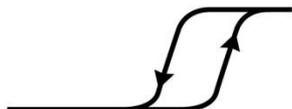


# AgrodB : performances acoustiques et vibratoires des agromatériaux

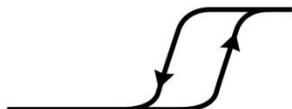


9 Décembre 2013



# Sommaire

- Contexte
- Objectifs, chiffres clés & acteurs du projet
- Matériaux & propriétés testés
- Résultats d'essais
- Conclusions & perspectives

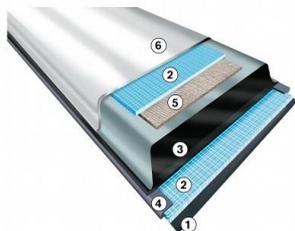


# Contexte



## Vélo Museeuw

« Les fibres de lin absorberaient mieux les vibrations de la route. Selon le champion belge Johan Museeuw, ce sont les **qualités d'absorption des vibrations des fibres de lin** qui rendent le matériau plus intéressant que le carbone. Le vélo se montre stable et rigide en montée, et absorbe les chocs en descente. »



## Ski Wed'ze de Décathlon

« Le lin possède des **qualités naturelle anti vibratoires reconnues** et afin d'en améliorer l'efficacité nous l'avons concentré en spatule et au talon qui sont les 2 zones les plus sensibles. Cette technologie apporte un meilleur contact ski neige pour améliorer le guidage du ski. »



Tangent'delta



## Raquette Artengo Flax Fiber

« Cette nouvelle raquette n'a rien à envier à ses concurrentes traditionnelles. Ses propriétés mécaniques sont équivalentes à celles des composites renforcés avec des fibres de carbone. Et le sportif pourrait même être gagnant au change : la raquette en lin est plus légère (285 g, dont 45 g de lin) et **absorbe davantage les vibrations** lorsque la balle de tennis vient frapper le cadre. »

## Isonat de Buitex

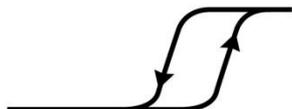
« L'ISONAT Végétal en rouleau est composé de fibres de chanvre et de coton recyclé. Ces deux matières se complètent à merveille pour faire d'Isonat Végétal un **isolant remarquable d'efficacité tant sur le plan acoustique que thermique.** »



by Buitex

# Objectifs du projet

- Evaluer la performance acoustique et vibratoire de plusieurs agromatériaux sous différentes formes (plastique, composite, laine, etc)
- Comparer leur propriétés avec des matériaux conventionnels de l'industrie
- Partager les résultats avec l'ensemble des acteurs pour une meilleure connaissance et diffusion des agromatériaux



# Chiffres clés du projet

- Durée : Dec12 – Juin13 (7 mois)
- Budget : 55 K€
- Subventions : 45% (Conseil régional de Bourgogne)
- Nombre de matières testées : 19
- Nombre de partenaires : 7

# Acteurs du projet

- Montage et pilotage du projet
- Matières premières
- Formulation et injection des matières plastiques
- Caractérisation
- Analyse du cycle de vie

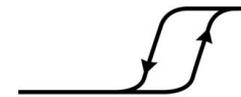


**AD majoris**

**C.R.S.T. s.a.**  
TEXTILES TECHNIQUES  
BUREAU D'ÉTUDES

**Terr'  
nova**

 **SONAE  
INDUSTRIA**

  
**Tangent'delta**

**faurecia**  
Interior Systems

  
**Tangent'delta**

# Propriétés acoustiques

## – Solidiennes

- Module dynamique\* (Hz)
- Coefficient de Poisson
- Amortissement\*

## – Aériennes d'isolation

- Indice d'affaiblissement acoustique\* (STL)

## – Aériennes d'absorption

- Coefficient d'absorption  $\alpha^*$
- Porosité, résistivité au passage de l'air, tortuosité, longueurs caractéristiques

\* : Evaluation de la dépendance en température entre +10°C et +50°C



| Matières                        | Isolation | Absorption | Amortissement |
|---------------------------------|-----------|------------|---------------|
| Matières injectées              |           |            |               |
| PPC                             | X         | X          | X             |
| PPC/30% talc                    | X         |            |               |
| PPC/30% fibres de verre         | X         |            | X             |
| PPC/30% miscanthus (1mm)        | X         |            | X             |
| PPC/30% miscanthus (170µm)      | X         |            | X             |
| PPC/20% liège                   | X         | X          |               |
| PPC/30% Woodforce               | X         |            |               |
| PPC/30% lin oléagineux          | X         |            | X             |
| PPC/30% rafle de maïs           | X         | X          |               |
| PLA                             | X         |            |               |
| PLA/30% miscanthus              | X         |            |               |
| Matières tissées multiaxial     |           |            |               |
| Verre / polyester               |           |            | X             |
| Lin / polyester                 |           |            | X             |
| Autres process de mise en œuvre |           |            |               |
| Laine de lin                    |           | X          |               |
| Laine de chanvre                |           | X          |               |
| PLA expansé                     |           | X          |               |
| Laine de roche                  |           | X          |               |
| Mat de lin/PP                   |           | X          |               |
| Mat de lin/PP compressé         |           | X          |               |

Matrice définitive des essais réalisés

# Tests acoustiques

## – Protocole d'essais en absorption

- Norme
  - » Mesure du coefficient d'absorption en incidence normale dans un tube d'impédance suivant la norme NF EN ISO 10534-2 – Partie 2 : Méthode de la fonction de transfert.
  - » La valeur moyenne du coefficient d'absorption est calculée sur l'ensemble des trois échantillons.
- Caractéristiques du tube d'impédance

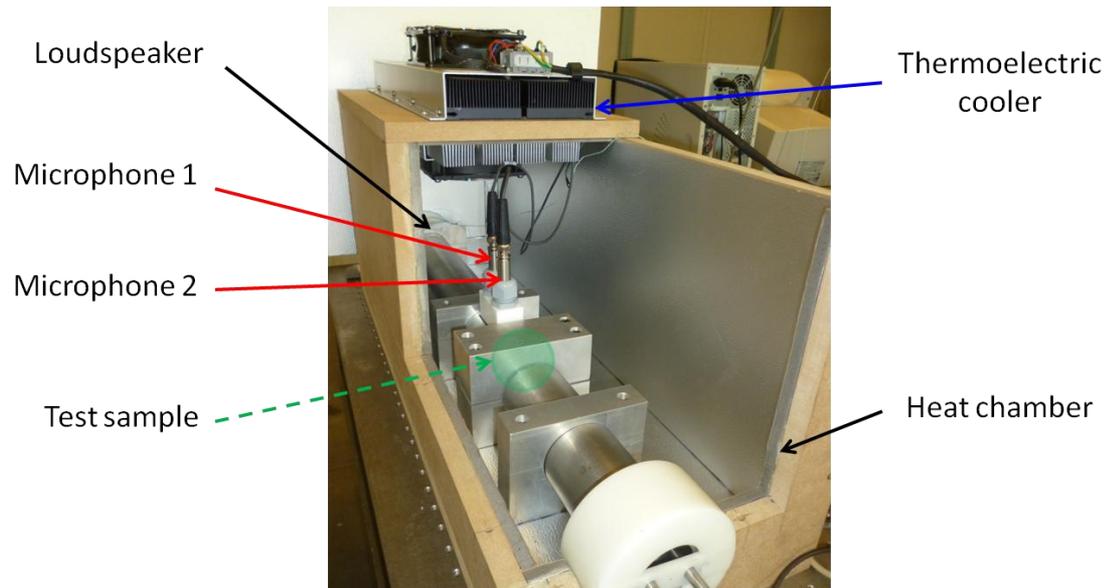
| <i>Diamètre intérieur</i> | <i>Fréquence utile inférieure</i> | <i>Fréquence utile supérieure</i> | <i>Distance microphone-échantillon</i> | <i>Cavité en arrière de l'échantillon</i> |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| 44 mm                     | 250 Hz                            | 4250 Hz                           | xx mm                                  | Non                                       |

- Températures de régulation : +10, +20, +30, +40, +50°C

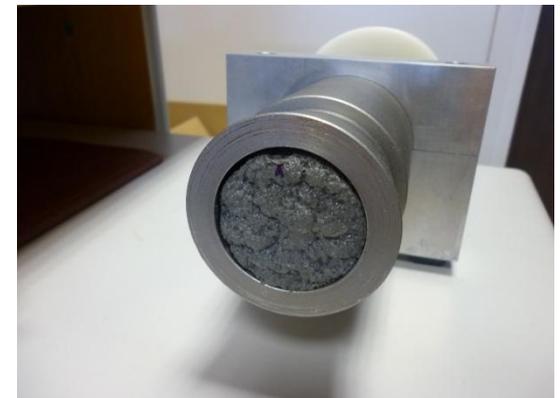


# Tests acoustiques

## – Présentation du banc de mesure thermo-acoustique

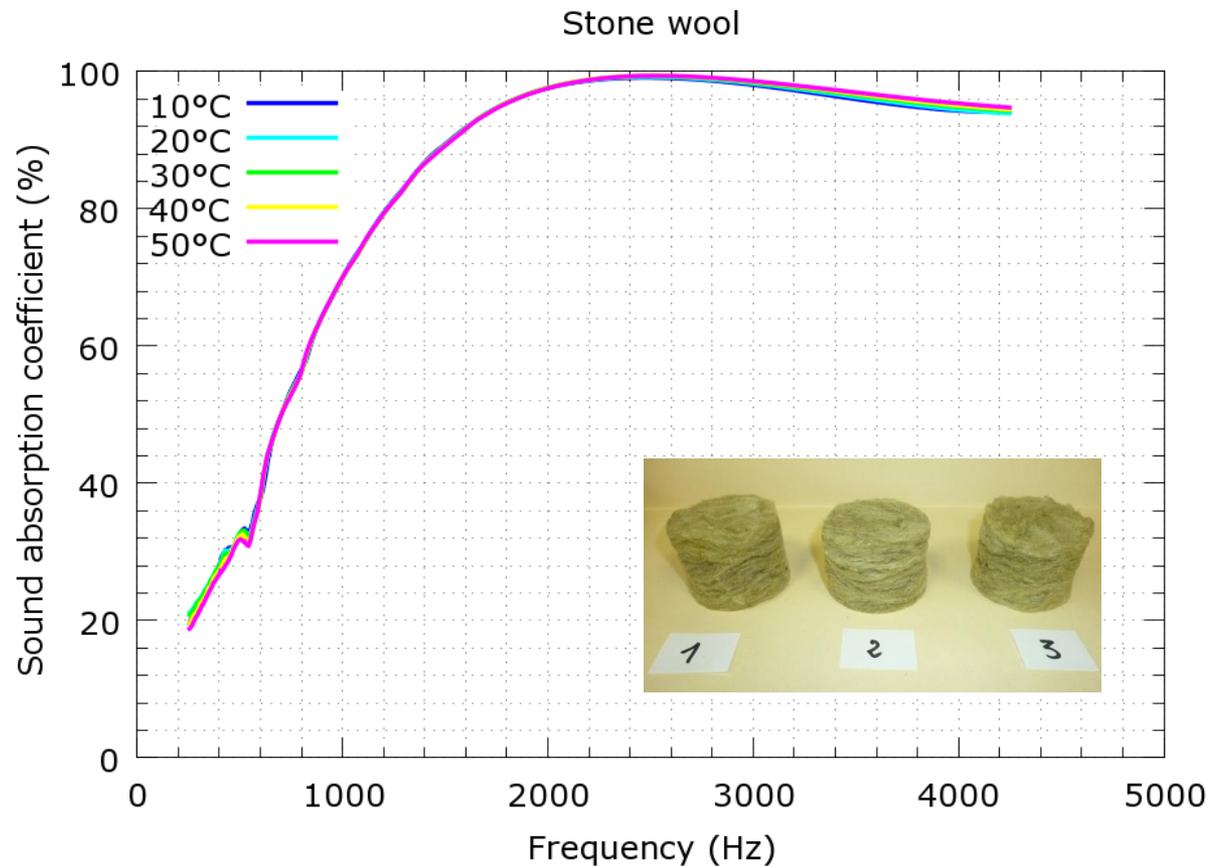


*Automotive sealing foam*



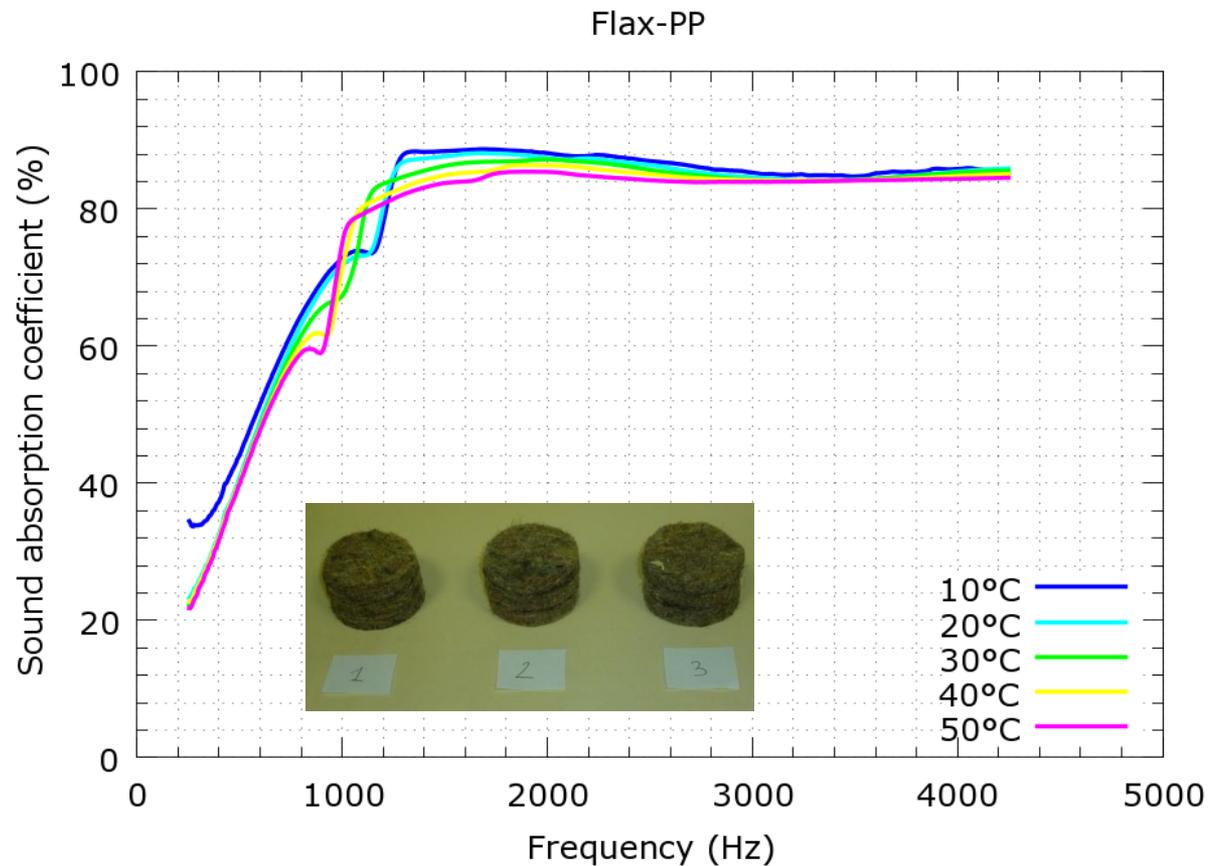
# Résultats en absorption

## — Laine de roche



# Résultats en absorption

## — Mat de lin/PP



# Tests acoustiques

## – Protocole en absorption pour les **matières injectées**

- Norme
  - » Mesure du coefficient d'absorption en incidence normale dans un tube d'impédance selon une **méthode à trois microphones complémentaire à la norme ASTM E2611-09**.
  - » La valeur moyenne du coefficient d'absorption est calculée sur l'ensemble des trois échantillons.
- Caractéristiques du tube d'impédance

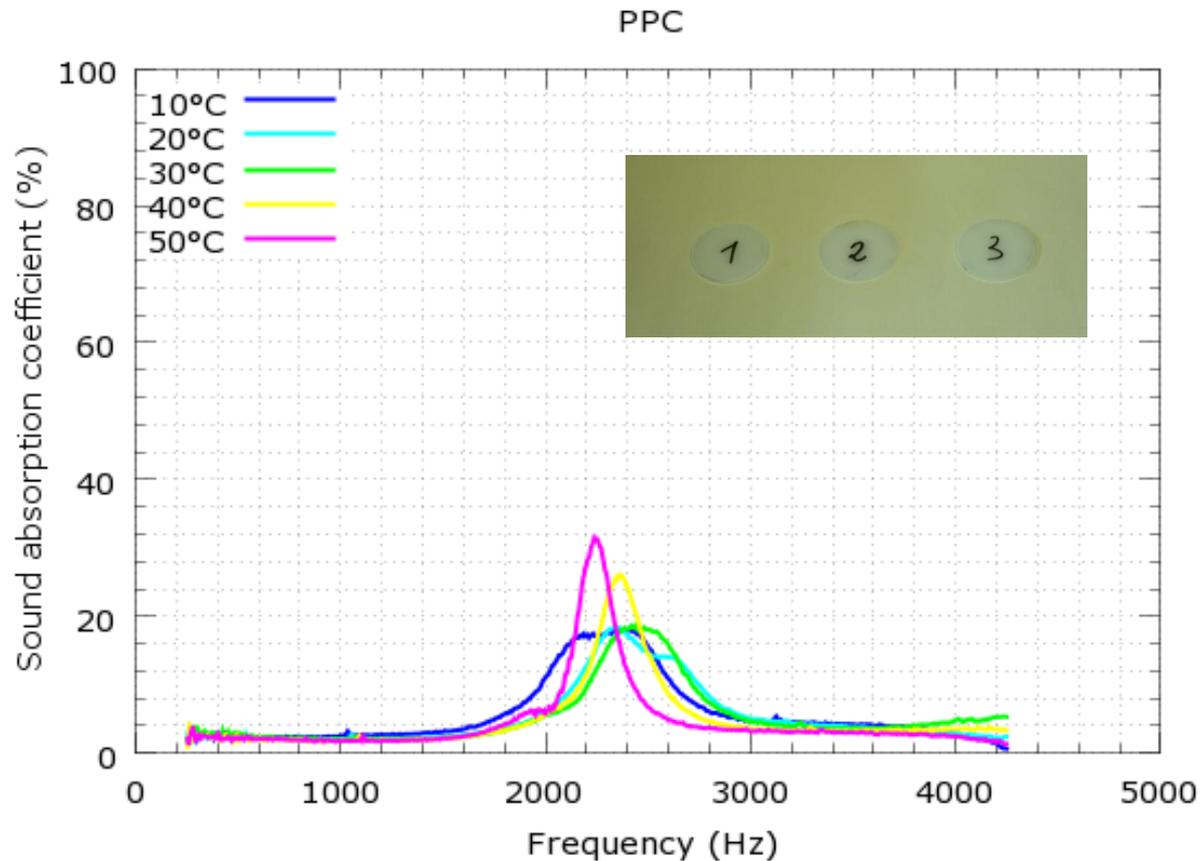
| <i>Diamètre intérieur</i> | <i>Fréquence utile inférieure</i> | <i>Fréquence utile supérieure</i> | <i>Distance microphone-échantillon</i> | <i>Cavité en arrière de l'échantillon</i> |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| 44 mm                     | 250 Hz                            | 4250 Hz                           | 50 mm                                  | 30 mm                                     |

- Températures de régulation : +10, +20, +30, +40, +50°C



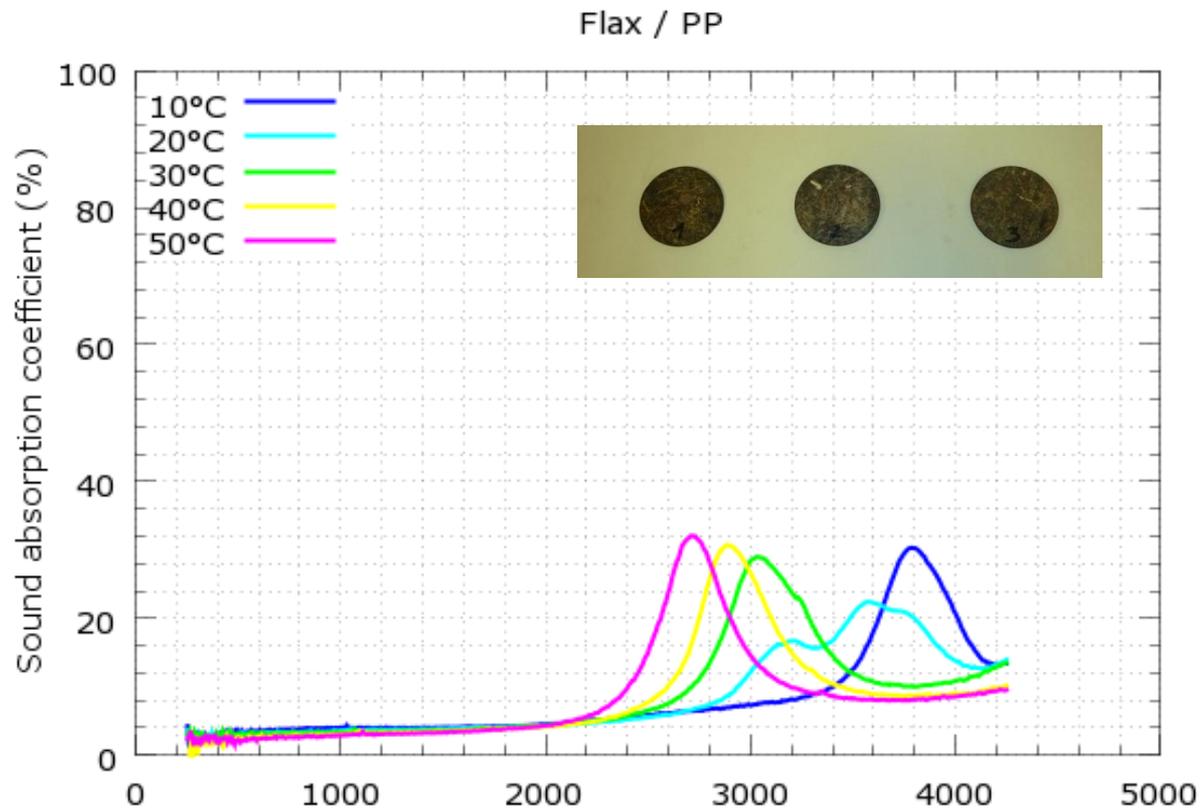
# Résultats en absorption

— PPC



# Résultats en absorption

- Mat de lin/PP (2,4 mm)

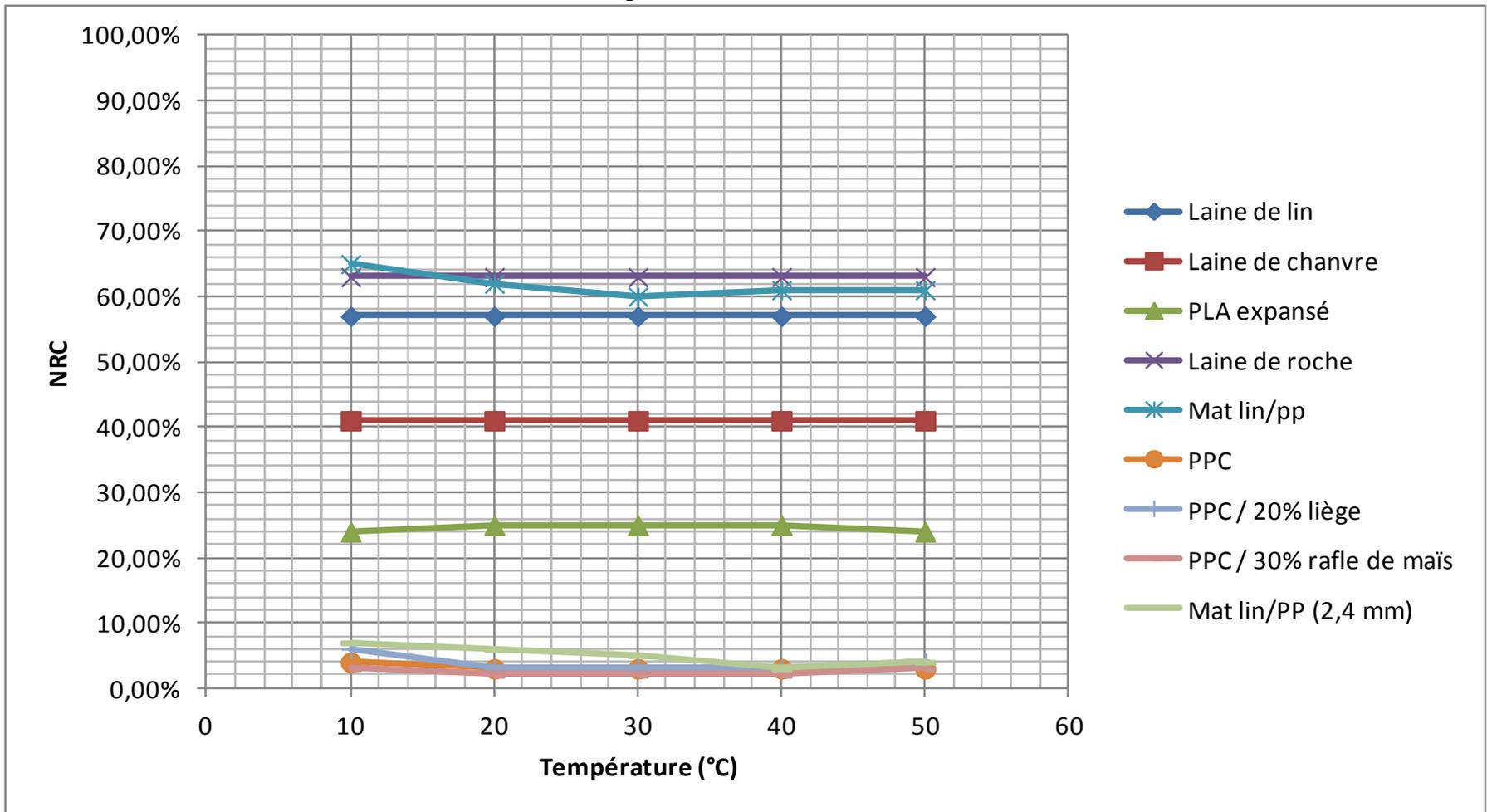


# Synthèse

- Calcul du coefficient de réduction du bruit (NRC) conformément à la norme ASTM C423 : le NRC représente la moyenne mathématique du coefficient d'absorption acoustique mesuré aux fréquences 250, 500, 1000, 2000 et 4000 Hz
- Calcul du NRC pour chaque température entre +10°C et +50°C



# Synthèse



# Tests acoustiques

## – Protocole d'essais en isolation

- Norme

- » Mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique en incidence normale dans un tube d'impédance selon une méthode à trois microphones complémentaire à la norme ASTM E2611-09.
- » La valeur moyenne de l'indice d'affaiblissement est calculée sur l'ensemble des trois échantillons.

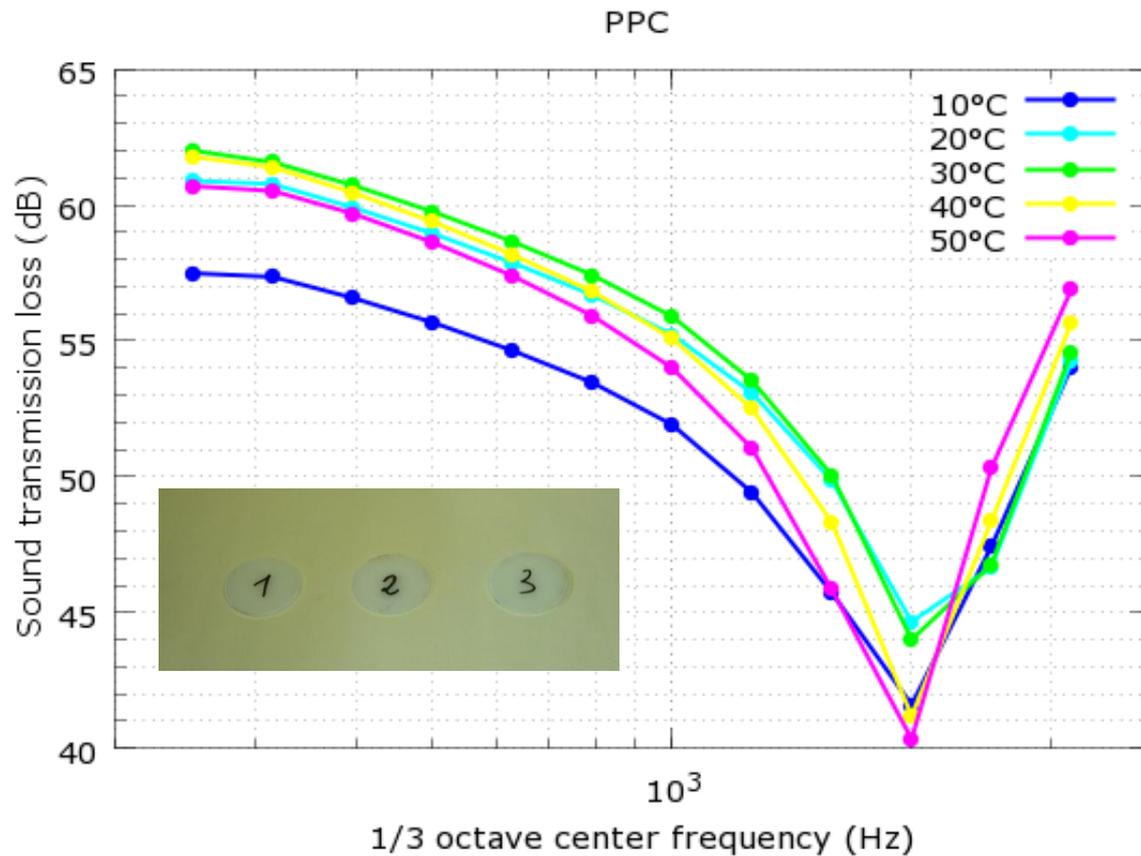
- Caractéristiques du tube d'impédance

| <i>Diamètre intérieur</i> | <i>Fréquence utile inférieure</i> | <i>Fréquence utile supérieure</i> | <i>Distance microphone-échantillon</i> | <i>Cavité en arrière de l'échantillon</i> |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| 44 mm                     | 250 Hz                            | 4250 Hz                           | 50 mm                                  | 30 mm                                     |



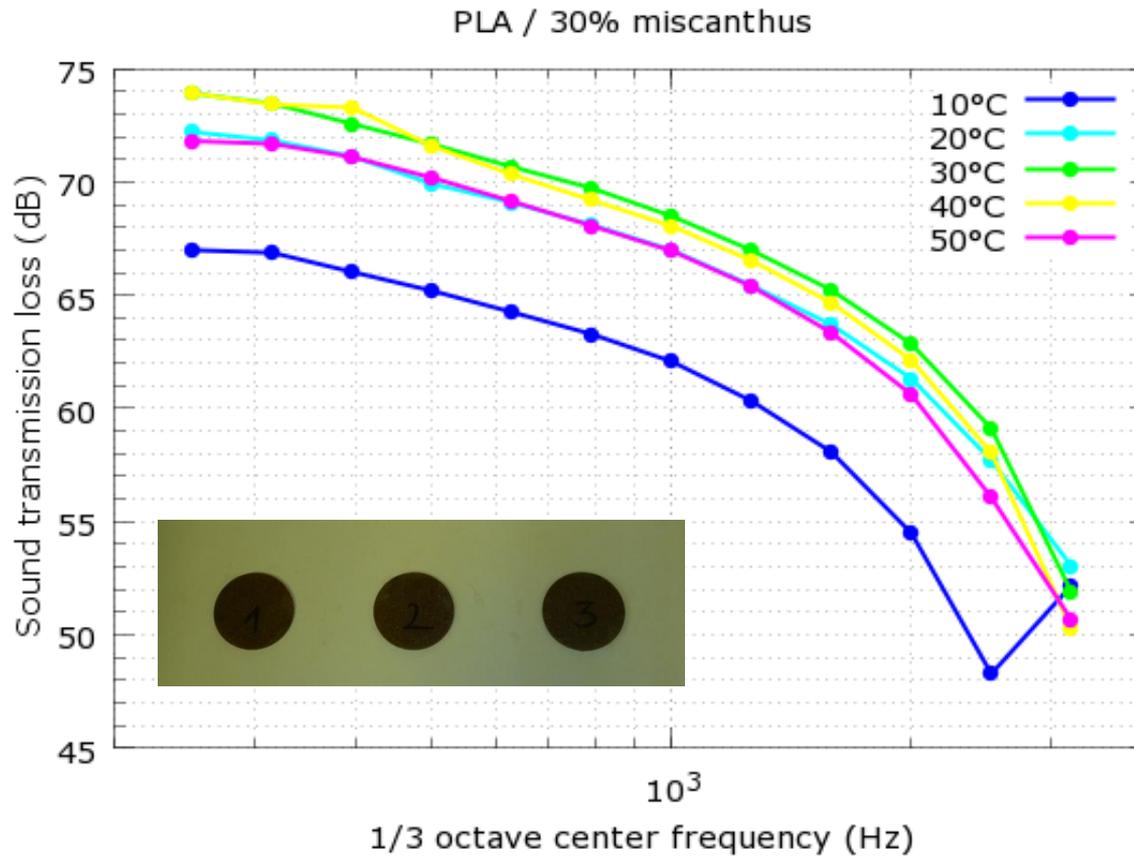
# Résultats en isolation

— PPC



# Résultats en isolation

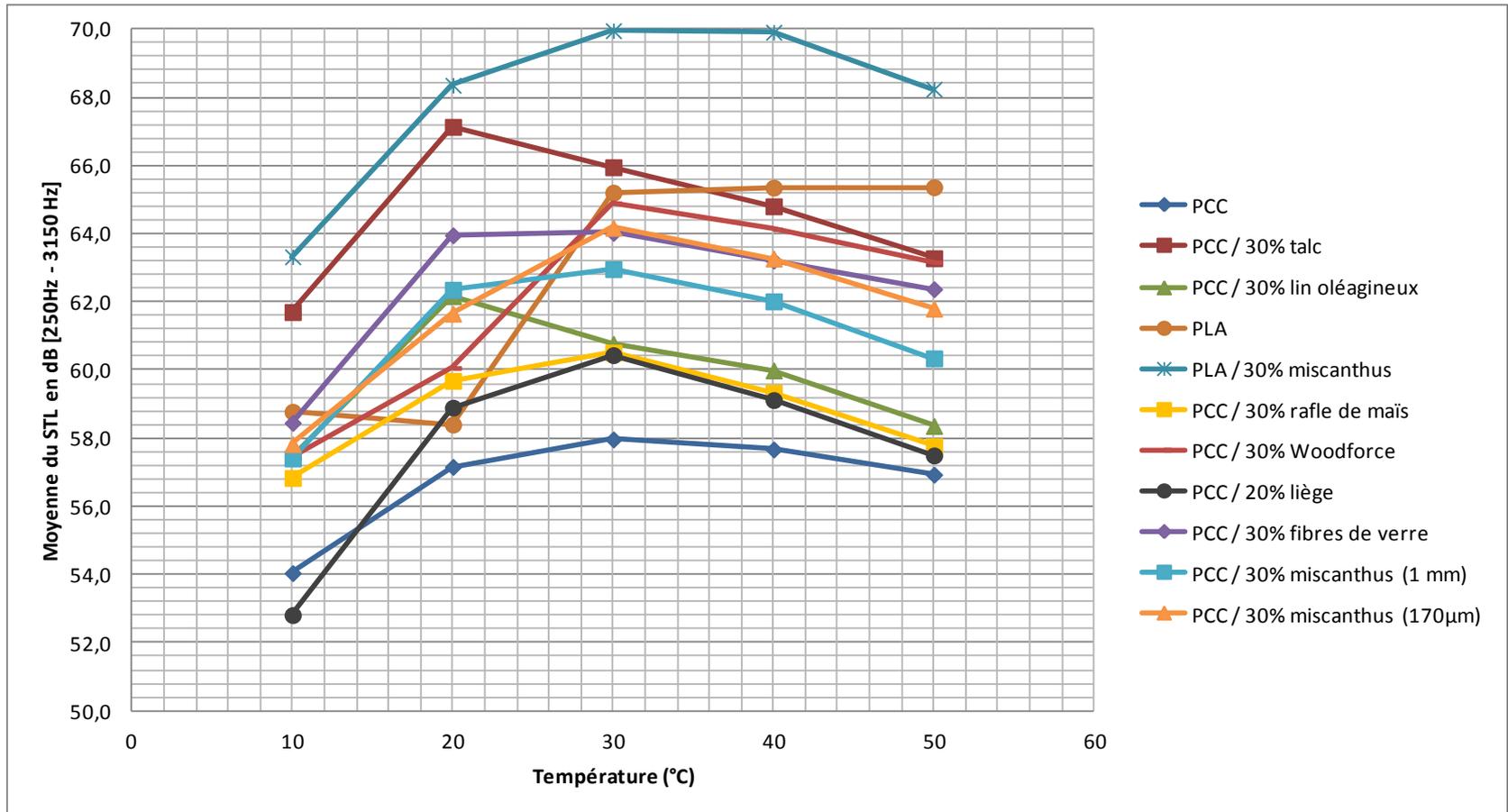
## — PLA / 30% miscanthus



# Synthèse

- Moyenne de l'indice d'affaiblissement déterminée pour chaque température
- La moyenne est calculée pour les bandes de tiers d'octave entre 250 Hz et 3150 Hz

# Synthèse



# Essais DMA

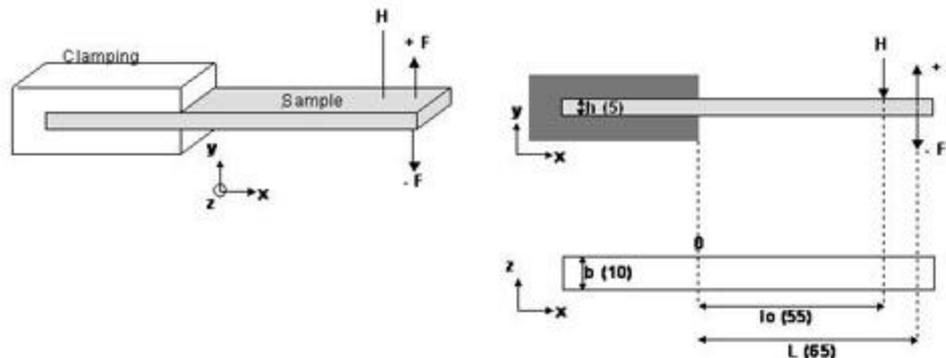
- Mesure des caractéristiques dynamiques (module et amortissement) en flexion pour 7 matières

| Matières                    | Isolation | Absorption | Amortissement |
|-----------------------------|-----------|------------|---------------|
| Matières injectées          |           |            |               |
| PPC                         | X         | X          | X             |
| PPC/30% talc                | X         |            |               |
| PPC/30% fibres de verre     | X         |            | X             |
| PPC/30% miscanthus (1mm)    | X         |            | X             |
| PPC/30% miscanthus (170µm)  | X         |            | X             |
| PPC/20% liège               | X         | X          |               |
| PPC/30% Woodforce           | X         |            |               |
| PPC/30% lin oléagineux      | X         |            | X             |
| PPC/30% rafle de maïs       | X         | X          |               |
| PLA                         | X         |            |               |
| PLA/30% miscanthus          | X         |            |               |
| Matières tissées multiaxial |           |            |               |
| Verre / polyester           |           |            | X             |
| Lin / polyester             |           |            | X             |

# Essais DMA

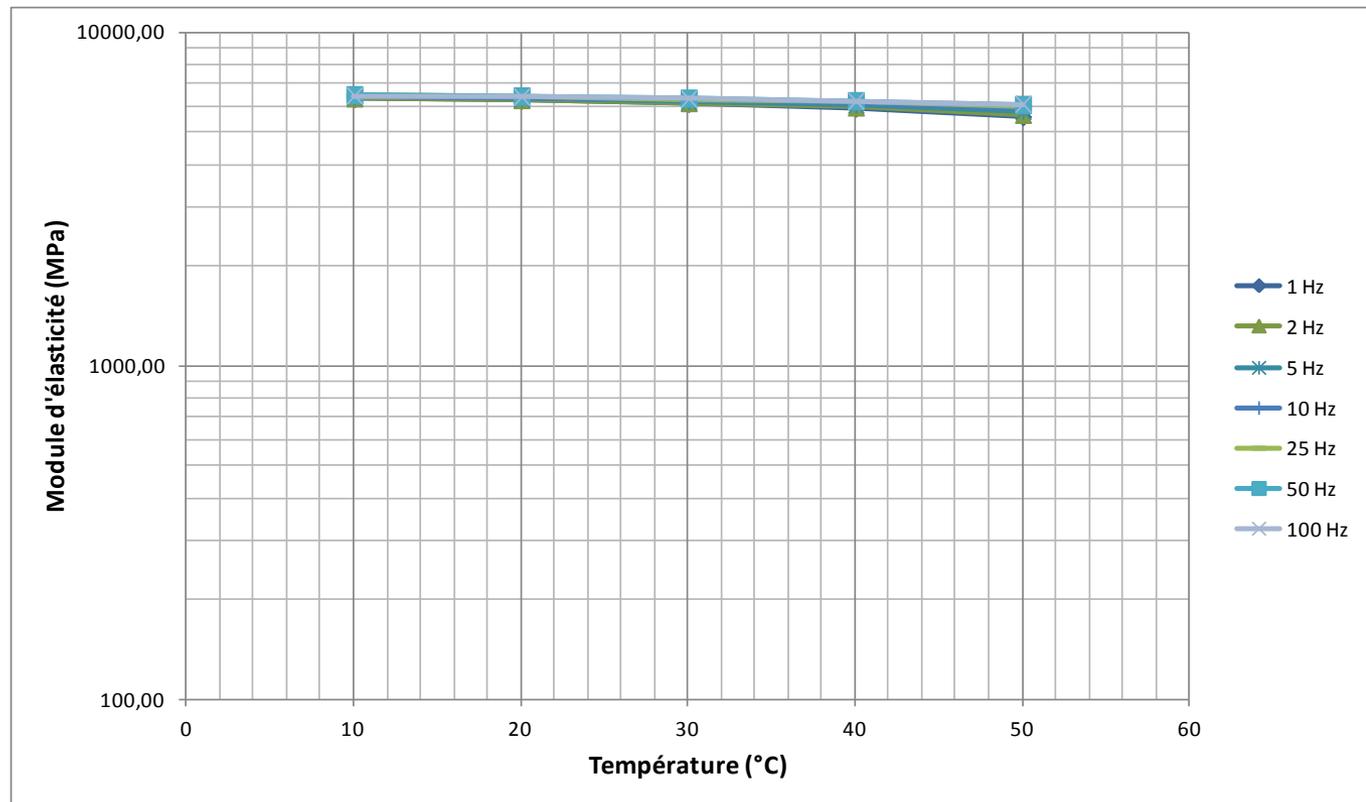
## – Protocole expérimental

- Attachement mors single cantilever
- Déplacement  $15 \mu\text{m}$
- Balayage en température : 10, 20, 30, 40 et  $50^\circ\text{C}$
- A chaque palier de température balayage en fréquence 1, 2, 5, 10, 25, 50, 100 Hz
- Machine DMA Q800 de TA instruments



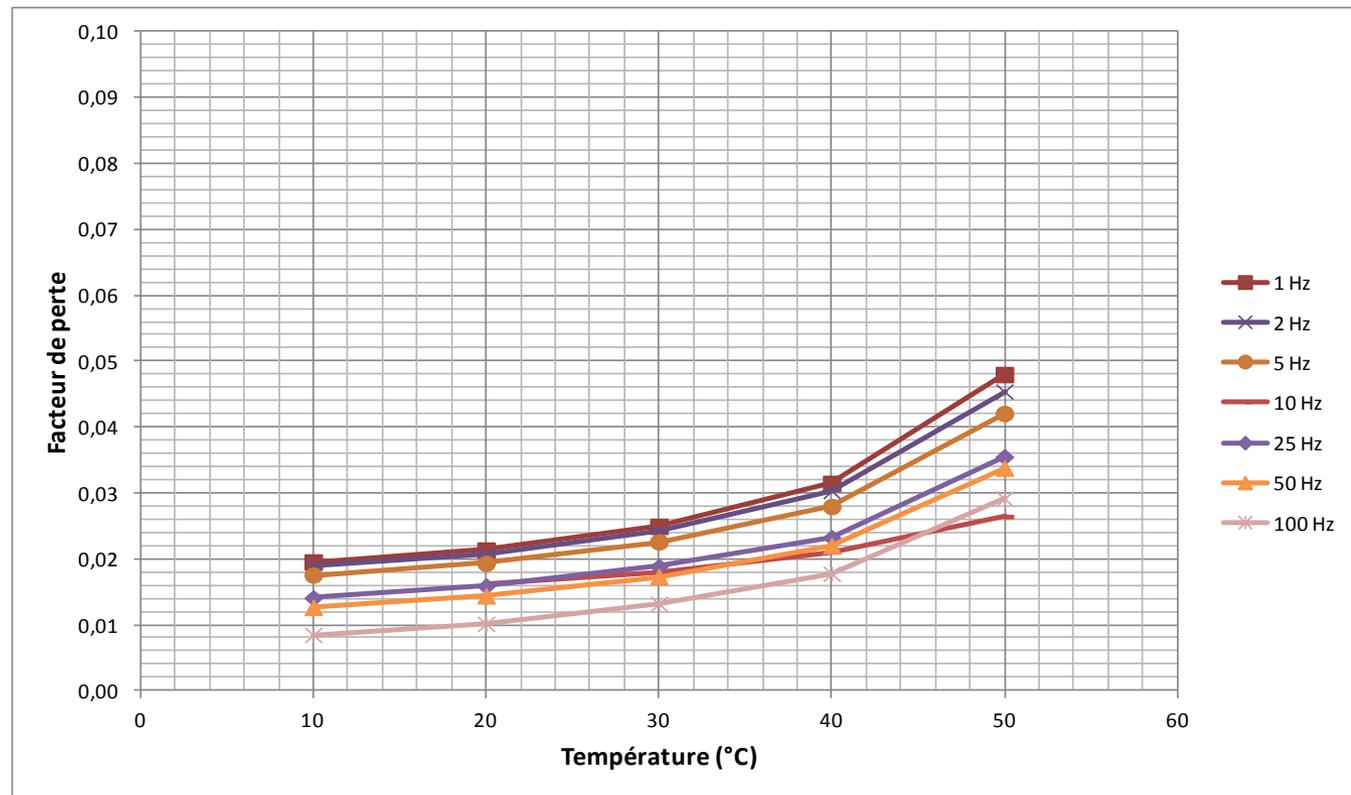
# Résultats DMA

– Tissé multiaxial verre/polyester



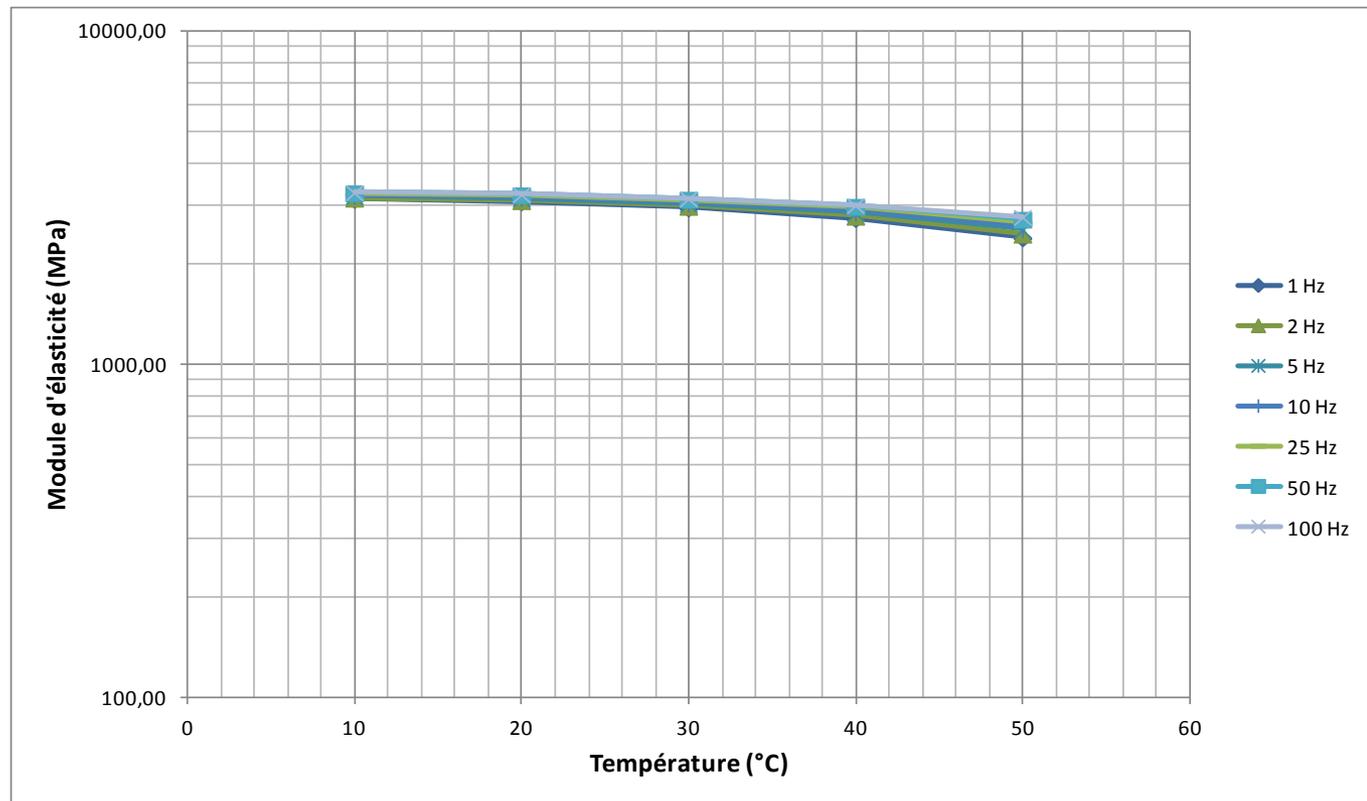
# Résultats DMA

## – Tissé multiaxial verre/polyester



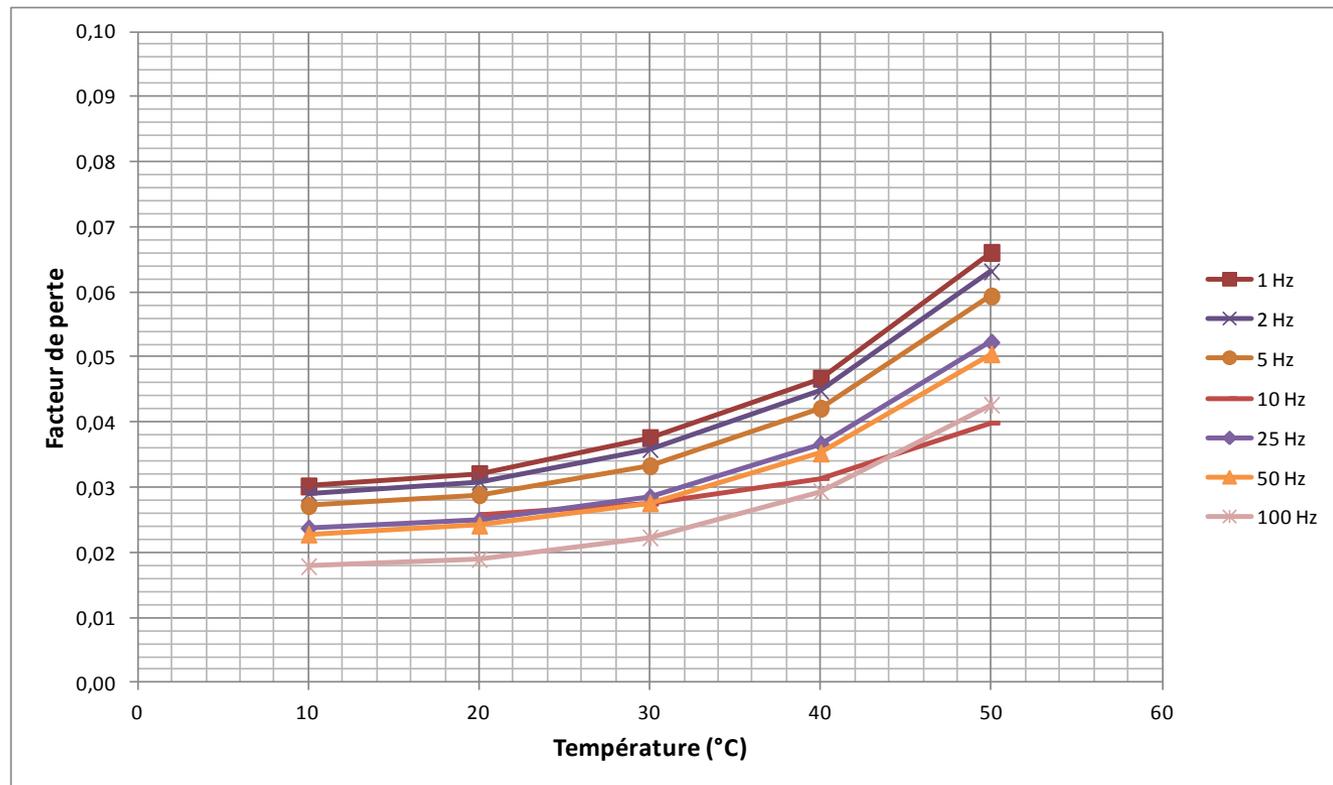
# Résultats DMA

## – Tissé multiaxial lin/polyester



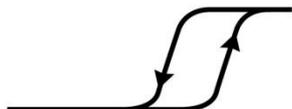
# Résultats DMA

## – Tissé multiaxial lin/polyester

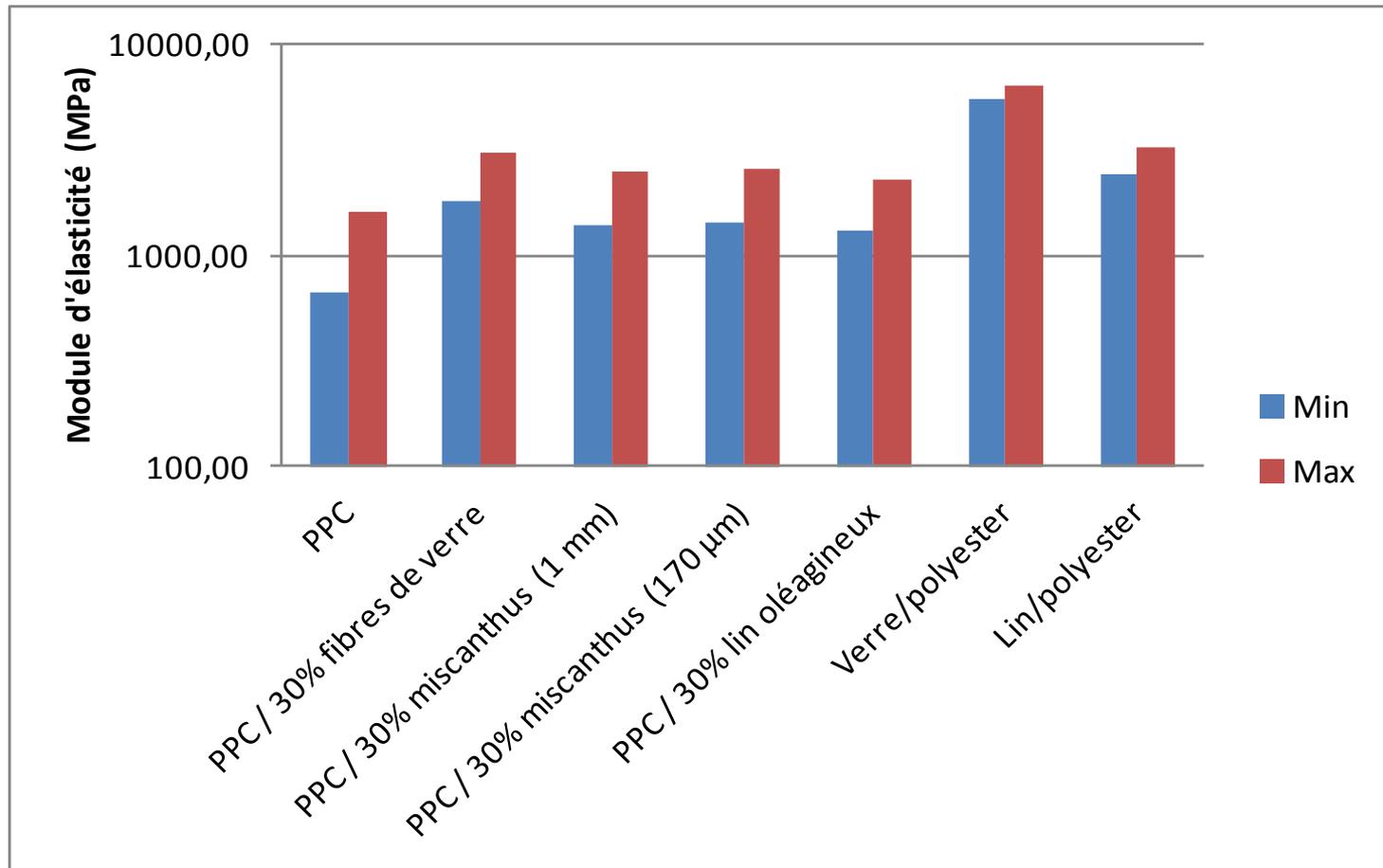


# Synthèse

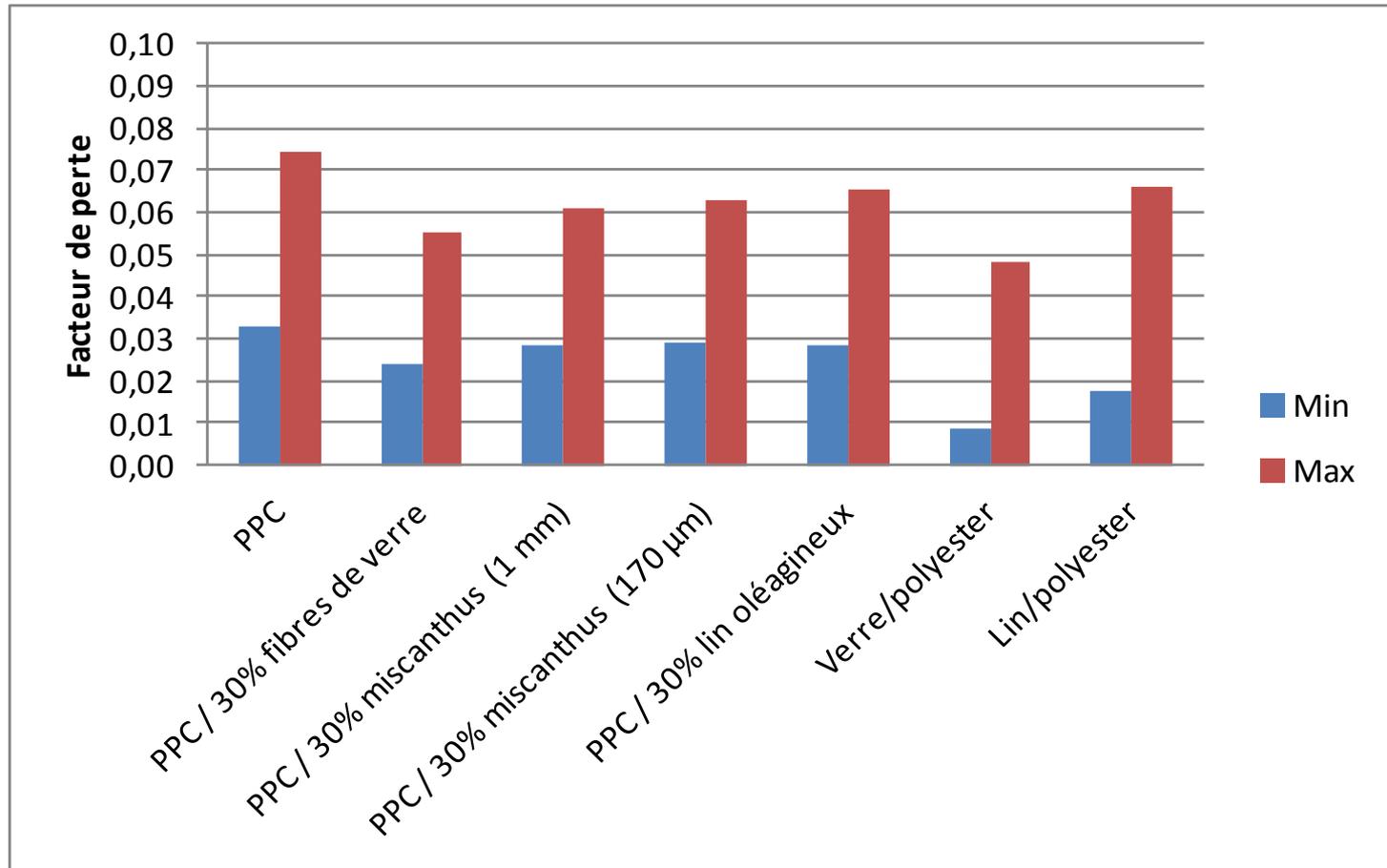
- Détermination de la valeur minimale et de la valeur maximale du module d'élasticité et du facteur de perte sur l'ensemble des fréquences et des températures



# Synthèse



# Synthèse



# Synthèse globale

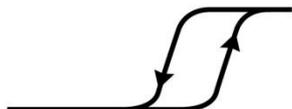
++ : très élevé  
 + : élevé  
 0 : moyen  
 - : faible  
 -- : très faible

| Matières                        | Isolation | Absorption | Amortissement |
|---------------------------------|-----------|------------|---------------|
| Matières injectées              |           |            |               |
| PPC                             | 0         | --         | 0             |
| PPC/30% talc                    | +         |            |               |
| PPC/30% fibres de verre         | +         |            | 0             |
| PPC/30% miscanthus (1mm)        | +         |            | 0             |
| PPC/30% miscanthus (170µm)      | +         |            | 0             |
| PPC/20% liège                   | 0         | --         |               |
| PPC/30% Woodforce               | +         |            |               |
| PPC/30% lin oléagineux          | 0         |            | 0             |
| PPC/30% rafle de maïs           | 0         | --         |               |
| PLA                             | +         |            |               |
| PLA/30% miscanthus              | ++        |            |               |
| Matières tissées multiaxial     |           |            |               |
| Verre / polyester               |           |            | -             |
| Lin / polyester                 |           |            | 0             |
| Autres process de mise en œuvre |           |            |               |
| Laine de lin                    |           | ++         |               |
| Laine de chanvre                |           | +          |               |
| PLA expansé                     |           | 0          |               |
| Laine de roche                  |           | ++         |               |
| Mat de lin/PP                   |           | ++         |               |
| Mat de lin/PP compressé         |           | -          |               |



# Conclusions

- Le projet AgrodB a permis de quantifier précisément les performances acoustiques et vibratoires de plusieurs matériaux partiellement ou totalement agro-sourcés
- Absorption acoustique
  - Laine de lin et mat de lin/PP au niveau de la laine de roche
  - Laine de chanvre également un bon absorbant



# Conclusions

## – Isolation acoustique

- Charges miscanthus et Woodforce permettent d'augmenter le pouvoir isolant comme les charges talc ou fibres de verre
- PLA / 30% miscanthus est le meilleur isolant du panel de matériaux testés

## – Amortissement

- Pas d'apport d'amortissement des fibres naturelles comme charges du PPC
- Composite avec fibres de lin plus amorti qu'avec fibres

de verre



# Perspectives

- Diffusion et enrichissement de la base de données
- Certification / affichage des performances acoustiques

## Gamme **Isonat végétal**

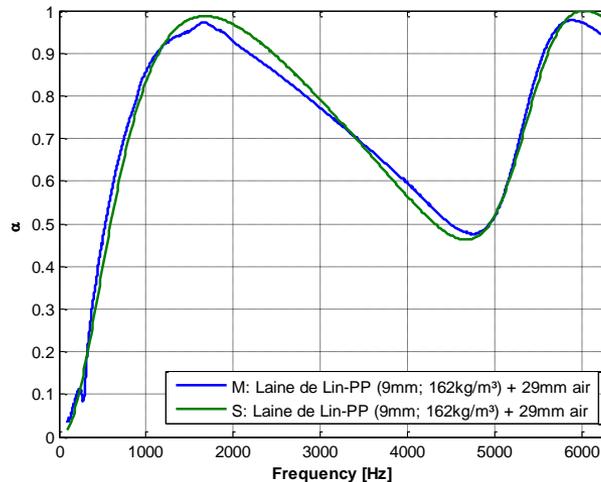
CSTB MUR N° 20/08-128  
CSTB TOITURE N° 20/08-129  
ACERMI 09/116/590

|                                                                                     | Épaisseur (mm) | Largeur (cm) | Longueur (cm) | Surface (m <sup>2</sup> ) | Résistance thermique (m <sup>2</sup> .K/W) |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|---------------|---------------------------|--------------------------------------------|
|    | 120            | 60           | 120           | 0,72                      | 2,90                                       |
|                                                                                     | 100            | 60           | 120           | 0,72                      | 2,40                                       |
|                                                                                     | 80             | 60           | 120           | 0,72                      | 1,95                                       |
|                                                                                     | 45             | 60           | 120           | 0,72                      | 1,10                                       |
|  | 100            | 60           | 500           | 3,00                      | 2,40                                       |
|                                                                                     | 80             | 60           | 700           | 4,20                      | 1,95                                       |

# Perspectives

## – Conception / simulation

- Modélisation vibro-acoustique des matériaux poreux



| Laine de Lin-PP 162kg/m³            |        |
|-------------------------------------|--------|
| Thickness [mm]                      | 8.7    |
| Airflow-resistivity [Ns/m⁴]         | 62198  |
| Porosity                            | 0.85   |
| Tortuosity                          | 1      |
| Viscous characteristic Lengths [µm] | 21     |
| Thermal characteristic Lengths [µm] | 32     |
| Density [kg/m³]                     | 162    |
| Young's Modulus [Pa]                | 120229 |
| Loss factor                         | 0.31   |
| Poisson ratio                       | 0.05   |

- Prototypage virtuel de solutions

