage et de

	reporting des énergies et ressources par bâtiments. Une étude sur les six premiers mois permet au prestataire d'établir les valeurs de références du contrat.
Difficultés rencontrées	Définition de l'indice de performance, à charge constante et indépendamment des conditions climatiques.
Bénéfices constatés	Objectifs de réduction des consommations d'électricité et gaz d'au minimum 8% garantis.

FICHE ENG 6	
Entreprise	Dassault Aviation, établissement d'Argonay (74) <i>Site spécialisé dans la fabrication et essais d'équipements mécaniques, hydrauliques et électroniques pour commandes en vol.</i>
Origine de l'initiative	Le site d'Argonay « produit du froid » pour le refroidissement de ses moyens de production et de ses locaux. Les équipements de refroidissements utilisaient des fluides frigorigènes visés par le Règlement (CE) n° 2037/2000 du 29/06/2000 qui en a interdit l'utilisation à compter du 31/12/2014.
Description de la solution	L'utilisation de groupes froids équipés de systèmes de « free-cooling » intégrés a été privilégiée du fait des températures ambiantes de la région (nuit, printemps, automne et hiver). 
Bénéfices constatés	Les systèmes de « free-cooling » récupèrent l'énergie à partir d'échangeurs utilisant la température extérieure lorsque celle-ci est inférieure à la température du liquide à refroidir. Ceci permet de mettre en sommeil ou de compléter le travail les compresseurs des groupes froid. L'ensemble, piloté par notre GTC (gestion technique centralisée), engendre des gains substantiels sur la consommation électrique. En gardant les hypothèses de fonctionnement actuel et aux variations climatiques près, le gain de consommation électrique moyen est estimé à 110 MWh/an. Environ 6,6 tonnes de CO ₂ sont évitées et le retour sur investissement de moins de 2 ans.

FICHE ENG 7	
Entreprise	Thales Research and Technology -Palaiseau
Origine de l'initiative	<p>Les centrales de traitement d'air sont les installations qui assurent en permanence les performances thermiques, hygrométriques et de pression dans les salles blanches. Or ces centrales de traitement d'air étaient programmées pour fonctionner de façon permanente même hors heures ouvrées.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
Description de la solution	Installation de vannes Phoenix à débit variable permettant le relâchement hors heures ouvrées des contraintes de température et d'hygrométrie des salles blanches et optimisation en heures ouvrées.
Bénéfices constatés	Après un an de fonctionnement, les mesures énergétiques permettent de calculer un retour sur investissement de 9 mois. Si l'ensemble des ateliers ne sont pas encore opérationnels à 100 %, la consommation d'énergie a été réduite de 12% (2GWh) en un an.

FICHE ENG 8	
Entreprise	Thales Air System -Limours
Origine de l'initiative	En 2009, les immeubles au nord de la Loire étaient conçus sans climatisation de confort. Ainsi l'installation du puits canadien sur un des bâtiments de Limours permettait d'offrir une solution de climatisation.
Description de la solution	<p>Le puits canadien représente une solution écologique pour rafraîchir l'air en été et gagner quelques degrés en hiver. Le puits canadien, aussi appelé puits provençal, aspire l'air en surface et le fait circuler dans des tuyaux enterrés sous terre afin de le réchauffer ou de le rafraîchir, comme une climatisation.</p> <p>Par ailleurs, des protections passives (écrans solaires) ont démontré leur efficacité pour limiter les fluctuations de températures alors que les températures extérieures ont une amplitude relativement élevée.</p>

	
Bénéfices constatés	<p>Cette solution de puits canadien ne remplace par une climatisation mais elle permet de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • diminuer grandement le nombre de jours d'inconfort en été (des mesures enregistrées sur une même période estivale dans deux bâtiments d'exposition identique indiquent une température inférieure de 1 à 2°C dans le bâtiment doté du puits canadien). • d'économiser de l'énergie en été et en hiver sur le traitement de l'air neuf introduit.

FICHE ENG 9	
Entreprise	Groupe THALES
Origine de l'initiative	Réduire l'empreinte écologique des matériels informatiques et plus largement des systèmes d'information.
Description de la solution	Un plan « GREEN IT » ou « TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) durables » a été déployé au sein des entités THALES, en ayant recours à des onduleurs de nouvelle génération et en optimisant les parcs informatiques.
Bénéfices constatés	jusqu'à 10% de réduction de consommations d'énergie.
Pour aller plus loin	Thales conçoit et transforme ainsi son parc de datacenters – ainsi que les infrastructures informatiques et datacenters de ses clients - dans une démarche continue d'amélioration de l'empreinte environnementale en agissant notamment sur le rendement des installations électriques et climatiques. Les services de Cloud Computing que Thales délivre à ses clients offrent une meilleure mutualisation des ressources et un meilleur taux de charge pour améliorer le rendement global des infrastructures informatiques.

FICHE ENG 10	
Entreprise	AIR France Industries- Orly Bâtiment « Constellation » - Atelier de révision de moteurs
Origine de l'initiative	Inscrire la construction de ce nouvel atelier dans une démarche de Haute Qualité Environnementale (HQE)
Description de la solution	<p>Le bâtiment Constellation d'Orly, dédié à la révision des moteurs, est équipé 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.</p> <p>Chiffres clés du bâtiment : 10 500 m²; Hauteur : 14 m Façade en bardage métallique et en panneaux béton préfabriqué 12 mois d'études et sélection d'entreprises, 14 mois de travaux. Inauguration fin 2010.</p> 
Bénéfices	Le bâtiment consomme 30 % d'énergie de moins qu'un bâtiment classique.
Pour aller plus loin	Air France Industries a récemment inauguré à Roissy une nouvelle plateforme industrielle de maintenance « HELIOS », installation de 18 000 m ² qui a également bénéficié dans sa conception d'une démarche HQE: choix de minimisation des consommations énergétiques, panneaux solaires, utilisation de LED, isolation,..

FICHE ENG 11	
Entreprise	Airbus- Site de Nantes- Installations de peinture
	
Origine de l'initiative	Mise en place de roues enthalpiques sur des installations de cabines de peinture
Description de la solution	Une roue de récupération de chaleur est un échangeur de chaleur rotatif qui récupère plus de 60 % de l'énergie utilisée pour conditionner une cabine de peinture. L'usine de Nantes a mis en place une roue de récupération de chaleur pour la cabine de peinture « Népal ».
Bénéfices constatés	Cette telle installation au sein de la cabine de peinture « Népal » permet d'économiser 1 GWh de gaz et réduit d'environ 56% de la consommation annuelle de gaz soit une réduction de 185 tonnes d'émissions de CO ₂ .

FICHE ENG 12	
Entreprise	<p>STTS - Sites de Toulouse</p> <p>STTS, créée en 1986, est spécialisée dans la peinture aéronautique. Le groupe dont le siège est à Blagnac, emploie actuellement un millier de salariés dans le monde dont près de 300 à Toulouse pour un CA de 70,5 M€ dont 1/3 à l'export. Positionnée désormais comme un des leaders européens sur son marché, STTS travaille avec AIRBUS, ATR, AIRBUS Helicopters, Dassault Aviation et Air France Industries.</p>
Origine de l'initiative	<p>Hall de peinture, beaucoup moins énergivore.</p> <p>D'une surface de 10 000 m², le bâtiment situé au bord des pistes de l'aéroport Toulouse-Blagnac est dédié à la peinture d'avions longs courriers d'Airbus. Le hall installé en 2010 a nécessité 32 M€ d'investissement et a été conçu pour limiter au maximum la consommation d'énergie.</p> 
Description de la solution	<p>Le plafond intérieur a été abaissé au maximum et des rideaux pour isoler l'arrière de l'avion ont été mis en place pour réduire le volume d'air à renouveler dans l'usine. L'air intérieur est renouvelé à l'aide d'importants systèmes de soufflage et d'extraction. Le recyclage de l'air non pollué est réalisé autant que possible (jusqu'à 80%)</p>
Bénéfices constatés	<p>30% de volume intérieur optimisé impactant directement la consommation énergétique.</p>
Pour aller plus loin	<p>STTS Group a engagé la construction dans l'agglomération toulousaine de deux nouvelles salles de peinture à Cornebarrieu (13000 m² de locaux pour deux salles de peinture dédiée aux A330 et A350 pour début 2017) et à Blagnac (2 600 m² à l'été 2016 pour relocaliser une salle de peinture pour l'A320, actuellement en activité sur le site d'Airbus de Saint-Martin-du-Touch, à Toulouse).</p> <p>Dans la conception de ces nouvelles salles, l'optimisation de la forme du bâtiment au plus proche de la forme de l'avion permettra des économies d'énergies supplémentaires.</p>

Fiche ENG-13	
Entreprise	<p>JET CUT, basée à Yssingeaux (Haute-Loire) - 30 salariés en 2015</p> <p>A sa création en 1989, JET CUT devient la première entreprise française de découpe Jet d'Eau (avec 2 machines) en sous-traitance. Depuis, sa politique d'investissement la place parmi les leaders européens de son secteur d'activité. En 2015, ce sont 6 machines (dont 3 à 5 axes) de Découpe & Usinage ; 3 machines supplémentaires arriveront en 2016.</p> <p>Ses secteurs d'activités sont l'aéronautique, le nucléaire, les chantiers navals, la mécanique.</p>
Origine de l'initiative	<p>Au fil des ans, Jet Cut a conquis des marchés et investi dans des machines de plus en plus performantes, mais également de plus en plus consommatrices d'énergie. Aussi, lors du projet de construction du bâtiment pour abriter de nouvelles machines en 2008, la réflexion s'est à la fois portée sur la nécessité d'une démarche plus responsable en termes de consommation des ressources naturelles, de recherche d'économies et a été guidée par la volonté d'obtenir une certaine autonomie énergétique, garante de la pérennisation de l'activité.</p>
Description de la solution	<p>Construction en 2009 d'un nouveau bâtiment à « énergie nulle » de 3 200 m² permettant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la production d'électricité grâce à l'installation de 1 540 m² de cellules photovoltaïques ; - un chauffage et une climatisation du bâtiment par un système de pompes à chaleur, - le renforcement de l'isolation et la récupération de la chaleur générée par le process lui-même. - la récupération des eaux pluviales et le recyclage de l'eau permettant d'économiser près de 10 millions de litres par an de production. <p>La mise en service a été faite en 2010 en collaboration avec TEDRAL.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Par ailleurs, cette installation a permis de réaliser alors la plus importante pose de panneaux photovoltaïques, en régions Rhône-Alpes / Auvergne réunies, après le stade Geoffroy-Guichard.</p>
Difficultés rencontrées	<ul style="list-style-type: none"> - Eaux pluviales trop peu chargées en minéraux et provoquant une usure prématurée des pièces détachées → Nécessité de mettre en place des filtres supplémentaires et un osmoseur. - Puissance du système de chauffage insuffisante → Besoin de forages plus profonds. <p>soit des coûts supplémentaires</p>
Bénéfices constatés	<ul style="list-style-type: none"> - Autonomie presque totale en eau. Très faible consommation sur le réseau « eau de ville » (seulement pour les besoins en eau potable) - Compensation du coût des consommations électriques par la production des panneaux photovoltaïques.
Pour aller plus loin	<p>http://94.23.1.75/energie-metal/jet-cut/presentation/PRE_presentation.asp</p>

1.2 UTILISATION d'ÉNERGIES RENOUVABLES (ENR)

Fiches présentées sur la géothermie, l'énergie solaire et le chauffage par biomasse

- ❑ **Fiche AIRBUS-** Futur siège social d'AIRBUS Group à Toulouse : Chauffage par géothermie / Norme BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method),
- ❑ **Fiche MAPAERO** –PME spécialisée dans les peintures aéronautiques : nouveau bâtiment avec un système géothermique et panneaux photovoltaïques
- ❑ **Fiche THALES Alenia Space** : Production d'eau chaude sanitaire du restaurant d'entreprise et des vestiaires.
- ❑ **Fiche AIRBUS-Toulouse-** Chaîne d'assemblage A350: panneaux photovoltaïques, matériaux recyclés
- ❑ **Fiche AIRBUS Toulouse** : 1^{ère} chaufferie biomasse du Groupe Airbus installée en 2012
- ❑ **Fiche AIRBUS DS Les Mureaux** : Chaufferie biomasse aux Mureaux
- ❑ **Fiche TURBOMECA-Groupe SAFRAN- Site de Bordes** : Centre d'énergie alimentée par le bois

L'exemple précédent (ENG-13) de la PME JET CUT pourrait également figurer dans ce chapitre, le bâtiment construit ayant été équipé de 1 540 m² de cellules photovoltaïques.

Fiche ENR-1	
Entreprise	AIRBUS Group- Nouveau siège social de Toulouse
Origine de l'initiative	Installation du futur siège toulousain d'Airbus Group près de l'aéroport de Toulouse-Blagnac s'installe à Toulouse. Le site s'étend sur 5 hectares et accueillera courant 2016, 1 500 salariés sur 30 000 m ² . Ce sera la plus grosse opération de chauffage géothermique d'Europe.
Description de la solution	<p>Le campus comprend plusieurs bâtiments construits selon la norme environnementale internationale Breem (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), qui impose l'utilisation de matériaux de haute technologie.</p>  <p>Les bâtiments seront chauffés par la géothermie grâce à 141 forages à 205 mètres de profondeur soit 28 905 mètres linéaires de forages en une seule tranche de travaux.</p>
Bénéfices constatés	L'opération permettra une production thermique de 2 MW de chauffage et 1 MW de froid.

Fiche ENR-2	
Entreprise	MAPAERO, basé à Pamiers (Ariège), < 100 salariés Cette PME est spécialisée dans la conception, la production et la vente de peintures aéronautiques. Elle est certifiée ISO 14001.
Origine de l'initiative	Les peintures à l'eau MAPAERO associent performances techniques et respect de l'environnement. Ainsi quand la société a dû s'agrandir en 2011, elle a souhaité équiper son nouveau bâtiment avec un système géothermique pour satisfaire ses besoins simultanés en chauffage et en climatisation pour le refroidissement des machines.
Description de la solution	Le bâtiment est chauffé par plancher chauffant avec des pompes à chaleur géothermiques. Un sous-produit de cette installation consiste à refroidir des machines-outils en récupérant la chaleur des machines pour optimiser l'installation. 24 forages à 100 mètres de profondeur ont été réalisés. La mise en service de l'installation s'est faite en juin 2011: le bâtiment est à énergie positive grâce à la combinaison des énergies géothermique et photovoltaïque. Le système étant satisfaisant, un second ouvrage géothermique a été réalisé et achevé en octobre 2011, et une troisième tranche de travaux de 3000 m de forages s'est terminée en janvier 2013.
Bénéfices constatés ou à venir	Enfin, à l'issue des travaux en 3 phases, les 7800 m ² de SHON (surface hors œuvre nette) sont entièrement chauffés (besoins de 420 kW) et refroidis (besoins de 230 kW) par géothermie, qui allie performances, faible entretien et faibles nuisances esthétiques et sonores. Avec 3 000 m² de panneaux photovoltaïques et un système de chauffage relié à la géothermie , MAPAERO maîtrise au mieux ses consommations. Des subventions ont été demandées auprès de l'ADEME (Fonds chaleur).
Pour aller plus loin	Fiche AFPG (Association Française des Professionnels de la Géothermie) : http://afpg.asso.fr/fiches.operations/Midi%20Pyrenees/Ariege/MAPAERO.pdf  

Fiche ENR-3	
Entreprise	AIRBUS Toulouse - Chaîne d'assemblage A350 (Bâtiment Roger Bréteille). Dimensionnée pour produire jusqu'à 10 appareils par mois, la superficie de cette ligne d'assemblage du nouveau long-courrier correspond à plus de 300 terrains de tennis.
Origine de l'initiative	Ce bâtiment d'assemblage du nouveau long-courrier de la gamme AIRBUS a été voulu éco-efficent. Il a été inauguré fin 2012. Il représente un investissement de 140 M€.
Description de la solution d'économie circulaire	Les travaux de construction ont prévu un recyclage et une réutilisation du béton et des fondations des anciens bâtiments dans les nouveaux. 10 000 m ³ de matériaux issus du site ont été recyclés. La toiture a été recouverte de 22 000 m ² de panneaux photovoltaïques Le bâtiment a un éclairage naturel grâce à la pose de 6 300 m ² de fenêtres.
	 
Bénéfices constatés	Les panneaux photovoltaïques produisent l'équivalent de 55 % de l'électricité du hall.

Fiche ENR-4	
Entreprise	Thales Alenia Space -Toulouse
Origine de l'initiative	Démarche d'amélioration continue dans le cadre du management ISO14001.
Description de la solution	Mise en place de panneaux solaires pour alimenter l'eau chaude sanitaire du restaurant d'entreprise et des vestiaires.
	
Bénéfices constatés	10 MWh par an

Fiche ENR-5	
Entreprise	AIRBUS Clément Ader -Toulouse
Origine de l'initiative	Le site Clément Ader d'assemblage d'avions long courrier A330 et A340 était le plus gros consommateur de gaz par rapport aux 5 autres sites toulousains, il était prioritaire pour trouver une solution permettant de réduire sa consommation énergétique et ses émissions de CO ₂
Description de la solution	<p>Installation d'une chaudière à bois, la 1^{ère} installée sur un site d'AIRBUS. Elle couvre les 2/3 des besoins de chauffage du site.</p> <p>Au préalable, une réduction des besoins a été effectuée au travers de l'optimisation des installations et d'une meilleure efficacité énergétique. A puissance énergétique égale il est possible de chauffer plus de bâtiments. La chaudière bois de 12 MW produit 52 000 MWh.</p> <p>Elle est alimentée par 22 000 tonnes de bois par an. Le bois provient de forêts certifiées PEFC locales durables situées à moins de 50 km.</p> <p>Pour ce projet, l'investissement initial a été de 8 M€, et l'ADEME a apporté une subvention de l'ordre de 40 % au titre du Fonds chaleur renouvelable. Ce réseau de chaleur couvre le site Clément Ader (350 000 m²), et le site d'assemblage de l'A350 sur lequel 22 000 m² de panneaux photovoltaïques sont installés (cf fiche ENR-3).</p>
Bénéfices constatés	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les avantages du bois énergie sont tout d'abord économiques, le bois doit connaître une inflation inférieure au gaz et les coûts récurrents sont mieux maîtrisés. ✓ Dès 2013, 12000 t des émissions de CO₂ ont été évitées par an, ce qui représente 15% des émissions de 2006 pour ce site de Toulouse. ✓ Synergie régionale et mobilisation de la filière bois de la région Midi-Pyrénées ✓ Le succès de ce projet a conduit à la décision de le partager comme une bonne pratique dans toutes les divisions du groupe Airbus.

Fiche ENR-6	
Entreprise	AIRBUS Defense & Space (anciennement ASTRIUM Space Transportation) Site des Mureaux (78) - superficie de 90 hectares comportant 115 000m ² de bâtiments. Le site est certifié ISO 50001 depuis mai 2015.
Origine de l'initiative	<p>Le chauffage des bâtiments était assuré en majeure partie par des chaudières gaz réparties en divers endroits du site.</p> <p>Sensible au respect de l'environnement, l'entreprise a engagé un vaste projet de réaménagement dont l'un des axes était d'optimiser la production de chaleur en substituant le gaz par la biomasse et ainsi disposer d'une installation moins émettrice de CO₂.</p> <p>L'ADEME a accompagné cette opération à travers le Fonds Chaleur : aide de 24% sur 2 464 k€ d'investissements éligibles.</p>
Description de la solution d'économie circulaire	<p>La chaufferie Biomasse construite sur le site des Mureaux est composée d'une chaudière bois d'une puissance de 4 MW, associée à deux chaudières gaz de 3 MW chacune. Elle a été mise en service début 2014.</p> <p>La production biomasse annuelle est de 19 000 MWh/an et 82% des besoins de chaleur du site sont couverts par la chaufferie biomasse.</p>

	<p>6 800 tonnes/an de plaquettes forestières sont fournies par une plateforme proche du site (< à 30 km). Le bois provient des forêts voisines dans un rayon de 50 à 100 km.</p> <p>Les cendres sous foyer sont valorisées en filière agricole (engrais).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
<p>Bénéfices constatés ou à venir</p>	<p>La production biomasse annuelle est de 19 000 MWh/an et 82% des besoins de chaleur du site sont couverts par la chaufferie biomasse. La réalisation d'un tel projet sur le site des Mureaux permet :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de réduire de 50% les émissions CO₂ du site, - de réduire de 75% les émissions de CO₂ liées au chauffage, - de stimuler le développement de la filière locale d'approvisionnement en bois énergie. - de limiter la dépendance aux fluctuations des prix des énergies fossiles.
<p>Pour aller plus loin</p>	<p>http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/biomasse-mureaux-2014-emr134.pdf</p>

Fiche ENR-7	
<p>Entreprise</p>	<p>TURBOMECA – Groupe SAFRAN- Site de Bordes (64) Usine « Joseph Szydłowski », inaugurée en 2009</p>
<p>Origine de l'initiative</p>	<p>Une centrale d'énergie alimentée par le bois a été installée en 2009 pour chauffer le nouveau site industriel de 42 000 m². L'installation a été concédée pour une vingtaine d'années à Cofely, branche énergie de Gdf-Suez. Le projet s'inscrit dans une démarche plus large de mutualisation des moyens énergétiques au sein de la zone d'activités Aeropolis (cf § EIT de ce document)</p>
<p>Description de la solution d'économie circulaire</p>	<p>Cette centrale possède une capacité de 9 Mégawatts dont trois proviennent d'une chaudière alimentée par du bois, trois d'une deuxième reliée au gaz et trois autres d'une dernière combinant gaz et fuel. La centrale à bois est destinée au chauffage des bâtiments mais pas à l'alimentation des machines industrielles de production. Un camion à fond mouvant approvisionne quotidiennement l'un des trois silos à bois de la centrale (d'une autonomie globale de trois jours, un silo étant épuisé en une journée en plein hiver). Les cendres sont dirigées vers un processus de traitement de compostage.</p>

	
<p>Difficultés rencontrées/ Contraintes</p>	<p>Afin que la chaudière fonctionne à son meilleur régime, il faut bien vérifier le taux d'humidité de la matière première. Ce dernier varie de 15 à 25 % pour la palette broyée et de 30 à 40 % pour la plaquette forestière. Ensuite, tout réside dans l'alimentation en source énergétique, la biomasse pouvant s'avérer trop grossière ou renfermer des déchets indésirables.</p> <p>L'ensemble a été prévu pour faire face à une température extérieure de -7°C. Au-delà, gaz et fuel prennent le relais.</p>
<p>Bénéfices constatés</p>	<p>La chaudière bois couvre entre 80 et 82 % des besoins en chauffage de l'usine et du restaurant d'entreprise, y compris quelques anciens bâtiments.</p> <p>Elle évite le rejet de 1 500 tonnes de CO₂ par an.</p> <p>La filière bois aide à l'entretien des forêts et représente de plus une source d'emplois locaux. Le cours du bois ne fluctue que faiblement et reste moitié moins chère que le gaz.</p>

2. EAU

La plupart des grandes sociétés du secteur se sont fixé des objectifs souvent ambitieux de réduction d'eau sur leurs sites industriels. Parmi les bonnes pratiques:

- La chasse aux fuites,
- La rénovation des réseaux,
- L'élimination des installations à circuit ouvert,
- Le remplacement d'équipements fortement consommateurs,
- Le changement des procédés de production,
- Le recyclage des eaux industrielles,
- La limitation des arrosages des espaces verts,
- La récupération des eaux pluviales et industrielles,
- Le déploiement de mousseurs sur les robinets des sites
- L'installation de chasse d'eau à double poussoir
- La sensibilisation des personnels.

Fiches présentées sur les économies en eau

- ❑ [Fiche UUDS AERO-Roissy](#) : procédé innovant de nettoyage extérieur des avions
- ❑ [Fiche PROTEC Industrie- Bezons](#) : installation d'une station d'épuration des effluents fonctionnant en « rejet zéro »
- ❑ [Fiche THALES-France](#) : Remplacement de toutes les tours aéroréfrigérantes à eau pulvérisée par des systèmes à air.
- ❑ [Fiche THALES-Athènes](#) : Installation d'une station de traitement biologique pour réutiliser les eaux sanitaires.
- ❑ [Fiche ZODIAC AEROSPACE](#) : Installation d'un système de détection acoustique des fuites à l'usine de Caudebec-les-Elbeuf (76)
- ❑ [Fiche ZODIAC AEROSPACE](#) : Récupération des eaux usées des cabines de peinture, traitement et recyclage dans l'usine de Colomiers (33).
- ❑ [Fiche LISI AEROSPACE](#) : Installation d'une station de traitement des eaux permettant le recyclage et l'épuration des effluents de traitement de surface à Marmande (Lot-et-Garonne)

L'exemple (ENG-13) de la PME JET CUT pourrait également figurer dans ce chapitre, le bâtiment construit ayant été conçu pour récupérer les eaux pluviales et recycler l'eau.

FICHE EAU-1	
Entreprise	UUDS AERO , basé à Roissy et à Toulouse, PME de moins de 50 salariés
Origine de l'initiative	<p>Le nettoyage extérieur et le lustrage de l'avion assurent une pénétration dans l'air optimale, diminuant ainsi les émissions de carburant, et par conséquent, les émissions de CO₂.</p> <p>Le but était de trouver un nouveau moyen optimal écologique limitant le temps d'immobilisation, évitant l'utilisation massive d'eau ainsi que les rejets d'eau au sol.</p> <p>➔ Procédé ECOSHINE® de dépollution humide des avions permettant de réduire l'impact environnemental et les coûts additionnels.</p>
Description de la solution d'économie circulaire	Au lieu d'utiliser des lances à eau pour nettoyer les carlingues des aéronefs, le procédé industriel utilise un produit, bio dégradable à plus de 96%, non toxique, non inflammable, appliqué manuellement avec des "Mops", qui sont des chiffons en microfibre lavables et réutilisables.
Bénéfices constatés	<p>ÉCOLOGIQUE :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un produit à 96% biodégradable donc aucune nécessité de retraiter les eaux utilisées - Une consommation d'eau divisée par 100 par rapport à un lavage traditionnel - Utilisation de matériaux recyclables (« Mops »- voir ci-dessus) - Pas de remorquage : Moins de CO₂ - Pas de déchets au sol <p>ECONOMIQUE :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Permet un espacement de la fréquence des nettoyages grâce à un effet antistatique - Améliore l'aérodynamisme et réduit la consommation de carburant - Evite les coûts additionnels de tractage avion <p>AIR France a généralisé à l'ensemble de sa flotte ce procédé de nettoyage écologique des avions : cela représente une économie de 8 millions de litres d'eau et de 57 tonnes de CO₂ par an.</p>
Pour aller plus loin	<p>http://www.aero.uuds.com/ecoshine-fr.php</p> 

	FICHE EAU-2
Entreprise	PROTEC Industrie, basé à Bezons (95) PME de 140 salariés spécialisée dans le traitement de surface pour l'aéronautique, le nucléaire et l'armement.
Origine de l'initiative	L'installation d'une station d'épuration des effluents fonctionnant en « rejet zéro » traduit l'engagement environnemental de la Direction. La Direction de PROTEC a défini ainsi sa politique environnementale : <i>« les pollutions et les traitements de surface découlent essentiellement de l'utilisation et de la manipulation de produits toxiques, ce qui nécessite d'une part la mise en œuvre de moyens visant à satisfaire aux dispositions réglementaires en matière de rejets et d'autre part l'adoption de mesures strictes de sécurité et d'hygiène dans les ateliers. A côté de l'approche réglementaire, il convient de souligner l'intérêt d'actions volontaires visant à l'amélioration constante des résultats de l'entreprise sur le plan de l'environnement. La protection de l'environnement étant devenue une priorité, la démarche d'éco-audit et la certification ISO 14001 constituent les outils d'une intégration active des données environnementales dans la gestion de PROTEC. »</i>
Description de la solution d'économie circulaire	Installation d'une station d'épuration zéro rejet liquide dans le réseau d'eau usée et pour le recyclage des eaux de rinçage représentant 180 m ³ /jour en 2008. La station physico-chimique a été complètement restructurée de façon à ce que tous les effluents restent sur le site et soient réinjectés dans le système. Après recyclage des eaux de rinçage atelier par atelier, l'ensemble des concentrats et des effluents concentrés sont traités par voie physico-chimique et envoyés dans un évaporateur sous vide qui réinjecte dans le système l'eau détoxiquée et distillée. Aujourd'hui, le site industriel ne rejette aucun effluent détoxiqué dans le réseau.
Difficultés rencontrées	<ul style="list-style-type: none"> - Projet très important (3 M€) pour une PME. Durée du projet : 3 ans, en démarrant par une étude de faisabilité technico-économique et chimique. - Présentation d'un dossier de demande d'aide auprès de l'Agence de l'eau. - Défi technique car le projet dans l'usine a été mené sans arrêt de production ; Traitement de plus de 400 molécules différentes compte tenu de la variété des traitements de surface. - Formation de 3 personnes expertes pour la gestion de la nouvelle station d'épuration qui fonctionne 24 h /24 ; en revanche, aucune formation spécifique n'a été nécessaire pour les personnes des ateliers de traitement de surface.
Bénéfices constatés	« Zéro rejet » depuis l'installation de la station ; le volume de 180 m ³ /j pour d'eau détoxiquée a été supprimé et la diminution de la consommation globale d'eau de la société est de 90% . Les conditions de travail sont améliorées avec une meilleure qualité des eaux de rinçage.

	
	<p>Pour ce projet, cette PME a été lauréate en 2013 du prix Entreprise et Environnement des CCI Versailles-Yvelines et Val-d'Oise, en partenariat avec les Conseils généraux du Val-d'Oise et des Yvelines, la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie d'Ile-de-France.</p>
Pour aller plus loin	<p>Vidéo sur les installations, la station d'épuration et interview de JC. Collin (PDG PROTEC Industrie) et de M. Appert, Responsable Environnement</p>

FICHE EAU-3	
Entreprise	Thales France
Origine de l'initiative	<p>Les tours aéroréfrigérantes à eau pulvérisée sont utilisées pour le refroidissement de certaines installations.</p> <p>Source potentielle de prolifération de légionnelles, ces installations en vieillissant sont très consommatrices d'eau. Elles exigent un entretien périodique de plus en plus difficile et contraignant.</p>
Description de la solution	<p>Remplacement de toutes les tours aéroréfrigérantes à eau pulvérisée par des systèmes à air.</p> <p>Outre la disparition du risque de légionnelles, la consommation d'eau a drastiquement diminué en France.</p> <p>Ainsi, le remplacement des 76 tours entre 2002 et 2007 a généré une économie d'eau très importante, sans augmenter la consommation d'électricité par les nouvelles installations à air, ni le niveau sonore.</p>
Difficultés rencontrées / freins	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Financement ✓ Les contraintes de qualité d'eau, notamment de température, dans les installations de production refroidie par les centrales à air.
Bénéfices constatés	<p>Cette mesure a largement contribué à la réduction de la consommation d'eau de 70% en France en 6 ans.</p> <p>Le risque de légionnelle n'existe plus.</p> <p>Les coûts d'entretien des tours aéroréfrigérantes ont diminué.</p>

FICHE EAU-4	
Entreprise	Thales Hellas (Athènes – Grèce)
Origine de l'initiative	Jusqu'à présent, il n'existait pas de réseau d'évacuation communal dans la zone
Description de la solution	Installation d'une station de traitement biologique pour réutiliser ses eaux sanitaires.
Bénéfices constatés	Cette récupération permet d'arroser la végétation autour du site, sur un terrain d'environ 2500 m ² .

FICHE EAU-5	
Entreprise	ZODIAC AEROSPACE - Caudebec-les-Elbeuf (76) L'usine de Caudebec-les-Elbeuf emploie 550 salariés, conçoit et produit des équipements à base de tissus techniques, des systèmes de dégivrage et des réservoirs de carburant.
Origine de l'initiative	L'usine, du fait de ses procédés industriels, était très gourmande en eau de refroidissement, et représentait à elle seule près de 25% de la consommation en eau du Groupe en 2012/2013.
Description de la solution	L'usine s'est équipée d'un système de détection acoustique des fuites sur des canalisations enterrées, lors d'opérations d'entretien et de maintenance. Les techniques de recherche mises en œuvre ont été : <ul style="list-style-type: none"> - <i>La corrélation acoustique multipoints</i> : sur des points de contact réseau (vannes, conduites accessibles), des « loggers » (dispositifs électroniques intelligents) surveillent et analysent les caractéristiques du bruit afin de détecter, identifier et localiser la zone de fuite ; - <i>La méthode électroacoustique</i> : au plus proche de la zone de fuite, l'écoute est amplifiée au sol à l'aide d'une sonde cloche pour rechercher et confirmer le bruit de fuite d'eau caractéristique du sous-sol. L'investissement a été de l'ordre d'une douzaine de K€.
Bénéfices constatés	Réduction de 20% de la consommation en eau.

FICHE EAU-6	
Entreprise	ZODIAC AEROSPACE - Colomiers (33) L'usine de Colomiers emploie 160 personnes et produit des équipements d'intérieurs de cabine.
Origine de l'initiative	Les eaux de nettoyage des cabines de peinture, stockées dans des conteneurs entreposés à l'extérieur des bâtiments, étaient enlevées et traitées par un prestataire agréé avec un coût assez élevé et un risque de pollution des sols lors du stockage et de la manipulation de ces conteneurs.
Description de la solution	L'usine récupère les eaux usées des cabines de peinture, les traite et les recycle dans son process industriel. 
Difficultés rencontrées	Le plus compliqué aura été de déterminer les bons dosages de réactif, sachant que la densité de peinture, dans les eaux sales, varie.
Bénéfices constatés	Chaque jour, ce sont plus de 200 litres d'eau qui sont traités. Les boues récupérées sont valorisées énergétiquement et l'eau claire est réutilisée pour le nettoyage des outils de peinture.

FICHE EAU-7	
Entreprise	<p>LISI AEROSPACE – Site de Beyssac /Marmande (Lot-et-Garonne)</p> <p>LISI Aerospace, branche aéronautique du groupe LISI, produit des fixations et des composants d'assemblage de structures sur 21 sites industriels répartis dans 10 pays (CA 788 M€ ; 7 200 salariés en 2014).</p>
Origine de l'initiative	<p>Le Groupe LISI a entrepris en 2008 de mesurer précisément l'impact de ses activités sur l'environnement. Ces indicateurs ont permis d'obtenir une photographie précise de son empreinte environnementale et de mettre en œuvre des actions correctives. L'eau intervient peu dans les procédés de fabrication LISI, hormis dans le lavage des pièces et du traitement de surface. Ainsi, le site de Beyssac a décidé la mise en « zéro rejet » de l'atelier de traitement de surface afin de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - réduire la consommation d'eau, - diminuer la quantité de déchets dangereux issus de la chaîne de traitement de surface - avoir zéro rejet pour les effluents du traitement de surface et du ressuage par recyclage des eaux de rinçage (traitement et réutilisation).
Description de la solution	<p>Installation d'une station de traitement des eaux permettant le recyclage et l'épuration des effluents de traitement de surface :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Unité d'eau déminéralisée duplex - Déchromatation - Evapoconcentration 
Difficultés rencontrées	<ul style="list-style-type: none"> - Gérer les risques de développement bactérien - Dimensionner les capacités de stockage des eaux à traiter et des « eaux propres » - Gérer les cas de panne pour éviter la dégradation de la qualité des eaux et l'arrêt de production <p>➔ suivi rigoureux des paramètres et mise en place d'une maintenance préventive (nettoyage chimique de l'évaporateur, suivi bactériologique, traitement UV, injection biocides, nettoyage des filtres, ...)</p> <p>➔ Formation importante lors de la mise en route.</p>
Bénéfices constatés et attendus	<p><u>Après 2 mois d'exploitation</u> : réduction par 2 des déchets; réduction de 30% de la consommation en eau; diminution de 10% de la quantité d'air comprimé produite, zéro rejet dans le réseau ; baisse de la consommation des réactifs (utilisation des bains actifs usagés en tant que réactifs lors du traitement physico-chimique des effluents).</p> <p><u>A terme</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consommation d'eau divisée par 4 (3 600 m³/ an ➔ 900 m³/an); - Quantité rejetée : 0 m³ (au lieu de 3 200 m³ sur le système actuel) ; - Volume de déchets réduit de 50% (600 t/an ➔ 272 t/an). <p>Autres avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Meilleure qualité de rinçage - Diminution des problèmes de corrosion - Autonomie par rapport à la société de traitement de déchets.

3. MATIERES

3.1 ECONOMIES de MATIERES

Dans le secteur aéronautique, la notion de « **buy to fly** » mesure le rapport entre la masse de matière achetée et mise en oeuvre pour réaliser une pièce (aluminium, composites, aciers, titane, plastiques) et la masse effectivement utilisée en vol.

Cela permet de **maîtriser les approvisionnements** (disponibilité, évolution des prix) mais aussi le **gaspillage de la matière ou l'utilisation au plus juste, même quand la matière peut être recyclée**.

On notera l'introduction dans le secteur aéronautique de la **fabrication additive** (appelée également impression 3D ou ALM-Additive Layer Manufacturing), approche complètement nouvelle de la production industrielle, très prometteuse en ce qui concerne **l'économie circulaire**. En effet, cette technique :

- est économe en utilisation des matières premières
- se prête à une meilleure réparabilité des produits

Ainsi, à la différence des méthodes de fabrication classiques comme le forgeage et l'usinage, pour lesquelles la pièce finale est obtenue par soustraction de matière, la pièce est façonnée en ajoutant de la matière. A chaque couche, un laser ou un faisceau d'électrons agglomère une poudre (métal, plastique) sur des zones précises de la pièce, uniquement là où la matière est nécessaire.

La fabrication additive améliore le ratio « buy-to-fly » des composants aérospatiaux, en permettant l'élaboration couche par couche de la pièce (et du matériau) selon les contours de la forme désirée, ne produisant ainsi que 5% de déchets).

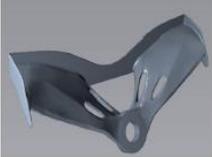
Fiches présentées sur les économies de matières

- ❑ [Fiche BeAM](#) : Ingénierie, fabrication, réparation de pièces aéronautiques par fabrication additive
- ❑ [Fiche THALES Alenia Space](#) : Fabrication additive dans le domaine spatial
- ❑ [Fiche Groupe AIRBUS](#) : Fabrication additive pour des pièces avion
- ❑ [Fiche TURBOMECA \(Groupe SAFRAN\)](#) : Fabrication additive pour des pièces de moteurs d'hélicoptères
- ❑ [Fiche ZODIAC AEROSPACE](#) : Réduction de chutes plastiques en production.

FICHE ECO MAT-1	
Entreprise	BeAM – production de machines à impression métallique en 3D et ingénierie pour l’industrialisation des procédés de fabrication et de réparation par impression 3D métallique. Start-up de 12 personnes.
Origine de l’initiative	La société BeAM est née fin 2012 d’un développement technologique d’IREPA LASER, centre de ressource technologique (CRITT) situé à Illkirch Graffenstaden en Alsace.
Description de la solution	<p>Les machines à impression métallique en 3D de la société BeAM utilisent le procédé CLAD® (Construction Laser Additive Directe). Elles permettent de déposer couche après couche de la matière métallique sous forme de poudres , pour créer, réparer ou ajouter une fonctionnalité à une pièce existante directement depuis un fichier numérique. Ce procédé d’impression 3D permet d’innover dans les domaines de la réparation et de la fabrication de pièces métalliques.</p> <p>Selon la poudre utilisée en entrée, on peut obtenir des pièces en alliage d’Inconel, aciers inox et alliages de titane...</p> <p>En partenariat avec la société Chromalloy, société spécialisée dans la réparation aéronautique, BeAM développe des réparations de pièces de moteurs d’avion qui étaient jusqu’à présent irréparables.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
Difficultés rencontrées/freins	Emmanuel Laubriat, Président de BeAM ² : « Le travail effectué en amont avec l’équipe Open Innovation de Safran nous a permis de gagner du temps pour arriver au plus vite à des résultats industriels qui profitent à la fois à Safran et à BeAM. Ainsi nous avons très rapidement levé ce qui aurait pu être des freins à l’adoption (culturels, achats, maturité de notre technologie...). »
Bénéfices constatés	<ul style="list-style-type: none"> • Nouvelles possibilités de réparations • Utilisation de la juste matière nécessaire • Allongement du cycle de vie (5 cycles de réparation possibles sur 5 références passant de 10 000h de vie à 60 000 heures) • Procédé économe (matière, énergie) • Recyclage de la poudre
Pour aller plus loin	www.beam-machines.com

² BeAM ou l’open-innovation au service de l’impression 3D. Article de 3Dnatives juin 2015

FICHE ECO-MAT 2	
Entreprise	Thales Alenia Space
Origine de l'initiative	Introduire pour les applications spatiales une technologie innovante permettant à la fois un gain de compétitivité et une économie de matière. La fabrication additive est particulièrement adaptée aux toutes petites séries du secteur spatial.
Description de la solution	<p>Réalisation de supports d'antenne optimisés, monobloc en aluminium, en fabrication additive.</p> <p>Il s'agit des plus grandes pièces qualifiées pour le spatial, en Europe, en utilisant la technologie de fabrication additive lit de poudre.</p> <p>2 Pièces jumelles produites dans un même batch par la même machine.</p>  <p style="text-align: right; font-size: small;">© Thales Alenia Space France 2015</p> <p>L'imprimante 3D utilisée est la Concept Laser Xline 1000R, la plus grande machine à faisceau laser d'Europe appartenant à Poly-Shape, société française partenaire de Thales Alenia Space.</p> <p>L'optimisation de design (on ne garde de la matière que là où elle est strictement nécessaire) ainsi que le recyclage de la poudre non fusionnée lors de la fabrication rendent cette solution très économe en matière première.</p>
Bénéfices constatés	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction du nombre de pièces : 9 → 1 - Réduction du poids : 22% - Gain de temps : 1 à 2 mois sur le cycle de production - Gain de coût : 15%

FICHE ECO-MAT 3	
Entreprise	Groupe AIRBUS
Origine de l'initiative	Utilisation de la technologie ALM afin d'obtenir des pièces plus légères, tout en réduisant significativement les délais de production et les coûts de fabrication et en améliorant sensiblement le rapport « buy-to-fly », car la quantité de matériau gaspillé est moindre par rapport aux méthodes conventionnelles.
Description de la solution	La fabrication additive a tout d'abord été utilisée pour le « prototypage rapide », permettant une amélioration en termes de délais, de coût et de prise en compte de la complexité dans la réalisation des maquettes. AIRBUS Innovation avait mené une étude sur les avantages du procédé d'impression 3D pour une charnière d'Airbus A320 . Des pièces série sont désormais fabriquées. Ainsi, des pièces en thermoplastique ont été produites par le procédé Fused deposition modeling (FDM ou dépôt de fil) et sont utilisées en vol sur l'A350.
Bénéfices constatés	<p>Pour une charnière traditionnelle d'A320 vs pièce fabriquée en impression 3 D</p>  <p>Résultats: un gain substantiel pendant le cycle de fabrication en termes d'émissions de CO₂ (-40 %), de matières premières (-75%) et une capacité de recyclage plus importante qu'avec un procédé de fabrication traditionnel.</p> <p>Extrait d'une présentation AIRBUS "Eco-innovation : preparing the future" de sept 2015 :</p> <p style="text-align: center;">Taking benefit of ALM – Additive Layer Manufacturing – 3D Printing!</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="background-color: #444; color: white; padding: 10px; width: 25%;"> <p>Expected Benefits</p> <p>Up to 50% potential weight saving</p> <p>Only 5% waste material vs. 95% with current machining</p> </div> <div style="margin-left: 20px;">    </div> </div> <p style="text-align: center;"> 1st Flying spare parts for cabin A350 cabin brackets </p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>

FICHE ECO-MAT 4	
Entreprise	TURBOMECA- Bordes (Groupe SAFRAN) Motoriste leader pour hélicoptères
Origine de l'initiative	L'entreprise a mis en place une nouvelle capacité de fabrication sur son site de Bordes. Après des années de maturation et d'essais, elle a lancé début 2015 la production en série de pièces avec le procédé de fabrication additive. Le site de Bordes est l'un des premiers de sa catégorie à produire en série des composants en fabrication additive pour l'industrie de la propulsion aéronautique et spatiale en France.
Description de la solution	Pour les derniers modèles de moteur de Turbomeca : Les exemplaires d'essai et de production du moteur Arrano, conçu pour des hélicoptères de 4 à 6 tonnes, ainsi que les tourbillonneurs de la chambre de combustion de l'Ardiden 3 (hélicoptères lourds de 6 à 8 tonnes) disposeront d'injecteurs de carburant fabriqués par fusion sélective par laser .  <small>© Turbomeca / Remy Bertrand</small>
Bénéfices constatés	La fabrication additive permet également de simplifier le processus de fabrication. Un injecteur de carburant classique est constitué d'une douzaine de pièces différentes. Celui de l'Arrano est constitué d'une seule pièce .

FICHE ECO MAT-5	
Entreprise	ZODIAC AEROSPACE – Usine d'Issoudun_ (sièges d'avion)
Origine de l'initiative	Intégration de l'impact environnemental dès la conception et tout au long du cycle de vie : fabrication, transport, utilisation, recyclage
Description de la solution	Le récent modèle de siège Business « CIRRUS » de Zodiac Seats a été allégé. Egalement, le recours aux plastiques injectés (et non plus thermoformés) réduit les déchets de chutes plastiques en production . 
Bénéfices constatés	<ul style="list-style-type: none"> - matériaux utilisés recyclables à 70 % - réduction des chutes en production d'environ 1,5 kg par siège - allègement de 3 kg/siège soit au moins 1,5 tonne équivalent CO₂ par siège évitée chaque année.

3.2 REDUCTION A LA SOURCE des DECHETS

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
- 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'usinage ;
- 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 ;
- Sensibilisation des salariés

Quelques exemples d'initiatives :

FICHE WASTE-1	
Entreprise	STELIA-AEROSPACE (ex-AEROLIA) – Site de Saint Nazaire Le site, certifié ISO 14001, est spécialisé dans la fabrication des composants métalliques élémentaires.
Origine de l'initiative	De nombreux efforts ont été faits pour développer des procédés de production plus écologiques.
Description de la solution	<p>Pour gagner du poids, les panneaux d'aluminium sont creusés là où les charges à supporter le permettent. Cette opération était jusque là effectuée par usinage chimique.</p> <p>Dès 2008, Aerolia a réussi à mettre au point et à breveter un process entièrement nouveau d'usinage mécanique de panneaux de fuselages 3D.</p> <div style="text-align: center;">  <p>L'usinage mécanique des panneaux de fuselages 3D - Saint Nazaire 2008</p> </div>
Bénéfices constatés	Cette innovation, 1 ^{ère} mondiale en 2008, ne fait appel à aucun produit chimique et donc ne génère aucun déchet dangereux.

FICHE WASTE-2	
Entreprise	ZODIAC AEROSPACE
Origine de l'initiative	La division Siège Europe a élaboré en 2008 un Plan d'Actions Environnemental Produit pour structurer sa démarche d'écoconception qui inclut les méthodes d'industrialisation, l'emballage, la vie en service et la fin de vie du produit. La prise en compte de l'environnement fait partie de tous les développements de nouveaux produits.
Description de la solution	Le présent exemple concerne l'optimisation de la logistique pour la livraison de sièges avion, avec l'utilisation d' emballages de taille réduite pour la livraison des sièges avion « Skylounge ».
Bénéfices constatés	<ul style="list-style-type: none"> • Prévention des déchets • Optimisation du chargement sur les camions • Diminution de 60 % les émissions de CO₂ dues au transport de ces sièges jusqu'à l'usine AIRBUS à Hambourg

3.3 VALORISATION MATIERES

Afin d'augmenter le taux de recyclage, les bonnes pratiques suivantes sont mises en œuvre :

- Récupération et nettoyage des copeaux ;
Les copeaux métalliques ne doivent pas être considérés comme des déchets, mais comme une **matière première secondaire valorisable**. Les chutes industrielles soigneusement triées et sélectionnées peuvent être retournées au fournisseur, remises au four pour élaborer le même alliage, ou une autre nuance de la même famille métallurgique.

Cette **pratique de l'économie circulaire directe** est très intéressante lorsqu'il y a des volumes importants ou des nuances d'alliages contenant des proportions élevées de métaux onéreux.

- 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.
- De très nombreuses entreprises ont désormais dans leur politique environnementale des objectifs environnementaux relatifs à la gestion et à la réduction des déchets, la valorisation en matières premières, au recyclage.

Fiches présentées pour la valorisation matière

- Fiche AUBERT & DUVAL** : Projet ECOTITANIUM d'élaboration d'alliages de titane aéronautiques à partir de chutes de production
- Fiche CONSTELLIUM** : Boucle fermée de recyclage tout au long de sa chaîne de production et d'exploitation des pièces produites en AIRWARE™ (nouvel alliage d'aluminium-lithium)
- Fiche DASSAULT Aviation-Usine de Seclin** : Mise en place d'une « centrale » de récupération des copeaux métalliques.
- Fiche AIR France Industries** : Programme SCRAP de reprise des pièces usagées
- Fiche SAFT** : Batteries haute technologie - programme de reprise en fin de vie /recyclage
- Fiche MICHELIN** : Rechapage des pneus avion
- Fiche INVENTEC** : Recyclage in situ des solvants haute pureté pour le nettoyage des conduites oxygène
- Fiche THALES ALENIA SPACE** : Valorisation des déchets précieux
- Fiche INVENTEC** : Revalorisation du SF₆ (hexafluorure de soufre)
- Fiche THALES Australie** : Valorisation du grenat
- Fiche AIR France Industries** : Récupération des gilets de sauvetage en fin de vie
- Fiche ZODIAC AEROSPACE** : Récupération des systèmes d'évacuation d'urgence en fin de vie
- Fiche CONSTELLIUM** : Recyclage de palettes de bois
- Fiche RATIER-FIGEAC** : Utiliser un déchet comme matériau d'emballage .

FICHE VAL-MAT 1	
Entreprise	AUBERT & DUVAL - Site de Saint-Georges-de-Mons (63) en Auvergne
Origine de l'initiative	Projet ECOTITANIUM d'élaboration d'alliages de titane aéronautiques à partir de chutes complète la filière d'approvisionnement indépendante des voies américaine et russe créée par la naissance d'UKAD, joint-venture entre UKTMP au Kazakhstan et A&D, et permettra de mieux maîtriser l'approvisionnement de cette famille d'alliages, matière première stratégique, dans un contexte de forte croissance des marchés aéronautiques.



Sur la période 2012/2020, la demande de titane va croître de plus de 50%, soit un besoin de plus de 100 kTonnes de lingots, principalement pour les secteurs des industries de pointe, dont l'aéronautique. Le marché aéronautique est la principale cible d'EcoTitanium, par la **mise en œuvre de contrats en économie circulaire**.

Description de la solution
d'économie circulaire

Pour l'élaboration à partir de chutes des alliages de titane aéronautiques du type TA6V (alliage de titane avec 6 % d'Aluminium et 4 % de Vanadium, le plus largement utilisé en aéronautique), on ne peut pas utiliser la filière d'élaboration classique. Il est nécessaire de disposer de fours spécifiques. Il faut construire une **nouvelle usine**, mettant en œuvre des **technologies innovantes** notamment un **four de fusion plasma** (chauffage par plasma d'hélium et creuset froid).

Ainsi :

- Les matières en entrée de l'usine seront principalement des « *matières premières secondaires* » de type chutes massives et copeaux de titane aéronautique TA6V, en provenance notamment de constructeurs aéronautiques (avionneurs, motoristes, ..) et de leurs sous-traitants en Europe.
- Le four produira des lingots destinés à être transformés sur le site voisin UKAD. La société UKAD, issue d'un partenariat entre Aubert & Duval et UKTMP (l'un des leaders de la production d'éponge de titane à finalité aéronautique), exploite depuis 2011, à Saint-Georges-de-Mons (dans les Combrailles, Auvergne), une forge spécialisée dans les alliages de titane. L'activité actuelle d'UKAD est la transformation par forgeage de lingots d'alliages de titane (en provenance du Kazakhstan) en billettes ou barres, et leurs contrôles et parachèvement.
- Les clients d'ECOTITANIUM recevront en échange de leurs chutes et copeaux des lingots, ou des barres ou pièces issues de ces lingots, à un prix préférentiel.
- ECOTITANIUM est un complément dans la filière UKTPM Franco-Kazakh qui lui permettra d'améliorer sa compétitivité dans certains cas.

A plein régime, la production sera de plusieurs milliers de tonnes de lingots d'alliages de titane par an.



Chutes massives



Copeaux Briquetés



lingot

	 <p style="text-align: center;"><i>Ecotitanium + UKAD+ Aubert & Duval : Cycle du TA6V matricé</i></p>
Difficultés rencontrées ou à venir	<ul style="list-style-type: none"> - Le montant de l'investissement est de 48,7 M€ dans cette première phase. Les trois actionnaires d'EcoTitanium sont UKAD (43,5%), co-entreprise d'Aubert & Duval (groupe ERAMET) et d'UKTMP International, l'Etat français dans le cadre du Programme des Investissements d'Avenir (PIA) opéré par l'ADEME (41,3%), et la Caisse régionale de Crédit Agricole Centre France (15,2%). - Il sera nécessaire de bien 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.
Bénéfices constatés ou à venir	<p>EcoTitanium est un projet d'investissement qui permettra la création de 62 emplois directs, sans compter les emplois induits. Ce projet vient donc renforcer le pôle de compétences métallurgiques de la région des Combrailles en Auvergne et ancrer encore davantage ce bassin d'emplois.</p> <p>Le chantier de construction de la première usine en Europe d'élaboration de titane à partir de matières recyclées, sans dégradation de la qualité aéronautique, a été ouvert en avril 2015</p> <p>Le cycle de qualification d'EcoTitanium démarrera en 2017. Le début de la production industrielle est prévu en 2018.</p> <p>A plein régime, ce projet permettra d'éviter le rejet de 100 000 t de CO₂ en comparaison avec la filière classique d'élaboration par la voie minerais + éponge de titane.</p> <p>Les clients retourneront les chutes produites lors de l'usinage des lingots de titane en amont de la filière de recyclage, avec en échange un prix de lingot EcoTitanium inférieur au prix du marché. Ce sont des contrats gagnants-gagnants.</p>
Pour aller plus loin	http://www.presse.ademe.fr/wp-content/uploads/2015/04/Dossier-de-presse-EcoTitanium_vDEF.pdf

Egalement, **Aubert & Duval** est fabricant d'aciers spéciaux et de de superalliages base Nickel aéronautiques pour les aérostructures, moteurs, trains d'atterrissages. Aubert & Duval **recycle** ses propres chutes, et achète sur le marché des chutes massives d'aciers alliés et superalliages qui contiennent des éléments d'alliages nobles. Il 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**.

FICHE VAL-MAT 2	
Entreprise	Constellium - Issoire
Origine de l'initiative	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.
Description de la solution	Après 10 années de R&D, la technologie AIRWARE™ (nouvel alliage d'aluminium-lithium basse densité et 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. La transformation des tôles et des bruts forgés en aluminium en pièces aéronautiques comprend des étapes d'usinage, de formage, de traitement de surface et d'assemblage. Durant ce processus, le volume de matière usinée est significatif , car les exigences de poids de l'aéronautique présupposent une optimisation locale de l'épaisseur d'une pièce structurale. Il y a donc génération de chutes de découpe et de copeaux d'usinage , dont la proportion en masse par rapport à la tôle livrée est typiquement supérieure à 50% voire 90% pour des pièces de forme complexe.
Bénéfices constatés	La valorisation de cette matière chutée par recyclage et réutilisation dans la même famille d'alliages est une des clés de la viabilité économique et environnementale des alliages d'aluminium en général mais plus particulièrement des alliages Al-Cu-Li, à cause du coût intrinsèque du métal engagé (Al, Li et Ag notamment).

FICHE VAL-MAT 3	
Entreprise	Dassault Aviation - Établissement de Seclin (Nord) Ce site est spécialisé dans l'usinage et le formage des pièces de grande dimension en alliage d'aluminium . 
Origine de l'initiative	Mise en place d'une « centrale » de récupération des copeaux métalliques.
Description de la solution	Des panneaux de voilure d'une dizaine de mètres de long sont usinés automatiquement avec des unités à très grande vitesse (UGV). Certaines pièces affichent une masse finale inférieure à 500 kg alors que les tôles de départ sont de 6 tonnes.

	Grâce à la mise en place d'une centrale de récupération, les copeaux métalliques sont directement collectés et triés par type d'alliage. Les chutes et les copeaux sont récupérés et acheminés au fournisseur de matière pour recyclage. Ce système permet également la réduction de consommation d'huile de coupe.
Difficultés rencontrées	Difficulté technique : 4 filières de récupération des copeaux (en fonction de l'alliage) reliées aux 12 machines UGV.
Bénéfices constatés	Après usinage, plus de 80% de l'aluminium consommé est réinjecté dans le circuit de recyclage des métaux (filière dite R4 : Recyclage ou récupération des métaux et des composés métalliques, selon l'Annexe II (Opérations de valorisation) de la directive cadre déchets de 2008).

	FICHE VAL-MAT 4
Entreprise	Air France Industries - Maintenance aéronautique
Origine de l'initiative	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
Description de la solution	Mise en place d'un système de collecte, de tri, de nettoyage et de réutilisation des matériaux.
Bénéfices constatés	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 ; avantages : <ul style="list-style-type: none"> - source de revenus (augmentation du cours du nickel) - bilan environnemental : l'extraction /fabrication d'une tonne de nickel sans revalorisation génèrent 5,3 tonnes de CO₂, et 3,9 tonnes avec 40% de recyclage.

FICHE VAL- MAT 5	
Entreprise	SAFT , leader mondial de la conception et fabrication de de batteries de haute technologie pour applications industrielles et notamment pour le secteur aéronautique . Toutes les usines de fabrication Saft en Europe et en Chine sont certifiées ISO 14001.
Origine de l'initiative	Les batteries représentent un maillon essentiel de la chaîne de sécurité de l'aéronef. Ces systèmes opèrent des fonctions clés telles que les démarrages en direct des moteurs et des groupes auxiliaires de puissance (Auxiliary Power Unit), la stabilisation du réseau et le secours énergie pour l'avionique. Saft se mobilise pour aider l'industrie à réduire son empreinte carbone en améliorant les performances, la longévité, le poids et le recyclage en fin de vie de ses batteries. Même si le recyclage en fin de vie des batteries à base de nickel est exigé par l'Union européenne, Saft va au-delà de cette obligation réglementaire en proposant un programme de reprise pour ses clients des Etats membres de l'UE mais aussi pour ceux situés en Asie, Amérique et Afrique.
Description de la solution d'économie circulaire	Saft assure une boucle fermée pour les batteries aviation à base de nickel, en proposant aux clients du secteur aérien un recyclage gratuit dans le cadre d'un programme de reprise .
Bénéfices constatés	La réutilisation des métaux est nettement moins énergivore que la création de produits à partir de matériaux bruts et chaque batterie peut être recyclée au-delà de 75 % de son poids . Une partie des matériaux récupérés est directement réutilisée dans la fabrication de nouvelles batteries, tandis que le nickel et les autres alliages peuvent servir au profit d'autres produits industriels. Egalement, les technologies de batteries Li-ion et nickel de Saft sont d'une longévité sensiblement plus élevée que celle des batteries au plomb, ce qui diminue la fréquence de leurs remplacements pendant toute la durée de vie en service des avions, et réduit d'autant la consommation de matière première et l'empreinte environnementale.
	
	<i>Saft a livré sa 300 000^{ème} batterie pour l'aviation à base de nickel en juin 2015.</i>
Pour aller plus loin	<u>Communiqué de presse SAFT - juin 2015</u> Saft est résolu à optimiser « l'éco-efficience » des batteries aérospatiales pour répondre aux demandes croissantes de l'industrie en faveur d'un plus grand respect de l'environnement.

FICHE VAL-MAT 6	
Entreprise	<p>MICHELIN, leader mondial des pneus avion</p> <p>Le site de Bourges Saint-Doulchard (18) est spécialisé sur les pneus pour avion. L'activité est double : la confection de pneus d'avions neufs et le rechapage de pneus. Les produits sont complexes avec beaucoup de processus manuels, pour des séries de taille limitée en comparaison avec l'automobile. Il existe une centaine de dimensions de pneus d'avion. Le marché mondial est de 1,5 million de pneus neufs/ an.</p>
Origine de l'initiative	<p>Parmi les solutions environnementales développées par Michelin, la stratégie 4R a été adoptée : Réduire, Réutiliser, Recycler et Renouveler pour une économie circulaire écologiquement vertueuse, sobre en carbone, en énergie et en ressources naturelles. Ainsi pour les avions :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rechapage des pneus avion : Un pneu usé d'avion est remis à neuf plusieurs fois grâce la technique du rechapage. <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <u>Nouvelle génération pour les pneus neufs : modèle plus résistant et plus léger</u> : Après avoir adapté la technologie Radial sur un avion en 1981, MICHELIN a optimisé celle-ci avec le pneu Radial NZG (New Zero Growth).
Description de la solution d'économie circulaire	<p>Rechapage</p> <p>La partie extérieure du pneu usé, la bande de roulement, est enlevée, puis elle est remplacée par une nouvelle avec un contrôle qualité réalisé pour chaque pneu. Du point de vue commercial, Michelin vend une prestation de services avec une facturation à l'atterrissage pour les compagnies aériennes. Ce coût à l'atterrissage intègre le pneu neuf et le pneu rechapé. (cf § 5- Economie de fonctionnalité).</p> <p>Pneus neufs</p> <p>La technologie NZG procure au pneumatique une meilleure longévité, une réduction de la masse ainsi qu'une meilleure résistance aux agressions (débris). Le pneu Air X de technologie NZG, ayant une usure moindre, augmente le nombre d'atterrissages. Plus résistant, il permet de réduire les coûts de maintenance des compagnies aériennes. Plus léger, le NZG contribue également à baisser la masse de l'avion, et donc à réduire la consommation de carburant. Ce modèle équipe déjà de nombreux avions. L'introduction de cette technologie NZG nécessite l'approbation des constructeurs aéronautiques, des autorités aériennes donc des investissements élevés.</p>
Bénéfices constatés	<p>Le rechapage permet à un pneu d'avoir plusieurs vies. A chaque rechapage, 60 à 70 % de la matière première est conservée.</p> <p>Dans le meilleur des cas, le rechapage peut se faire jusqu'à 6 ou 7 fois. Cela fait passer de 600 atterrissages environ pour un pneu classique d'A320 à plusieurs milliers d'atterrissages.</p>
Pour aller plus loin	<p>MICHELIN et l'économie circulaire : La stratégie 4R</p>

FICHE VAL- MAT 7	
Entreprise	INVENTEC Performance Chemicals , 100 salariés (Groupe Dehon) 65 M€ de CA dont 60% hors France ;12 % du CA investi en R&D. 40 années d'expérience sur le marché de la haute technologie. En particulier, INVENTEC développe, produit et distribue des produits chimiques pour la modification, la finition et la protection de surfaces variées (métalliques, plastiques, composites) pour le secteur aéronautique : produits de nettoyage, produits d'assemblage électronique, vernis de protection,
Origine de l'initiative	Dans le cadre de sa stratégie de déploiement de moyens de réduction des consommations de solvants , Inventec Groupe Dehon, participe au recyclage in situ de solvants haute pureté appliqué au nettoyage de tubes contact Oxygènes et Hydrauliques.
Description de la solution	Pour le dégraissage et la décontamination de tubes, développement d'un moyen dédié chez les clients permettant le recyclage et la réutilisation du solvant usagé .
Difficultés rencontrées	Un très haut niveau d'exigence exprimé par les clients selon des classes de propreté requises par les OEM – Cahier des charges.
Bénéfices constatés	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction massive des flux de livraison de solvants chez les clients → gestion du bilan de GES - Réutilisation du solvant usagé grâce à un moyen permettant de régénérer le produit usagé aux spécifications du produit neuf. - Coût d'exploitation intéressant pour le client avec un ROI de 3 ans.

FICHE VAL- MAT 8	
Entreprise	Thales Alenia Space -Toulouse
Origine de l'initiative	Les métaux précieux (or et argent) , utilisés pour améliorer les propriétés radioélectriques et électriques de certains équipements, sont déposés sur ceux-ci dans des bains cyanurés. Les bains de rinçage sont alors chargés en or et en argent. Le transport de ces déchets est soumis à la réglementation ADR (transports marchandises dangereuses) et les concentrations en Argent et Or ne sont pas maîtrisées. Un process spécifique a été mis en place pour valoriser ces déchets précieux cyanurés dans le cadre de sa politique Hygiène Sécurité Environnement.
Description de la solution	Valorisation des déchets précieux par la mise en place sur site d'un système d'électrolyse des cyanures, permettant de récupérer l'or et l'argent. Les résidus cyanurés sont ensuite traités in-situ par une centrale de détoxication et évaporateur sous vide.
Bénéfices constatés	Meilleure maîtrise des risques : il n'y a plus de transports ADR pour les déchets cyanurés. Les quantités d'or et d'argent valorisées sont maîtrisées. Gain de plusieurs milliers d'€ par an sur le poste « Déchets ».

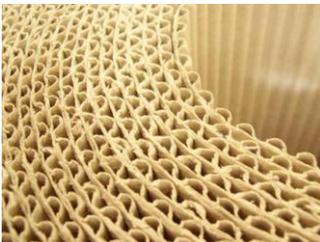
FICHE VAL- MAT 9	
Entreprise	INVENTEC Performance Chemicals- 100 salariés (Groupe Dehon)
Origine de l'initiative	Dans le cadre de sa stratégie éco-responsable, Inventec souhaite réduire l'empreinte écologique des gaz fluorés dont l'hexafluorure de soufre SF₆ (dont le pouvoir de réchauffement global est 23 000 fois supérieur à celui du CO₂) utilisé dans les disjoncteurs de moyenne et haute tension. Inventec est à l'origine en 1993 de la signature de la première convention sur la récupération systématique des fluides fluorés, avec l'appui du Ministère de l'Environnement.
Description de la solution	<p>Création d'un système innovant de récupération des GES par analyse et régénération avec invention du connecteur breveté Clip'N'Use, qui permet de réduire drastiquement les émissions lors des opérations de connections/déconnections.</p> <div style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;">Coupleur femelle</p> <p style="text-align: center;">3^{ème} niveau d'étanchéité</p> <p style="text-align: center;">2^{ème} niveau d'étanchéité</p> <p style="text-align: center;">1^{er} niveau d'étanchéité</p> <p style="text-align: center;">Coupleur mâle</p> <p style="text-align: right;">- clapet de décharge breveté - connexion sûre, sans outils avec joints intégrés</p> </div> <p>Cette action sera intensifiée dans les années à venir grâce à la traçabilité des emballages pour un meilleur suivi des quantités de GES usagés, l'organisation étendue de la collecte et du traitement du SF₆ en Europe, ainsi que l'organisation de la substitution du SF₆</p>
Difficultés rencontrées	Passage d'un taux de fuite de 10 ⁻³ à 10 ⁻⁵ , par un ensemble de mesures. Diffusion lente hors France car l'application de la réglementation n'est pas aussi stricte.
Bénéfices constatés	<p>Cela permet de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - diminuer les énergies considérables utilisées pour détruire et produire ce produit fluoré - réutiliser le produit dans la même application en éliminant tout risque de toxicité par des produits de décomposition suite à des arcs électriques. <p>Le Groupe Dehon, via Inventec et Climalife, est parvenu en 20 ans à éviter l'émission de 14,3 Mt éq CO₂ (l'équivalent de l'arrêt de 25 millions d'automobiles pendant 1 an).</p> <p>Les moyens déployés pour une utilisation responsable du SF₆ auront permis à eux seuls d'éviter 5,1 Mt éq CO₂ sur 15 ans en maîtrisant mieux le SF₆.</p>

FICHE VAL- MAT 10	
Entreprise	Thales - Bendigo (Australie)
Origine de l'initiative	Le site de Bendigo produit chaque année plus de 100 tonnes de grenat. Ce minéral est utilisé dans l'atelier de traitement des surfaces pour le grenailage du châssis des véhicules blindés Bushmasters avant peinture. Le grenat étant un minéral naturel, les déchets de grenat étaient mis en décharge. Cependant le site trouvait préférable de le réutiliser ou le recycler.
Description de la solution	<p>Un accord a été passé avec l'entreprise locale de traitement des déchets a permis de livrer le grenat à une pépinière locale (All Stone Quarries) où ils sont mélangés avec leur produit pour le jardin et l'aménagement paysager.</p>  <p>Les déchets de bois (palettes, bois,...) sont aussi collectés et distribués à une entreprise locale soit pour de la revente (dans le cas de produits en bon état) soit pour faire du compost (dans le cas de produits endommagés).</p> 
Bénéfices constatés	80 tonnes de grenat sont réutilisées chaque année. 65 tonnes de bois sont réutilisées chaque année.
Pour aller plus loin	http://www.asq.net.au

FICHE VAL- MAT 11	
Entreprise	AIR France Industries
Origine de l'initiative	Les gilets de sauvetage utilisés dans les avions ont une date de péremption. AIR FRANCE Industries les revalorise 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 trousse auprès d'un ESAT (établissement et service d'aide par le travail) , accueillant des personnes handicapées.
Description de la solution	AIR France Industries finance la confection des trousse auprès d'un ESAT (établissement et service d'aide par le travail) , accueillant des personnes handicapées. Les trousse sont découpées à la main dans un morceau choisi du gilet et ne subissent aucune transformation de type surimpression ou vernis. Chaque trousse est le résultat d'une fabrication totalement française et d'une production responsable et écologique ; elle est commercialisée par une société ayant fait sa spécialité de l' <i>upcycling</i> « made in France », transformant des matériaux récupérés ou des produits devenus inutiles en de nouveaux objets d'une valeur supérieure . 
Bénéfices constatés	<ul style="list-style-type: none"> - Valorisation de la matière - Démarche solidaire auprès d'un ESAT - Création de valeur

FICHE VAL- MAT 12	
Entreprise	ZODIAC AEROSPACE – Cognac (16) L'usine de Cognac est spécialisée dans les systèmes d'évacuation d'urgence et emploie 290 personnes.
Origine de l'initiative	Les chutes de tissus des équipements de sauvetage et de sécurité ne peuvent aujourd'hui être ni recyclées ni valorisées énergétiquement compte tenu du type très spécifique de tissu utilisé. Trouver une solution de valorisation était donc une des missions de l'usine de Cognac depuis plusieurs années.
Description de la solution	La matière est réutilisée par une entreprise du secteur protégé pour confectionner des articles de maroquinerie. 
Bénéfices constatés	<ul style="list-style-type: none"> - Valorisation de la matière - Démarche solidaire auprès d'une entreprise du secteur protégé - Création de valeur

FICHE VAL- MAT 13	
Entreprise	CONSTELLIUM – Issoire (63)
Origine de l'initiative	Le bois est une partie importante des déchets de l'usine d'Issoire (63) Il provient de palettes ou des caisses de transport et est souvent en bon état après utilisation.
Description de la solution	Au lieu de détruire les déchets de bois, le principal fournisseur d'emballage du site le collecte quotidiennement et le réutilise de nouveaux emballages.
Bénéfices constatés	27 tonnes de bois ont ainsi été recyclés par an.

FICHE VAL- MAT 14	
Entreprise	RATIER-FIGEAC Site de Figeac (46)- Site ISO 14001 ; à l'époque du projet (2011) : 950 salariés , CA 188 M€ La société fait partie désormais du groupe United Technologies (UTC)
Origine de l'initiative	Utiliser un déchet comme matériau d'emballage RATIER-FIGEAC a remplacé en 2011 ses mousses de calage par du carton broyé. Pour ce faire, l'entreprise a investi dans une broyeuse qui lui permet de recycler ses déchets carton en matériau de calage.
Description de la solution d'économie circulaire	RATIER-FIGEAC utilisait des mousses pour caler les pièces expédiées à ses clients dans l'aéronautique. L'opportunité de remplacer la mousse d'emballage par du carton gaufré a été étudiée en partenariat avec le prestataire logistique et le prestataire déchets.  A l'issue de cette étude, l'entreprise a investi dans une broyeuse à cartons, amortie sur 5 ans (sa durée de vie estimée). L'entreprise produit 71 t/an de déchets de carton : - depuis la mise en place de la broyeuse, 30 tonnes sont transformées en matériels de calage et évite l'achat des mousses. Ceci permet une économie de 24 k€/an. Le temps de transformation est considéré comme négligeable par l'entreprise ; - les 41 tonnes restantes sont recyclées à coût nul par un prestataire, le prix de rachat du carton couvre ses coûts de recyclage.
Bénéfices constatés	Le coût de la broyeuse à cartons est amorti sur l'ensemble de sa durée de vie (5 ans). L'utilisation de la broyeuse supprime l'achat des mousses de calage. Au global, gain de 24 k€ par an.
Pour aller plus loin	http://multimedia.ademe.fr/catalogues/fiches-entreprises/Fiche_Ratier_Figeac_vf.pdf

3.4 DEMANTELEMENT des AVIONS

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**.

Au cours des vingt prochaines années, le trafic passager va croître de près de 5% par an et la flotte d'avions passagers et cargo (100 places et plus) va croître 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 2015-2034](#)). 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.

❑ Exemple TARMAC AEROSAVE

Airbus a lancé il y a 10 ans avec plusieurs partenaires industriels dont SITA-SUEZ, 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 permettaient de maximiser le niveau de recyclage et de valorisation tout en ayant un **business model** justifiant un développement industriel durable.

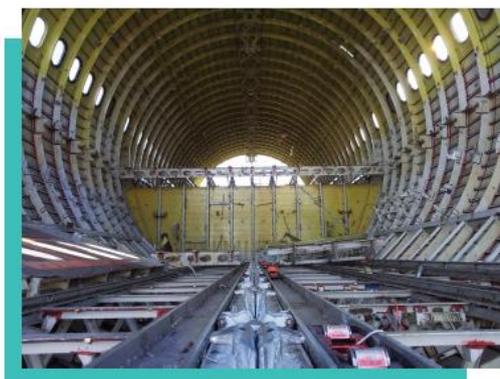
C'est sur la base de cette expérience qu'a été fondée en 2009 la société **TARMAC Aerosave**, avec comme partenaires **AIRBUS, SITA, SNECMA (Groupe SAFRAN) et EQUIP'AERO Services**.

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 et TERUEL) sous qualification EASA part 145, et certification qualité (ISO 9001) et environnement (ISO 14001), dans le respect des prescriptions réglementaires applicables à ce type d'installation classée pour l'environnement (ICPE).

RÉCUPÉRATION & TRI DES MATÉRIAUX
AVANT RECYCLAGE



RECYCLAGE MOTEURS



Les aéronefs passent par différents stades avant d'être complètement démantelés. :

- étape de dépollution et mise en sécurité de l'appareil (élimination des différents fluides, purge du carburant,...)
- état des lieux des équipements valorisables ou non. Les différents éléments sont alors démontés et ceux considérés comme récupérables partent dans des filières de réparation afin d'être remis en service.
- A ce stade, l'aéronef n'est plus utilisable et prend alors le statut de « déchet ». Il sera ensuite démantelé et les éléments constitutifs seront valorisés ou éliminés en décharge : 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.

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

4. ECOLOGIE INDUSTRIELLE et TERRITORIALE (EIT)

❑ Exemple EIT-1 : Mutualisation d'équipements énergétiques

Région Aquitaine	Pôle Aéronautique AEROPOLIS de Bordes-Assat (64)
------------------	--

Le projet « Eole » a été lancé en 2007 par **Turbomeca**, leader mondial des turbines d'hélicoptères et filiale du groupe SAFRAN, pour faire face à la forte croissance de son marché. Ce projet comprenait :

- une **chaudière biomasse** permettant d'économiser 1 500 tonnes de CO₂ /an (cf § 2.3) et également, de structurer la filière bois locale. Traditionnellement importantes en Aquitaine (1^{ère} forêt cultivée d'Europe avec 800 000 ha) les activités bois et dérivés font partie des trois grandes filières de production de la région, avec le vin et l'aéronautique.
- la **mutualisation des services sur une zone d'activités**.

Cofely (Groupe Suez) a été en charge de concevoir, construire, financer et exploiter pendant 20 ans un Centre Technique capable de **produire et de distribuer du chaud, du froid, de l'air comprimé, de l'eau surpressée pour les besoins en cas d'incendie ainsi que de l'électricité transformée pour la nouvelle usine de Turbomeca** construite sur des terrains contigus à l'usine historique et pour les entreprises qui allaient s'implanter sur la nouvelle zone d'activités.

La mutualisation des équipements énergétiques

Le Centre Technique fournit l'énergie et certains fluides industriels pour la grande majorité des entreprises implantées sur la zone d'activités. Cette zone de 53 hectares s'articule autour de quatre espaces : le site Turbomeca, les sous-traitants de services de Turbomeca, un parc d'activités tertiaires et diverses structures, notamment, un centre de formation inter-entreprises, un hôtel d'entreprise pour sous-traitants, un restaurant interentreprises, une crèche intercommunale...

La mutualisation des installations offre de nombreux avantages :

- un intérêt économique pour les prix compétitifs et la maîtrise des investissements ;
- un intérêt technique puisque la gestion d'équipements complexes dans un cadre réglementaire en évolution est confié à un professionnel dont c'est le cœur de métier ;
- un intérêt environnemental en limitant les rejets à l'atmosphère.

La construction de la nouvelle usine Turbomeca a débuté au printemps 2007 et a été achevée en septembre 2009. D'une surface de 42 000 m², elle est composée de bureaux et d'unités de production. 1 300 personnes y travaillent (500 en ateliers et 800 dans les bureaux d'études).



Cela a représenté un investissement de 100 M€ pour TURBOMECA (de l'ordre de 10% du CA). Les collectivités régionales ont contribué à l'effort financier: 11 M€ de la région Aquitaine et 4 M€ du conseil général des Pyrénées-Atlantiques. Par ailleurs, 38 M€ de subventions publiques ont été investis sur les bâtiments annexes de la zone industrielle Aeropolis.

❑ Exemple EIT-2 : Projet de PRDI (Parc de Regroupement de Dérivés Industriels)

Région Picardie	STELIA AEROSPACE à Méaulte (80)
-----------------	---------------------------------

Le site de STELIA AEROSPACE (anciennement AEROLIA) à Méaulte emploie plus de 1400 salariés sur 47,5 hectares et est spécialisé dans la fabrication des pointes avant de l'ensemble des avions de la famille Airbus (de l'A318 à l'A380, en passant par l'A400M et l'A350 XWB).

Le site de Méaulte, certifié ISO 14001, a investi dans de nombreuses initiatives pour des installations plus respectueuses de l'environnement, par exemple le remplacement du refroidissement par eau par un système de refroidissement par air pour des machines d'usinage, la mise en œuvre du nettoyage par cryogénie ou l'adoption d'huiles de coupe de synthèse.



La société souhaite mener sur ce site une étude de faisabilité pour la réalisation d'un "**parc de regroupement de dérivés industriels**" (PRDI) sur la zone d'activité du Pays du Coquelicot.

Ce projet s'inscrit dans une **démarche d'écologie industrielle et territoriale** : il permettrait, à terme, d'implanter une zone de déchets mutualisée pour l'ensemble des partenaires, sous-traitants et fournisseurs de la ZAC.

Avec l'ADEME, la Région Picardie a soutenu en juin 2014 ce projet économique ambitieux, créateur de valeur ajoutée, d'emplois, intégrant de véritables préoccupations sociales et environnementales.

Le Contrat d'appui et de développement mis en place par la Région est l'outil mis en place pour soutenir le projet afin de :

- générer des économies d'échelle,
- intégrer à moindre coût une gestion environnementale,
- mettre en place des solutions adaptées et optimisées aux besoins des utilisateurs,
- allier développement économique et réduction d'impacts environnementaux.

En contrepartie du soutien régional, STELIA AEROSPACE s'engage à :

- tenir informées la Région et l'ADEME du déroulement de l'opération au fur et à mesure de son avancement (réunions techniques, comité de pilotage, etc.)
- faire part des difficultés éventuellement rencontrés dans son exécution
- maintenir sur le site de Méaulte les emplois existants.

❑ Exemple EIT-3 : Projet d'Écologie industrielle en zone industrialo-portuaire

Région des Pays de la Loire	Projet d'Écologie industrielle sur la plateforme de Saint Nazaire Donges (44)
-----------------------------	---

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. Cette approche innovante de gestion de leurs ressources et déchets peut être un facteur d'attractivité.

La Communauté d'Agglomération de la **Région Nazairienne** et de l'Estuaire (CARENE) constitue un pôle économique important notamment grâce aux infrastructures portuaires du Grand Port Maritime de Nantes-Saint-Nazaire, mais aussi par la **forte représentation du secteur industriel avec les constructions navale et aéronautique** (*en 1923, le premier hydravion quittait Saint-Nazaire pour rejoindre New York.....*).

Le territoire possède un patrimoine naturel remarquable composé de vastes zones humides et de marais, avec de très fortes contraintes foncières. Compte tenu de ces enjeux forts, la **CARENE** s'est engagée dans une démarche énergie-climat en 2011 à travers un Contrat d'Objectif Territorial promu par l'**ADEME**.



Le site de Saint-Nazaire de STELIA AEROSPACE (ex-AEROLIA), certifié ISO 14001, est spécialisé dans la fabrication des composants métalliques élémentaires.

De nombreux efforts ont été faits pour développer des procédés de production plus écologiques. Ainsi le site a des installations qui font référence dans le domaine du traitement des surfaces avec des peintures hydro-diluables, non polluantes, en réduisant l'émission de solvants et de chromates.

Le site a introduit l'usinage mécanique de panneaux de fuselages 3D. Cette innovation, 1^{ère} mondiale en 2008, ne fait appel à aucun produit chimique.

STELIA AEROSPACE s'est ainsi fortement impliqué dans le **projet d'Écologie Industrielle et Territoriale** initié en 2014, porté par la CARENE et le Port de Nantes Saint-Nazaire qui s'étend sur la zone industrialo-portuaire comprenant près de 80 industriels. 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...**

5. ECONOMIE de FONCTIONNALITE

L'économie de fonctionnalité consiste à remplacer la notion de vente du bien par celle de la vente de l'usage du bien, ce qui entraîne le découplage de la valeur ajoutée et de la consommation d'énergie et de matières premières.

L'économie de fonctionnalité consiste à remplacer la notion de vente du bien par celle de la vente de l'usage du bien, ce qui entraîne le découplage de la valeur ajoutée et de la consommation d'énergie et de matières premières.

❑ **Exemple ECOF-1** : Pneus avion

Le site **MICHELIN** de Bourges Saint-Doulchard est spécialisé sur les pneus pour avion. L'activité est double : la confection de pneus d'avions neufs et le rechapage de pneus (cf § 3.3 Fiche **VAL-MAT 6**).



Les **prix des pneus de première monte** rapportent peu aux industriels. Ces derniers se **rémunèrent sur les contrats de service** signés avec les compagnies aériennes :

- ✓ Soit **en facturant à l'atterrissage**, La compagnie cliente paye ses pneus pour chaque atterrissage effectué avec un prix fixé par contrat, selon les besoins calculés sur l'année. Michelin garantit à la compagnie un volume de pneus et un minimum d'atterrissage.
- ✓ Soit **en proposant des contrats à long terme** où le fabricant met à la disposition de la compagnie un pool de pneus neufs et rechapés en garantissant un certain nombre d'atterrissages.

❑ **Exemple ECOF-2** : Les moteurs sont achetés directement par les compagnies aériennes et non par l'avionneur.



De la vente de produits à la facturation de l'usage de ce produit :

Les motoristes, notamment **SNECMA-Groupe SAFRAN et CFM International (co-entreprise SNECMA et GE)**, proposent une 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).

❑ **Exemple ECOF-3** : 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.

❑ **Exemple ECOF-4** : Simulateurs

THALES- Cergy : Emploi accru de simulateurs par les opérationnels pour économiser des vols réels.



6. PROMOTION, DIFFUSION et PEDAGOGIE

6.1 Communication

Les grandes entreprises publient des **rapports Environnement**, des **rapports Développement Durable**, des **données environnementales dans le rapport extra-financier** ou autres documents 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.

De plus en plus, les plus petites entreprises communiquent sur leur **politique environnementale** et leurs actions en la matière.

Ces démarches Environnement passent par l'adhésion de la Direction et des collaborateurs. En interne, différents vecteurs de sensibilisation et de communication peuvent être utilisés : affichages, intranet dédié, concours, journées thématiques, etc...

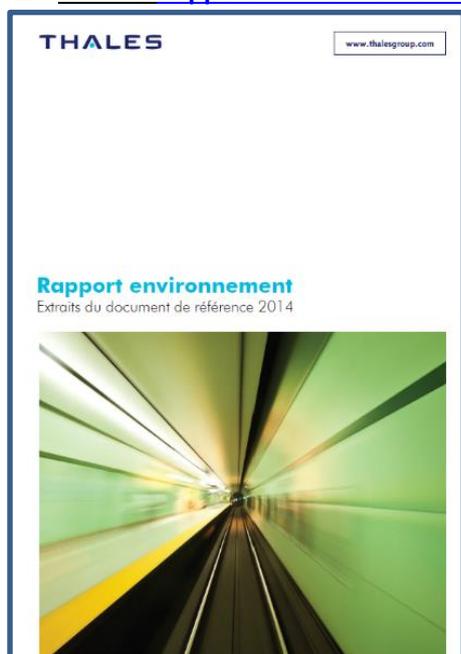
Des formations spécifiques peuvent être mises en place.

Egalement cela passe par l'implication des fournisseurs et autres parties prenantes.

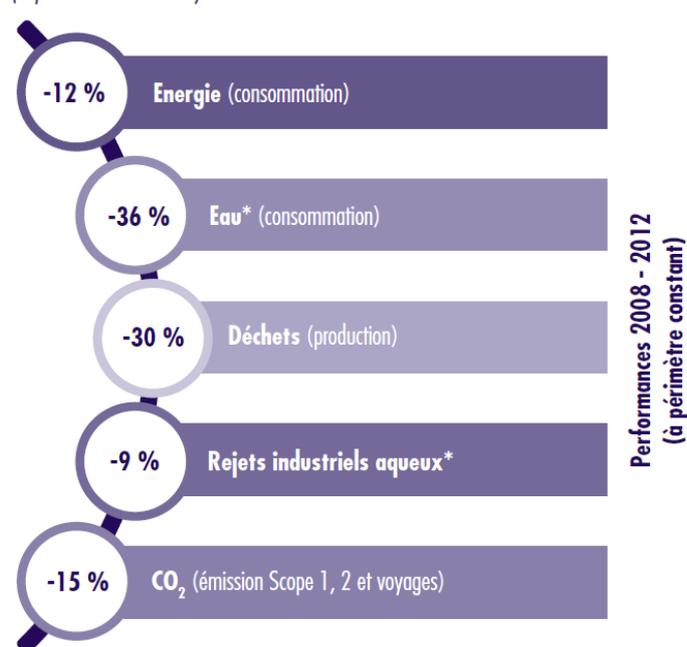
Ces informations sont riches d'enseignements pour tous et sont utiles à partager dans la filière.

Exemples de communication d'entreprises :

☐ **THALES Rapport Environnement 2014**



PERFORMANCES 2008/2012 (à périmètre constant)



*Hors site de Mulwala (Australie)

Exemple d'informations sur les progrès réalisés

Extrait brochure [Eco-conception /Thales Avionics](#) :

■ Prendre en compte la maintenance dès la conception

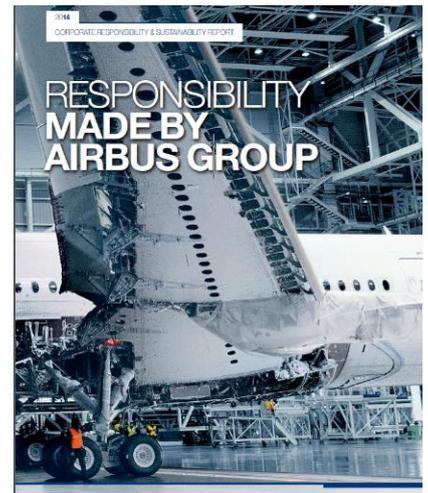
Mieux prendre en compte la maintenabilité des équipements s'opère depuis la conception. Un enjeu central guide cette opération : comment allonger la durée de vie d'un produit en diminuant et simplifiant les besoins de maintenance ? Alors que la maintenance d'un équipement électromécanique sur Concorde pouvait demander jusqu'à 40 heures de travail, son équivalent sur A380 est aujourd'hui réduit à moins de 4 heures. La durée de vie de l'électronique à bord a également été multipliée par 4 durant la même période.

■ Vers une nouvelle vie

Une fois déclarés non-utilisables, les équipements en fin de vie peuvent être recyclés. Pour parer à ce procédé complexe qu'est le retraitement des cartes électroniques, Thales a recours à des sous-traitants spécialisés. Des matériaux variés sont utilisés. Grâce à l'utilisation d'un traitement séparant les matériaux, chacun d'entre eux peut être recyclé et vivre une nouvelle vie.

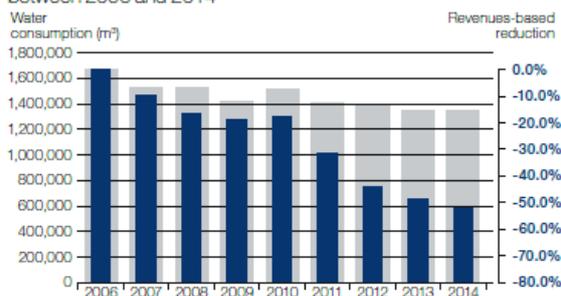
□ **AIRBUS Rapport Développement Durable 2014**

Initiative BLUE 5 :



WATER CONSUMPTION

Evolution of water consumption – Airbus European sites
Revenue-based water consumption* decreased by 52% between 2006 and 2014



- Fix-installed water leakage detection equipment in all German sites.
Savings: 10,200 m³ potable water and 4,500 m³ waste water per year.
- Substitution of obsolete autoclave water pumps with refrigeration system by loss water in Illescas, Spain. The new pumps are energetically more efficient than the current ones due to frequency converter, achieving additional energy savings.
Savings: 10,000 m³ per year (approximately 10% of plant consumption)

* Blue5 scope: does not include the volume of water that goes back to the same natural environment without any external treatment.

Exemple de courbe : consommation d'eau 2006-2014 et exemples d'initiatives dans les usines

❑ [DASSAULT Aviation Rapport Annuel 2014- Informations environnementales \(pages 27 à 32\)](#)
[Rapport extra-financier -RSE \(pages 20-29\)](#)



• **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,...).

En tonnes	2013		2014	
	Société Mère	Consolidé	Société Mère	Consolidé
% de valorisation (DEC002)	84,8	ND	87,7	ND

Trois filières principales sont utilisées pour le recyclage et la valorisation de nos déchets :

- le recyclage des métaux,
- la valorisation énergétique,
- la valorisation des matières non métalliques et des biodéchets.

Exemple de données publiées sur les déchets

❑ [SAFRAN Document de référence 2014](#)

Consommation énergétique et mesures prises pour améliorer l'efficacité énergétique

L'électricité, première source énergétique, représente globalement plus de la moitié de la consommation d'énergie, la seconde source étant le gaz naturel. Les hydrocarbures, de moins en moins utilisés pour le chauffage, sont maintenant réservés, principalement, aux essais de moteurs et aux équipements de secours.

Énergie (tonnes équivalent pétrole/salarié)	2012	2013	2014
Électricité ⁽¹⁾	1,30	1,34	1,3
Gaz ⁽¹⁾ hors utilisation comme matière première et à des fins de process	0,92	0,85	0,64
Gaz ⁽¹⁾ utilisé à des fins de process	0,24	0,13	0,16

(1) Effectif couvert : 65 123 salariés.



Exemple d'indicateur sur la consommation énergétique

❑ [ZODIAC AEROSPACE : Rapport Annuel 2013-2014 "Carnet de voyage"](#)

Extrait des bonnes pratiques environnementales internes au Groupe :

Environnement : quatre axes de travail

Performance environnementale, gestion des produits chimiques, intégration de l'environnement dans le design et le développement, management ISO 14 001 : le Groupe structure sa démarche autour de quatre axes de travail, déclinés chacun en objectifs obligatoires ou laissés à l'initiative des unités en fonction de leurs impacts environnementaux. Au total une cinquantaine d'objectifs, pour moitié obligatoires. Délais de réalisation, reporting, fréquence des revues et responsable de pilotage sont précisés pour chaque objectif. En soutien à cette démarche, des procédures et standards Groupe ont été mis en place, par exemple pour les critères de choix des produits chimiques et leur management, ou encore les revues de direction et les audits inter-unités. 92 % des unités recourent au Dashboard, tableau de bord partagé de reporting des données environnementales.

Une base de bonnes pratiques pour mieux les partager

Depuis le printemps 2014, la Base de bonnes pratiques du Groupe donne aux unités l'accès aux initiatives les meilleures et les plus reproductibles. Cinq mois après son lancement, la Base en comptait déjà plus d'une dizaine. Y figurent notamment l'installation de systèmes d'aspiration de poussières, la collecte des eaux pluviales et l'arrosage sélectif des arbres à l'usine de Chihuahua au Mexique pour une économie mensuelle de 800 m³ d'eau, ou encore le recours à des panneaux photovoltaïques pour l'éclairage extérieur de l'usine de Gromballa en Tunisie qui lui évitera de consommer 46 000 kWh/an et d'émettre 25,1 tonnes de CO₂eq. S'y ajoute, à Ars en France, le recours aux tablettes numériques pour limiter l'impression des plans et documents administratifs et économiser plus de 200 ramettes par an.

❑ **INVENTEC** : [démarche Greenway d'autodéclaration environnementale](#)

Tout en maintenant des solutions à un haut niveau de performance technique et économique, l'entreprise les caractérise aussi par leurs paramètres d'impact essentiels sur la santé et l'environnement. Les produits bénéficient d'une gestion d'amélioration continue des paramètres qu'il puisse s'agir du pouvoir de réchauffement global, COV, Bio-dégradabilité, Eco-toxicité, Origine des matières premières...



Ainsi, à isoperformance, si au moins 3 paramètres d'impact sur 10 sont réduits alors, l'Eco « Label » est attribué aux produits considérés Greenway. Il s'agit du 1^{er} Label de développement durable inventé par une PME de la chimie.

❑ **LISI AEROSPACE** : [Rapport annuel 2014](#)

❑ **ATR** : [Objectifs environnementaux 2015-2018](#) : cf page 19.

6.2 Actions du Gifas

- ✓ Brochure 2015 « L'industrie aérospatiale et le défi climatique »³ : la brochure rappelle le contexte du défi climatique, les enjeux de la COP21, le rôle de l'OACI pour le transport aérien et fait le point sur les actions de l'industrie aéronautique et spatiale.
- ✓ Plaquette GIFAS 2015 de présentation des industries du GIFAS⁴ : encart Environnement (cf page 23- Economie Circulaire)
- ✓ Brochure Environnement : Cette brochure⁵ 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.
- ✓ Guide méthodologique sectoriel pour les Bilans d'Emissions de Gaz à Effet de Serre : la loi « Grenelle 2 » impose l'obligation d'édiiter 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 aéronautiques⁶ : 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.
- ✓ Base d'indicateurs environnementaux⁷ : 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.
- ✓ Salon du Bourget : panneaux Environnement au sein du Pavillon « l'Avion des métiers » visité par de nombreux jeunes et des écoles ; sensibilisation à l'économie circulaire
- ✓ Cycle de rencontres GIFAS avec la presse spécialisée dans l'environnement sur les sites industriels suivants : TURBOMECA, AIRBUS, ATR, THALES, CONSTELLUM.



³ https://www.gifas.asso.fr/sites/default/files/video/gifas_pla_16_pages_fr_web.pdf

⁴ https://www.gifas.asso.fr/sites/default/files/video/digest_2015_gifas_fr.pdf

⁵ https://www.gifas.asso.fr/fichiersPDF/Publications/Publications/BROCHURE_ENVIRONNEMENT_FR.pdf

⁶ https://www.gifas.asso.fr/sites/default/files/video/brochure_biocarburants_gifas_2013.pdf

⁷ <http://www.aerorechercheorac.com/faits-chiffres/base-d-indicateurs.html>

7. SYNTHÈSE

Ce recueil de témoignages d'entreprises, établi au cours de 2014-2015, a permis de réunir un ensemble varié d'exemples opérationnels sectoriels liés à l'économie circulaire. Les exemples proviennent aussi bien de PME, d'ETI que des grands groupes. Ils couvrent les 4 grands axes (frugalité des ressources, prévention, création de valeur, actions de promotion) préconisés par la [Section Thématique "Economie Circulaire"](#) du Conseil National de l'Industrie (cf PARTIE 1- Ref Gifas 2015-20007).

Le tableau ci-dessous permet de faire le lien entre la ou les thématique(s) adressées par les fiches présentées dans le recueil. En effet, les initiatives et démarches des entreprises répondent dans certains cas simultanément à plusieurs thématiques.

Thématiques CNI	Type de sujets	Ref. Fiches ou chapitres
FRUGALITE des RESSOURCES	Economie de ressources (matière, eau, énergie, ..)	ENG-1 à ENG-13 ENR-1 à ENR-7 EAU-1 à EAU-7 ECO-MAT 1 à ECO-MAT 5
	Augmentation du taux de recyclage des matières	ECO-MAT 5 VAL-MAT 1 à VAL-MAT 14
PREVENTION	Prévention des déchets	WASTE-1 à WASTE-2 ; EAU-2 ; EAU-7
	Ecoconception des produits et des procédés	PARTIE 1-§ 2.1 (R&D-progrès technologiques sur les produits)
	Augmentation de la durée de vie des produits	VAL-MAT 5 /6
	Incorporation de matières recyclées dans les produits	VAL-MAT 1 à VAL-MAT 10
	Investissement dans l'innovation	PARTIE 1-§ 2.1 (R&D-progrès technologiques sur les produits)
	Réparabilité des produits et réemploi des matières et produits	ECO-MAT 1 VAL-MAT 1 à VAL-MAT 10 PARTIE 2- §3.4 (centre de démantèlement avion)
CREATION de VALEUR	Aménagement territorial	VAL-MAT1 (EcoTitanium) PARTIE 2- § 4 (EIT-1 à EIT-3)
	Mise en valeur des filières et des entreprises	ENR-5 à ENR-7 (filière bois) PARTIE 2- §3.4 (centre de démantèlement avion) EIT-1 à EIT-3
	Valorisation des démarches exemplaires	VAL-MAT1 (EcoTitanium) PARTIE 2- §3.4 (centre de démantèlement avion) VAL-MAT 1 à VAL-MAT 14 ECOF-1 à ECOF-4
ACTIONS de PROMOTION	Promotion, diffusion et pédagogie autour de l'économie circulaire	PARTIE 2- § 7

Ce recueil est destiné à être partagé au sein des entreprises de la filière aéronautique et pourra être enrichi ultérieurement à partir de nouvelles initiatives.

Le Gifas remercie l'ensemble des entreprises ayant contribué à la rédaction de ce document.