

### Introduction

« La manufacture des Gobelins est jusqu'à présent la première de cette espèce qu'il y ait au monde ; la quantité d'ouvrages qui en sont sortis (...) [est] incroyable. (...) Rien n'égale surtout la beauté de ces tapisseries. »

Ce sont en ces mots que Diderot et D'Alembert décrivent en 1762 l'importance des tapisseries en France. En effet, les œuvres textiles sont omniprésentes dans les collections des musées et monuments historiques.

Cependant, les œuvres en fibres naturelles sont fragiles et difficiles à conserver. Les effets de la lumière et du microclimat sont déjà étudiés, mais pas ceux des **polluants atmosphériques** (gaz et particules), pourtant ciblés par les conservateurs comme dangereux pour les collections.

### Objectifs

Cette **étude des mécanismes de dégradation des textiles en environnement intérieur** se propose, par un travail à la fois en **laboratoire** et sur le **terrain**, de :

1. Quantifier les dommages et identifier les agents d'altération
2. Mettre en évidence les mécanismes de dégradation des textiles

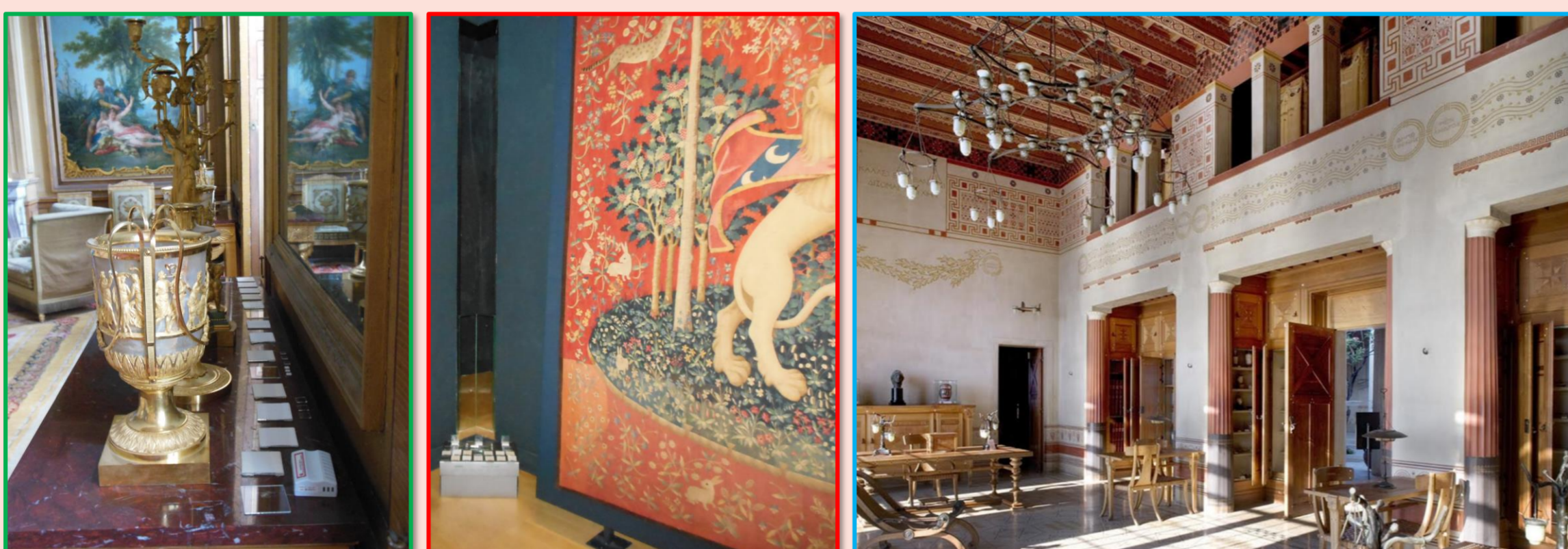
Pour cela, un suivi de l'**évolution du dépôt** de particules et de la **dégradation du substrat** lors du vieillissement est nécessaire afin de cibler le rôle du dépôt dans l'altération.

## Démarche analytique

### Environnements

Choix de monuments à signatures environnementales contrastées : **Château de Fontainebleau** (semi-rural), **Musée National du Moyen-Âge** (Paris, urbain), **Villa Kérylos** (Beaulieu-sur-Mer, marin).

Caractérisation précise des environnements des trois sites : morphochimie et concentration des **aérosols** et **particules déposées**, principaux **polluants gazeux** ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_x$ , COV), **microclimat**.



### Choix des matériaux

#### Evolution du dépôt seul

Matériau inerte vis-à-vis du dépôt : **verre** (faible réactivité chimique avec les particules déposées)

Verre Planilux®

#### Dégradation du substrat

Matériaux modèles : **fibres naturelles** les plus courantes dans le patrimoine (Tissus normés pour garantir la fiabilité)

Laine, coton et soie  
ISO 105 F01, F02 et F06

### Altération

#### 1. Dépôt sur textiles et verres

##### Artificiel (CIME)

- Terrigène : calcite + argiles
- Marin : halite
- Anthropique : suies + mascagnite
- Mélange (MEB ci-dessous)

##### Naturel (in-situ)

- Coupons exposés sur site
- Poussière « réelle »

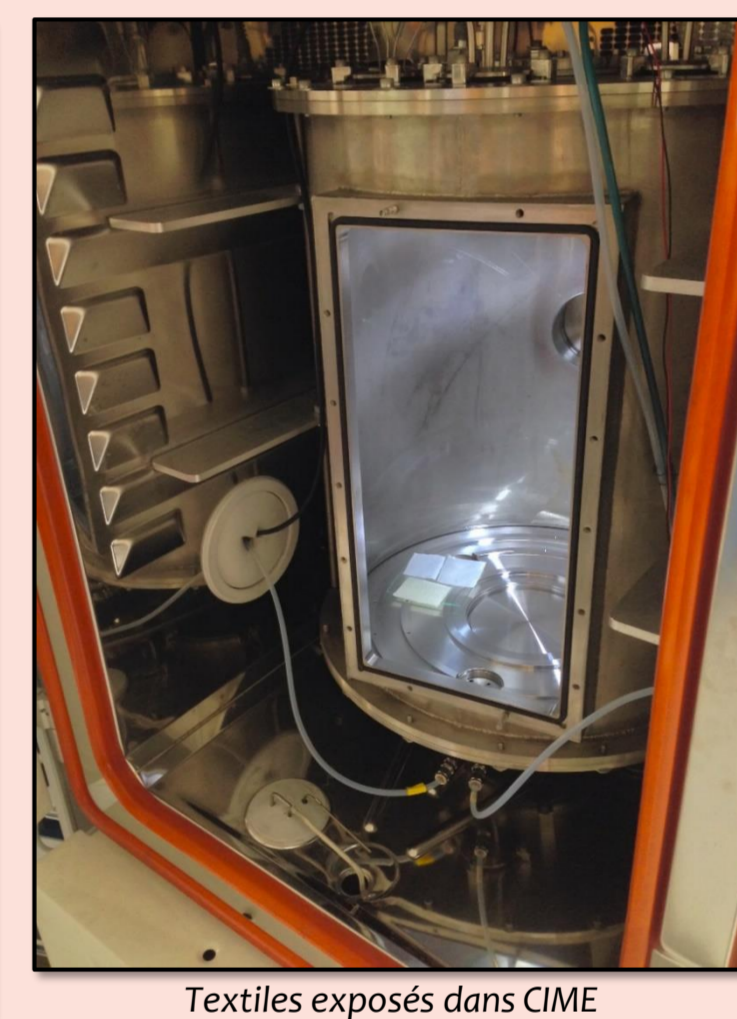
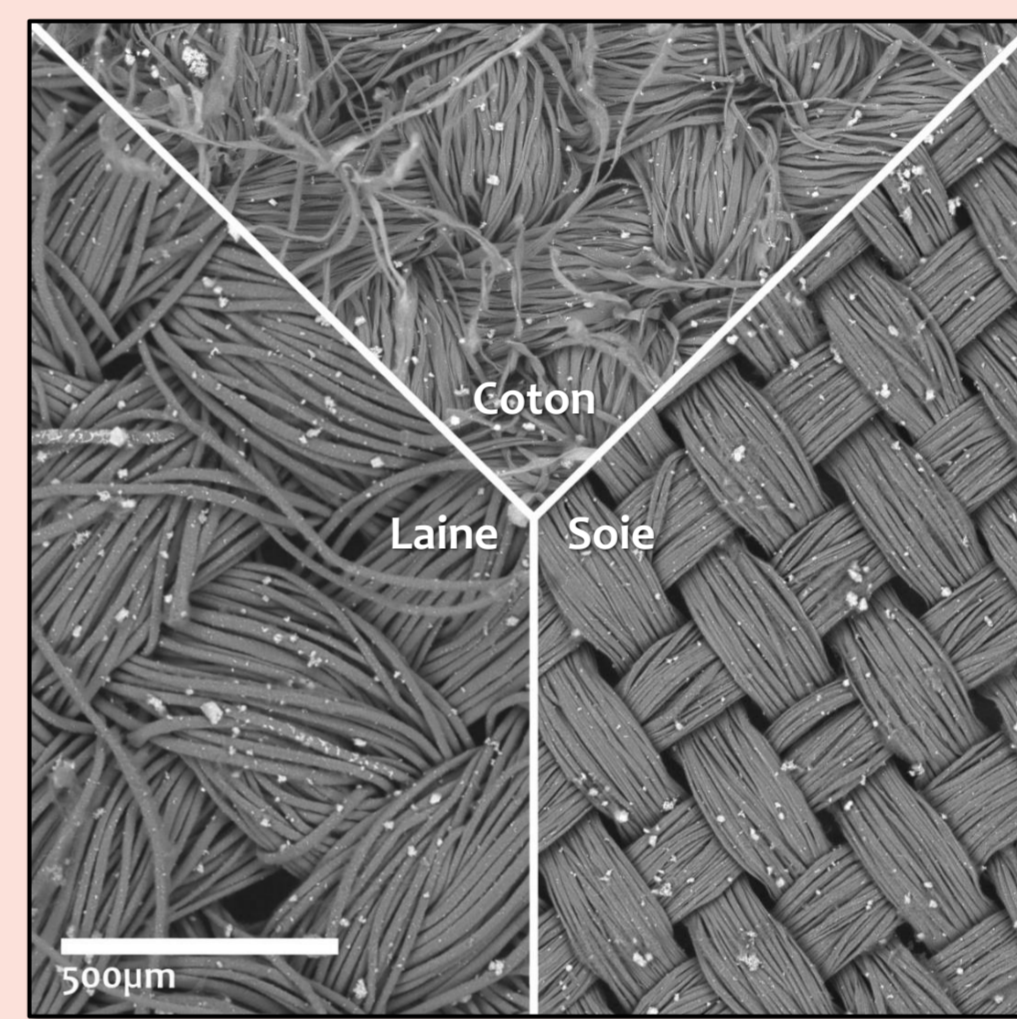
#### 2. Vieillessement des substrats

##### Artificiel (CIME)

Vieillessement par **gaz**  
→ Mise en évidence des **mécanismes de dégradation** des textiles empoussiérés par les polluants gazeux

##### Naturel (in-situ)

Comparaison simulation / conditions réelles



Textiles exposés dans CIME

### Identification des zones préférentielles de dégradation

MEB-EDX et MEB-Raman : méthodes **résolues spatialement**, nécessaires pour cibler les zones préférentielles de dégradation et l'évolution du dépôt.

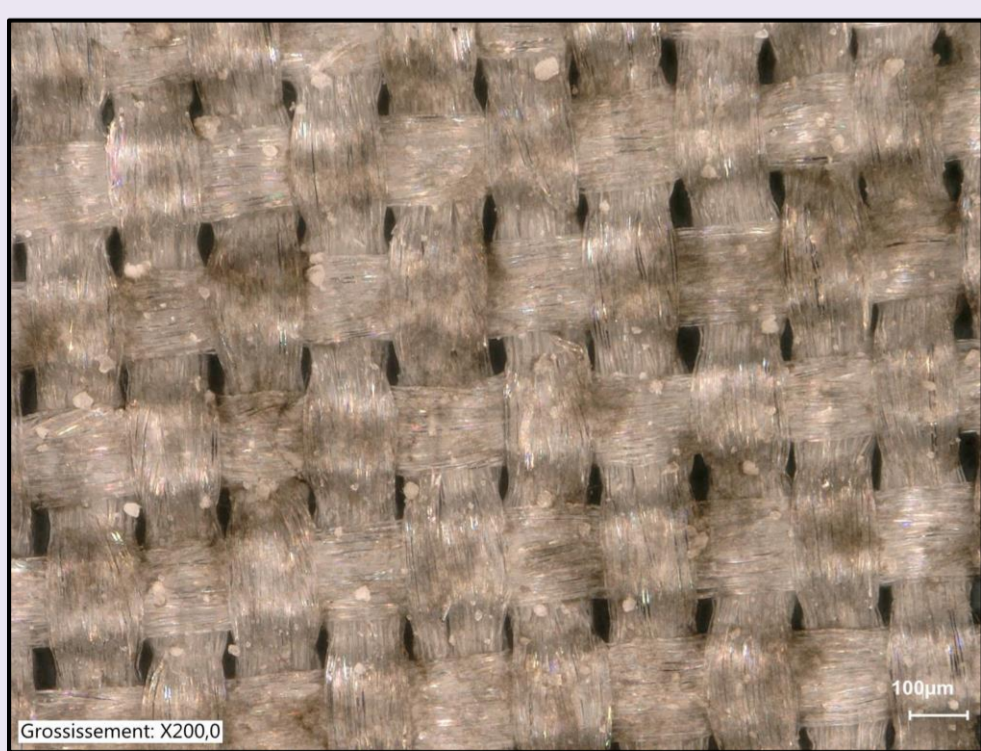
### Suivi de l'altération structurale des textiles

IRTF-ATR et  $\mu$ -Raman : méthodes spectroscopiques **non destructives**, s'adaptant à tous les substrats.

## Premiers résultats

### Dépôts en chambre atmosphérique

Les textiles ont été artificiellement empoussiérés puis vieillissés dans CIME. L'état avant vieillissement a été caractérisé au **microscope 3D**, en **ATR-IRTF** et  **$\mu$ -Raman**.

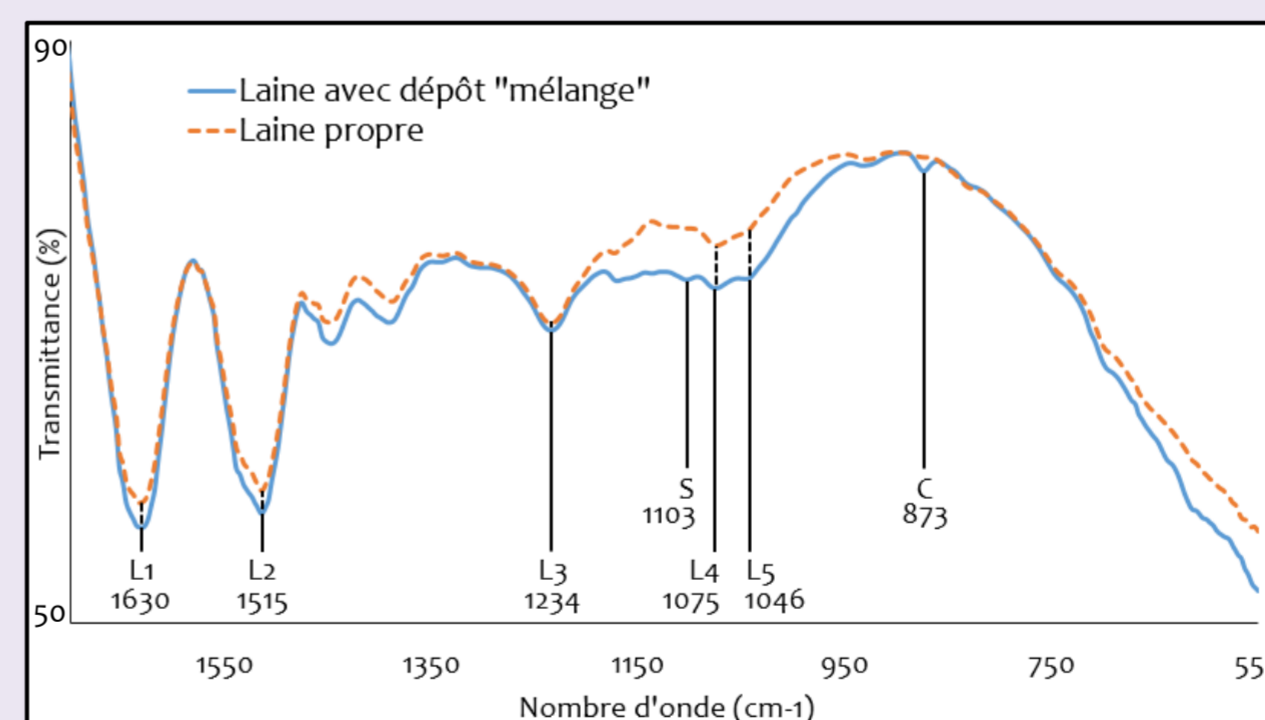


Comportements différents des textiles vis-à-vis des particules :

- **Soie** (cf ci-contre) : dépôt en surface
- **Coton et laine** : pénétration entre les fibres

Halite et argiles particules fines	Répartition autour des fibres Pénétration entre les mailles du tissage (limitée pour la soie)
Calcite particules grossières	Dépôt préférentiel dans les creux du tissage
Suies	Dépôt en fin tapis (coton et laine : préférentiellement sur la pilosité)

Dépôt « mélange » sur soie : terrigènes, suies, mascagnite et halite (Microscope 3D, LRMH)



Spectres IRTF-ATR : laine propre et laine avec dépôt « mélange »

**Pics caractéristiques de la laine :**  
L1 – Amide I  
L2 – Amide II  
L3 – Amide III  
L4 – Monoxyde de cystine  
L5 – Acide cystéique

#### Pic lié à la présence de calcite :

C – Déformation  $\text{CO}_3^{2-}$

#### Pic lié à la présence de mascagnite :

S – Etirement asymétrique  $\text{SO}_4^{2-}$

### Analyses structurales

Enregistrement des spectres des textiles **empoussiérés mais non vieillissés** en IRTF-ATR et  $\mu$ -Raman.

➤ Identification des **pics caractéristiques** des substrats et des dépôts :

- Pics spécifiques des **protéines** pour la **soie** et la **laine** (amides I, II et III)
- Spectre de la **cellulose** pour le coton
- Signature marquée pour la **calcite** et la **mascagnite** → facilement identifiables en IRTF
- Pas de signe d'altération structurale des textiles à ce stade

## Conclusion

### Bilan actuel

Les coupons sont exposés sur tous les sites : **Salon Vert des Petits Appartements** à Fontainebleau, **salle de la Tenture de la Dame à la Licorne** au Musée de Cluny, **mezzanine de la bibliothèque** à Kérylos. Les analyses environnementales sont en cours.

Les premières **altérations en laboratoire** (CIME) ont été réalisées et sont en cours d'analyse.



### Prochains résultats

Les **textiles empoussiérés sur site** seront prélevés après quelques mois d'exposition avant d'être analysés puis également soumis à un vieillissement accéléré dans CIME ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ). Restera alors à analyser les **COV** en présence et en étudier le rôle dans la dégradation des textiles.

Les retombées pratiques de cette étude seront la définition d'un **taux d'empoussièrment tolérable** d'une salle et la proposition de solutions pour la **réduction de l'impact des dépôts de particules altérantes**.