



# **Elaboration de bio-composite hybride à matrice thermoplastique pour une application industrielle**

**Bertrandt : M. Grégory GATARD, M. Mohammed IDLAHCEN**

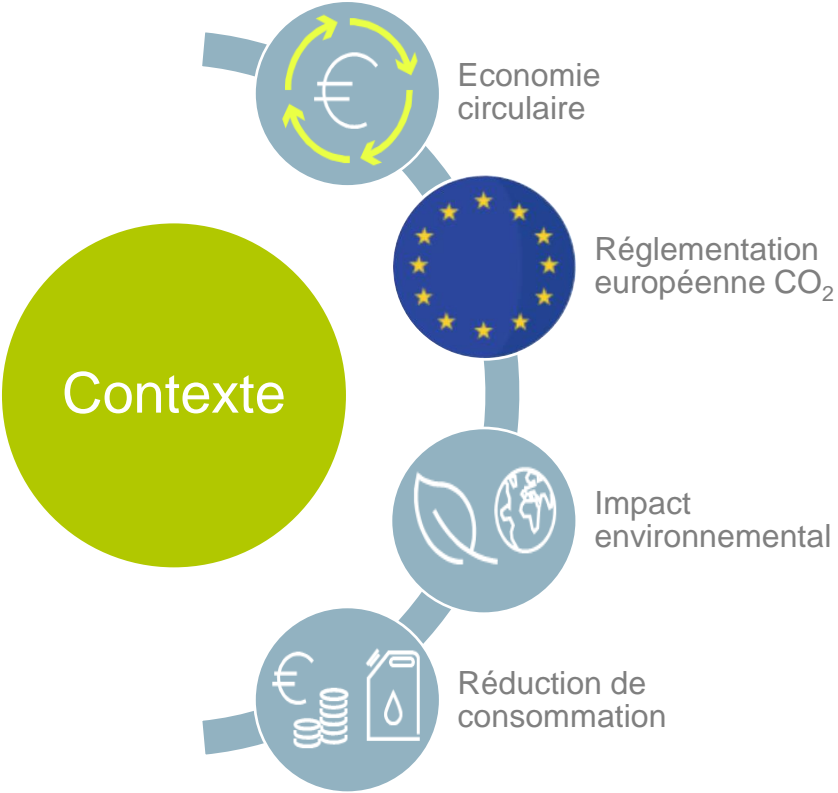
**Doctorant : Wassim GUERFALA**

## Sommaire

- Contexte du projet
  - Enjeux et problématiques
  - Objectifs
- Sujet de thèse
  - Matériaux
  - Procédés de fabrication
- Matériaux utilisés
  - Nature des matériaux
  - Caractéristiques mécaniques
- Applications
- Recyclage



Contexte de l'étude

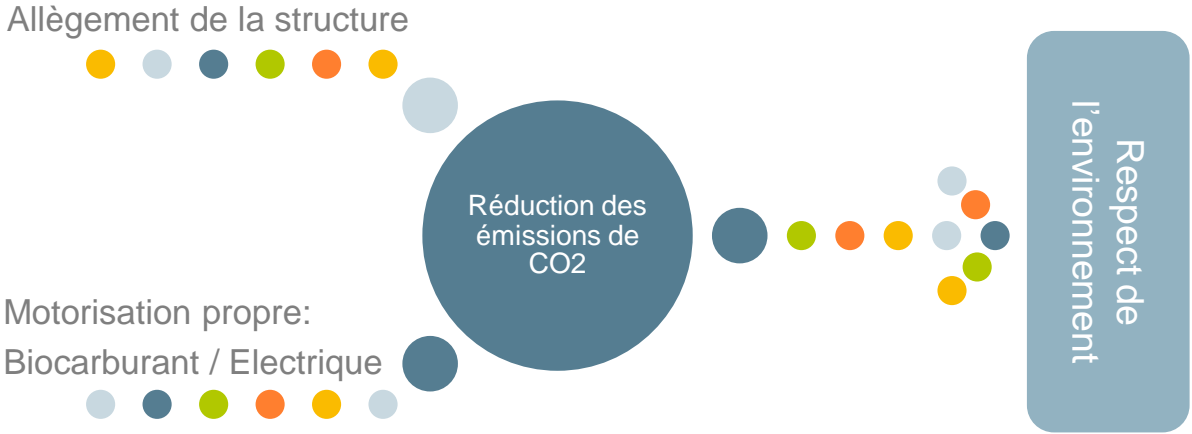


Selon **IATA** le trafic aérien mondial doublera d'ici **2037** pour atteindre **8,2 milliards** de **passagers** et **50 000 avions**

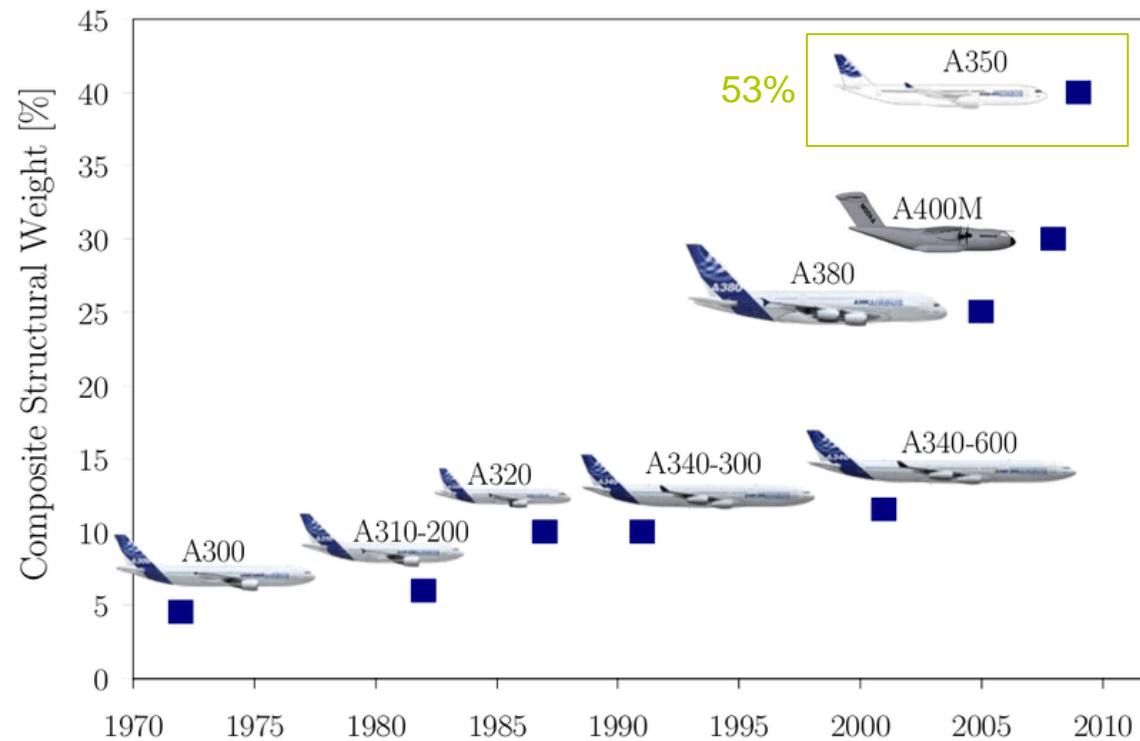
**IATA**

**ACARE**

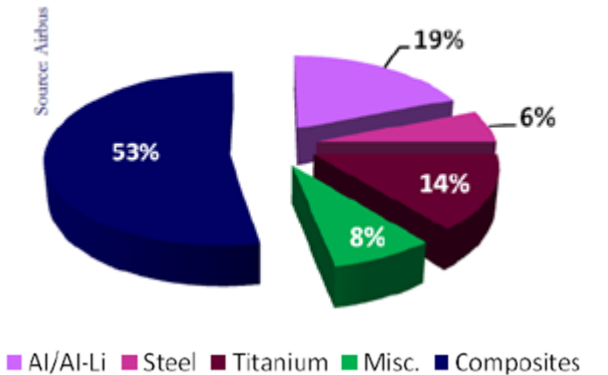
**ACARE** vise pour **2020** à réduire les émissions de **CO2** de **50 %**, et celles de **NOx** de **80 %**



## Contexte de l'étude



*Evolution de l'utilisation des matériaux composites chez Airbus*



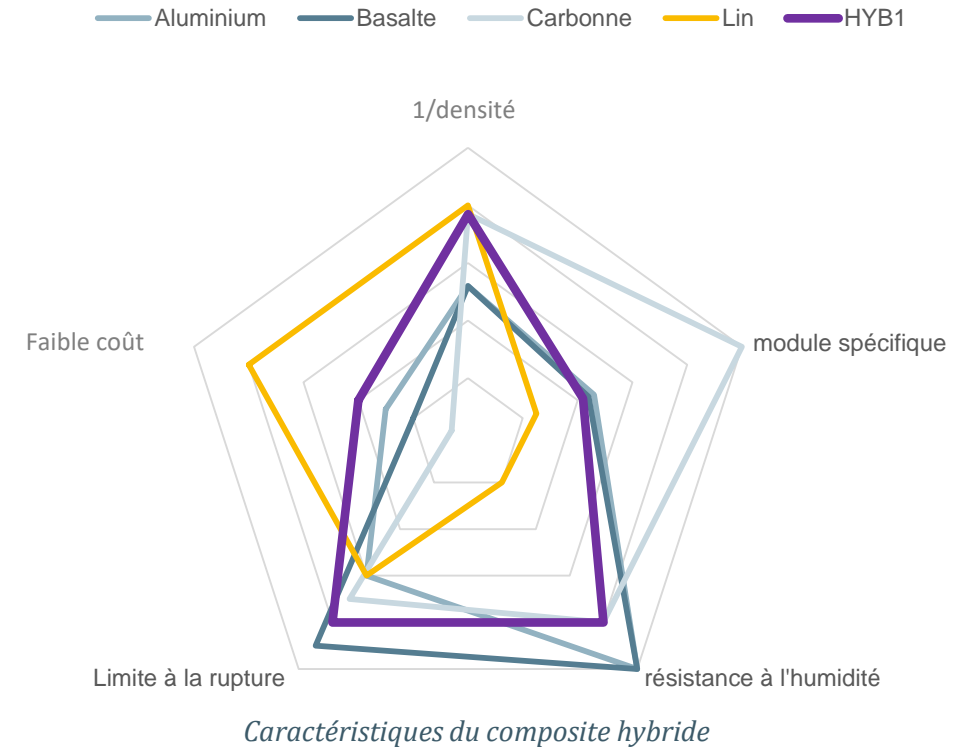
*Composition de la structure du A350*

La masse structurelle de l'A350 est de 15 tonnes plus légère qu'une structure sans composite,

Selon l'ONERA, un allègement de la structure d'une tonne représenterait, au cours de la vie d'un avion, une réduction de consommation de 6 000 tonnes de kérosène ou une réduction de 20 000 tonnes de gaz à effet de serre.

## Objectifs

- Intégration des matériaux bio-composite dans les structures industrielles
  - Bonne performances mécanique
  - Gain de masse potentiel 60%
  - Bonne flexibilité du design
  - Temps de cycle : 60 secondes
- Ingénierie du matériau
  - Optimisation du choix des matériaux
  - Optimisation de la distribution des matériaux
  - Optimisation économique



100% recyclable

100% biomatériaux

3 fois moins cher que la fibre de carbone

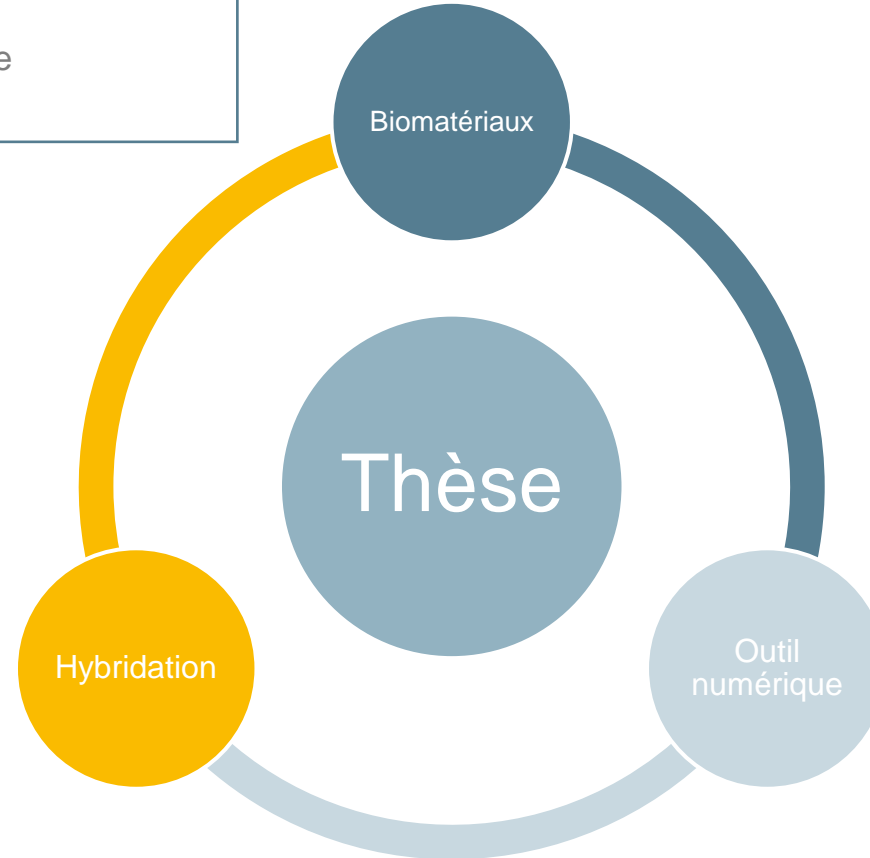
module spécifique = aluminium

= densité de la fibre de carbone

## Biomatériaux

### - Combinaison unique de matériaux naturels

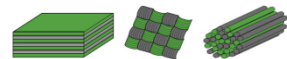
- Lin : Fibre végétale
- Basalte : Fibre minérale issue de roche volcanique
- PA11 : matrice thermoplastique bio sourcée



## Sujet

Etude de matériaux bio composite hybride pour une application industrielle

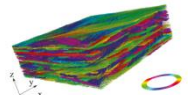
## Hybridation



### - Création de synergie entre les deux types de fibres pour différentes échelles

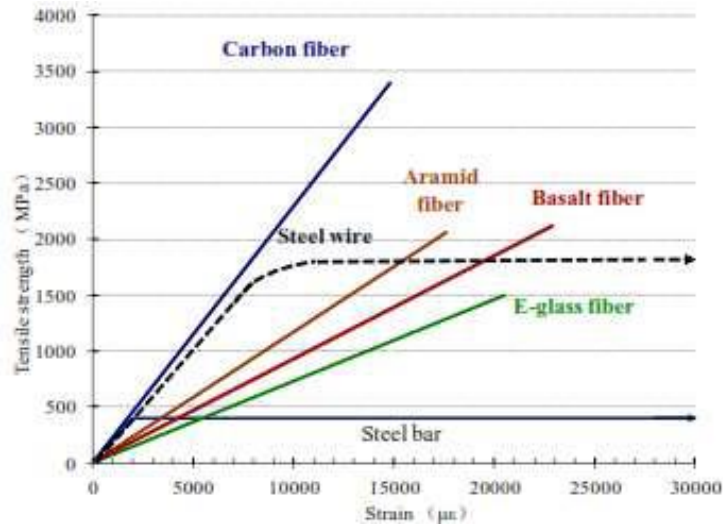
- Echelle du stratifié : couche Basalte /couche Lin
- Echelle du tissu : hybridation des fibres (Lin + Basalte)
- Echelle de la fibre : comélage de deux fibres différentes

## Outil numérique

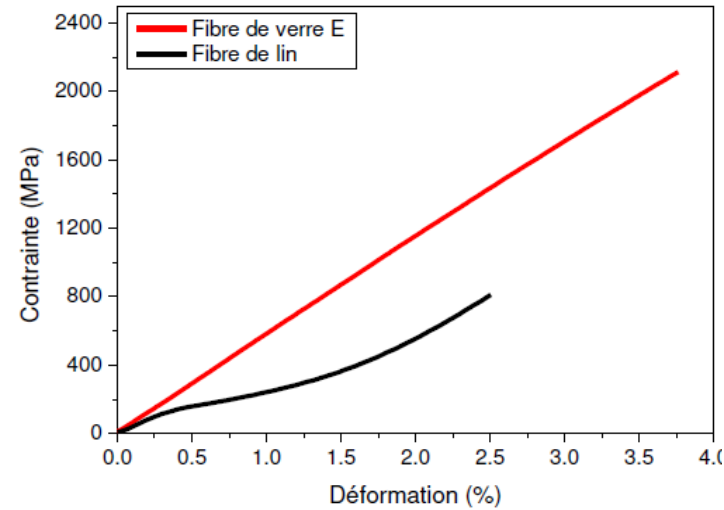


### - Prédiction du comportement mécanique de tous types de combinaison de matériaux composites

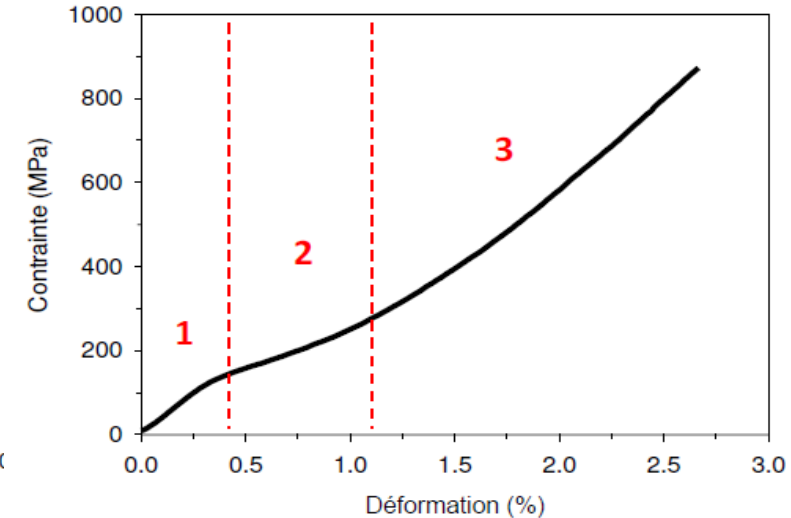
- Optimisation du choix des fibres selon l'application finale (performances mécaniques, légèreté, coût...)



*Courbe comparative contrainte-déformation de différents types de fibres [1]*



*Courbe contrainte-déformation en traction d'une fibre de lin (courbe divisée en trois parties) et d'une fibre de verre[2]*



## Basalte



- Le basalte présente des bonnes caractéristiques mécaniques : supérieures à celle du verre

## Lin



- Le lin présente des bonnes caractéristiques mécaniques comparées aux autres fibres végétales mais son emploi reste limité en regard de la fibre de verre
- Le comportement mécanique de la fibre de lin est non linéaire

[1]Shubhalakshmi.B.S\*, Dr. H.N.Jagannatha Reddy, K.Arjun (2016), International journal of engineering sciences & research technology, ISSN: 2277-9655

[2]Destaing F. « Contribution à l'étude du comportement mécanique de matériaux composites biosourcés Lin/PA11 élaborés par thermocompression », Ph.D.thesis, Université de CAEN Basse-Normandie, 2012.

## Exigences

- Tenue au feu
- Reprise d'humidité
- Caractéristiques mécaniques
- Temps de cycle
- Recyclage
- Coût
- Légèreté

## Hybride I

1. Le basalte présente une très bonne résistance thermique (**Température Fusion: 1560°C, température d'application : [-200°C-850°C]**), Le PA11 et le Lin reste limités au niveau de température (**Fusion: 190°C, PA11 [-60°C, 150°C]**)
2. Le basalte a une très bonne résistance à l'humidité, le Lin présente une bonne résistance à l'humidité comparé aux autres fibres végétales (**7%**), le PA11 a une bonne résistance à l'humidité comparé aux PA66 (**1,1%**)
3. Le composite hybride hybride présente des bonnes caractéristiques mécaniques comparable à celle de l'aluminium
4. Les matériaux utilisés sont recyclables (**matrice et fibres**)
5. Le coût des fibres utilisées est trois fois moins cher que la fibre de carbone
6. Pour une combinaison Hyb (Lin (60%)/Basalte(40%)) → densité équivalente à celle de la fibre de Carbone (**1,9g/cm3**)



- Pièces structurales
- Pièces d'habillage
- Capotage
- Ventilation
- Composants

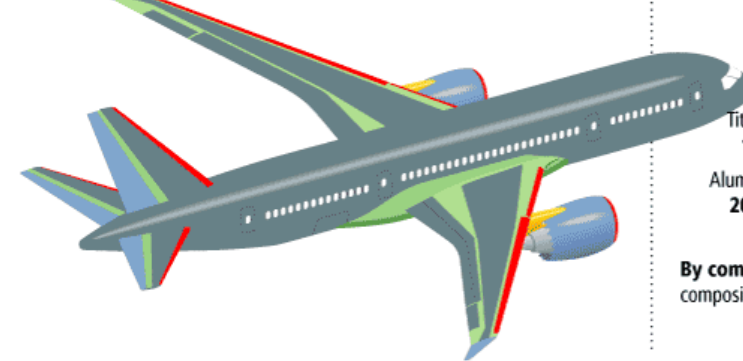
*Applications*



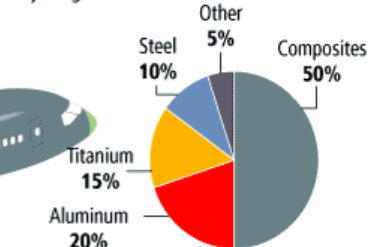
*Sièges d'avion*

### Materials used in 787 body

- Fiberglass
- Aluminum
- Carbon laminate composite
- Carbon sandwich composite
- Aluminum/steel/titanium



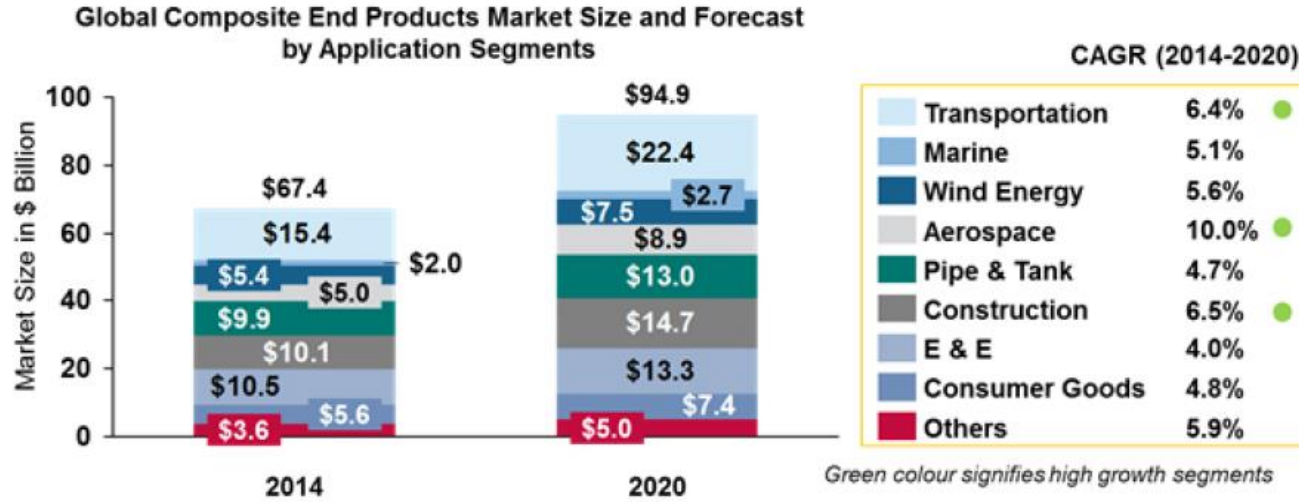
### Total materials used By weight



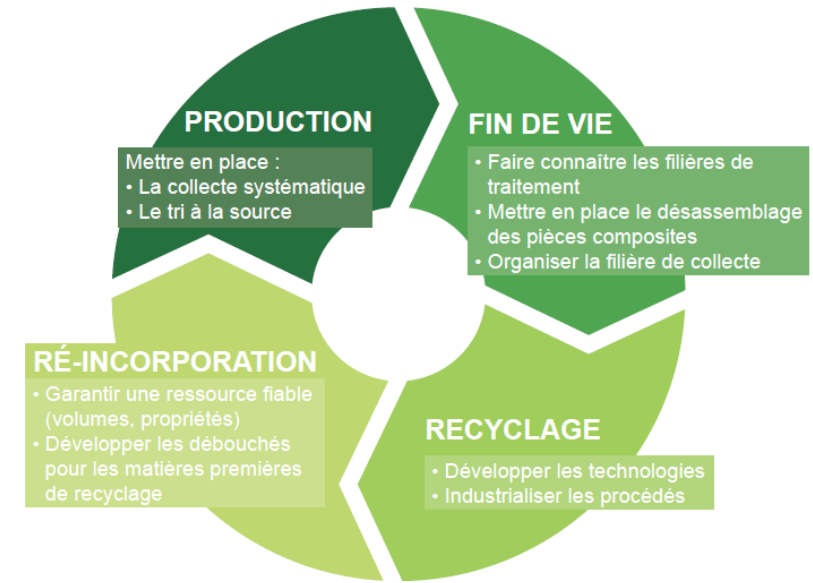
**By comparison**, the 777 uses 12 percent composites and 50 percent aluminum.

*Pièces de structure*





*Evolution des produits composites selon les secteurs d'application*



*Economie circulaire*

## Traitements de fin de vie

### Recyclage

### Elimination

#### Recyclage mécanique

#### Recyclage Thermique

#### Recyclage Chimique

##### Broyage

- Fibre courte / poudre
- + Coût faible
- + Réutilisation simple
- Caract. faibles

##### Pyrolyse

- Fibre + Gaz + résidu
- + Conservation des propriétés Carbone
- Perte de la matrice

##### Solvolyse

- Fibre + polymère décomposé
- + Récupération totale
- Coût énergie import

##### Cimenterie

- valorisation d'énergie
- + Coût faible
- Perte des fibres et de la matrice

*Traitement de fin de vie des produits composites*

## Besoins

- La directive 2008/98/CE du Parlement européen établit un cadre juridique pour le traitement des déchets au sein de la Communauté Européenne.
- Evolution importante de l'utilisation des matériaux composites dans le secteurs aéronautique et automobile
- Besoin d'application du modèle économique & écologique

## Matériaux bio composite Hybride

### Fibre de Lin

#### Fibre de Lin

- Fibre végétale
- 100% recyclable
- 100% bio sourcée

#### Technique

- **Broyage**

- Fibre courte ou poudre
- Charge pour des polymères
- Tissu mat

#### Application

Pièces automobile

### Fibre de Basalte

#### Fibre Basalte

- Fibre minérale
- 100% recyclable

#### Technique

- **Pyrolyse**
- **Solvolyse**

- Fibre longue
- Garde les mêmes caractéristiques
- Tissu UD ou sergé

#### Application

Bateau de plaisance

### PA11 : Rilsan

#### PA11

- Matrice thermoplastique
- 100% bio sources

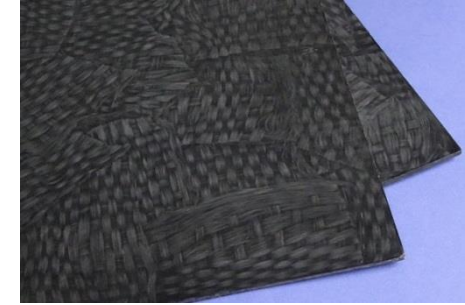
#### Technique

- **Thermosaïc**
- **Solvolyse**

- Plaque de composite recyclée

#### Application

Pièces automobile



Semi- Broyage



Plaque recyclée

Thermo compression

*Recyclage des composite thermoplastique par Thermosic*

## Objectifs

- Maitrise du coût énergétique et économique
- Maitrise de la technique de recyclage
- Intégration des produits recyclés
- Préservation des caractéristiques mécaniques des produits recyclés

*Procédés de recyclage applicable aux matériaux étudiés*

bertrandt

## Contacts

Grégory GATARD

Mohammed IDLAHCEN

Wassim GUERFALA

Ornella BIANCHI

*Responsable activités BIW*

*Pilote activités BIW*

*Pilote études BIW*

*Responsable Grands Comptes - Aéronautique*

[Gregory.Gatard@fr.bertrandt.com](mailto:Gregory.Gatard@fr.bertrandt.com)

[Mohammed.Idlahcen@fr.bertrandt.com](mailto:Mohammed.Idlahcen@fr.bertrandt.com)

[Wassim.Guerfala@fr.bertrandt.com](mailto:Wassim.Guerfala@fr.bertrandt.com)

[Ornella.Bianchi@fr.bertrandt.com](mailto:Ornella.Bianchi@fr.bertrandt.com)

bertrandt