



**IMT Atlantique**

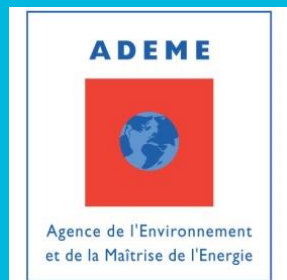
Bretagne-Pays de la Loire  
École Mines-Télécom



**IMT Nord Europe**

École Mines-Télécom  
IMT-Université de Lille

# Méthodologie pour l'étude de la résistance au développement de microorganismes sur des matériaux d'isolation bio-sourcés et conventionnels utilisés dans la rénovation de bâtiments



Ana Maria TOBON MONROY, Nadine LOCOGE, Yves ANDRES

[Yves.andres@imt-atlantique.fr](mailto:Yves.andres@imt-atlantique.fr)

18/02/2020

# I. Contexte et état de l'art



Bâtiment

47% consommation énergétique totale (2016)

→ Secteur le plus gros consommateur en énergie



Transition énergétique et environnementale



## LE GRENELLE ENVIRONNEMENT (2007)

Réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments anciens de **38 %** en 2020 par rapport au niveau de 2008.

Application de la norme **Bâtiment Basse Consommation** (moins de 50kWh/m<sup>2</sup>/an) à toutes les nouvelles constructions à partir de 2017.



## LOI DE LA TRANSITION ENERGETIQUE POUR LA CROISSANCE VERTE (2015)

Mieux **rénover** les bâtiments pour **économiser l'énergie**, faire baisser les factures et créer des emplois.

# I. Contexte et état de l'art



Les personnes passent entre 70 et 90% de leur temps dans des espaces clos



## PLAN NATIONAL SANTÉ ENVIRONNEMENT II (2009-2013) ET III (2015-2019)

Système de ventilation performant

Utilisation de matériaux de construction faiblement émissifs

**Santé Environnement**  
3<sup>e</sup> PLAN NATIONAL 2015 > 2019



Alternative intéressante: matériaux de construction **bio-sourcés**

# I. Contexte et état de l'art

## Les matériaux bio-sourcés: définition

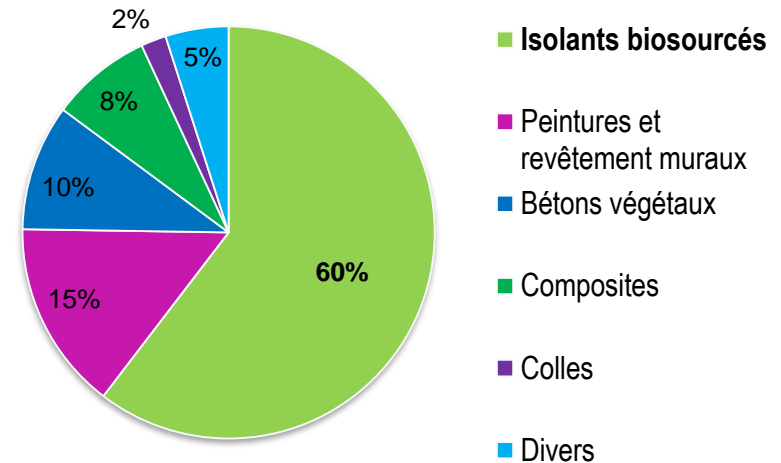
« Les matériaux de construction ou les produits de construction et de décoration comprenant une quantité de matière bio-sourcée ».

« La matière bio-sourcée est issue de la biomasse végétale ou animale pouvant être utilisée comme matière première ».

Arrêté du 19 décembre 2012



## Dans le bâtiment...



Recensement des produits bio-sourcés disponibles sur le marché français destinés à la construction et rénovation des bâtiments (D'après DG et al., 2016)

## Isolants bio-sourcés

Environ 5% de part de marché face au non bio-sourcés (ADEME, 2017)

Avantage: comportement hygroscopique  
→ régulation de l'humidité

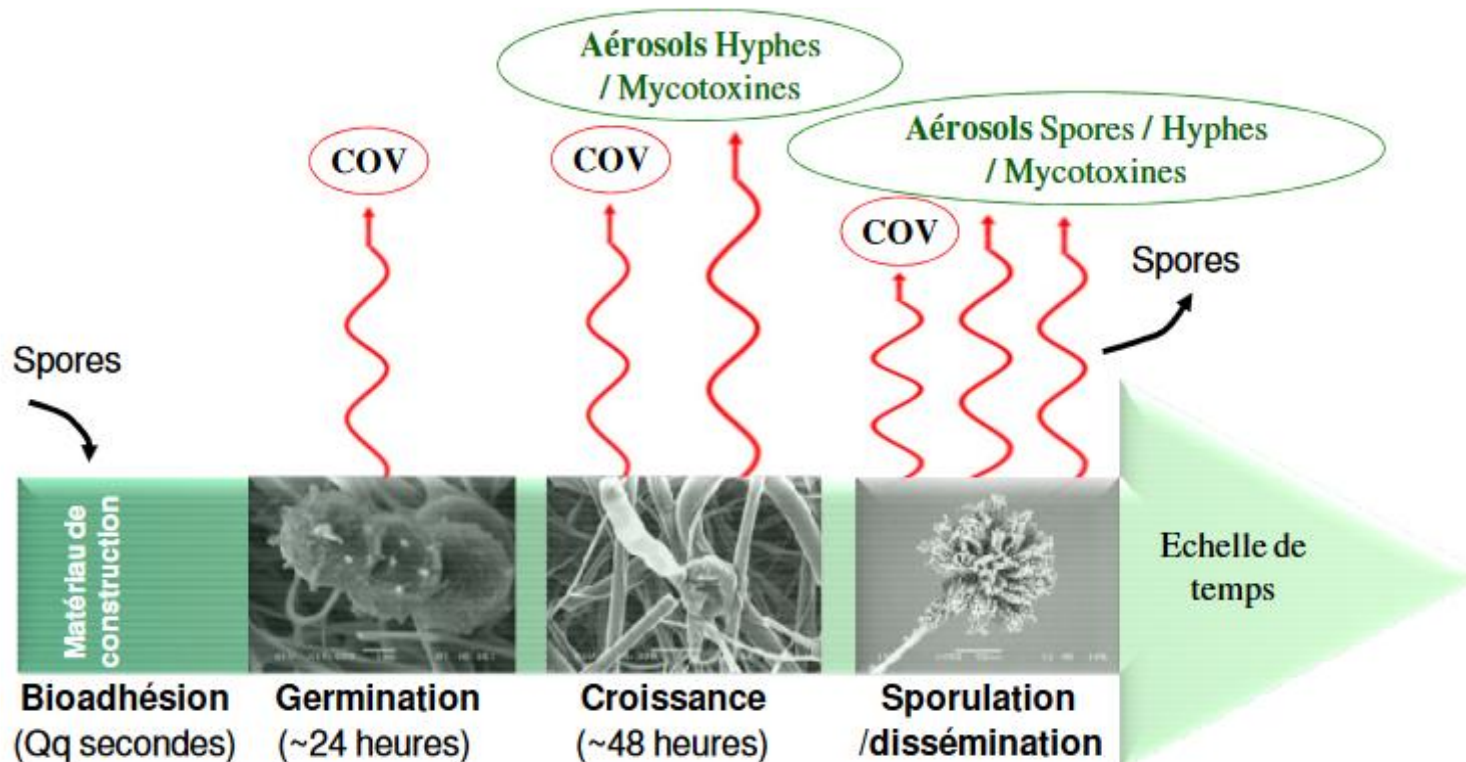


# I. Contexte et état de l'art

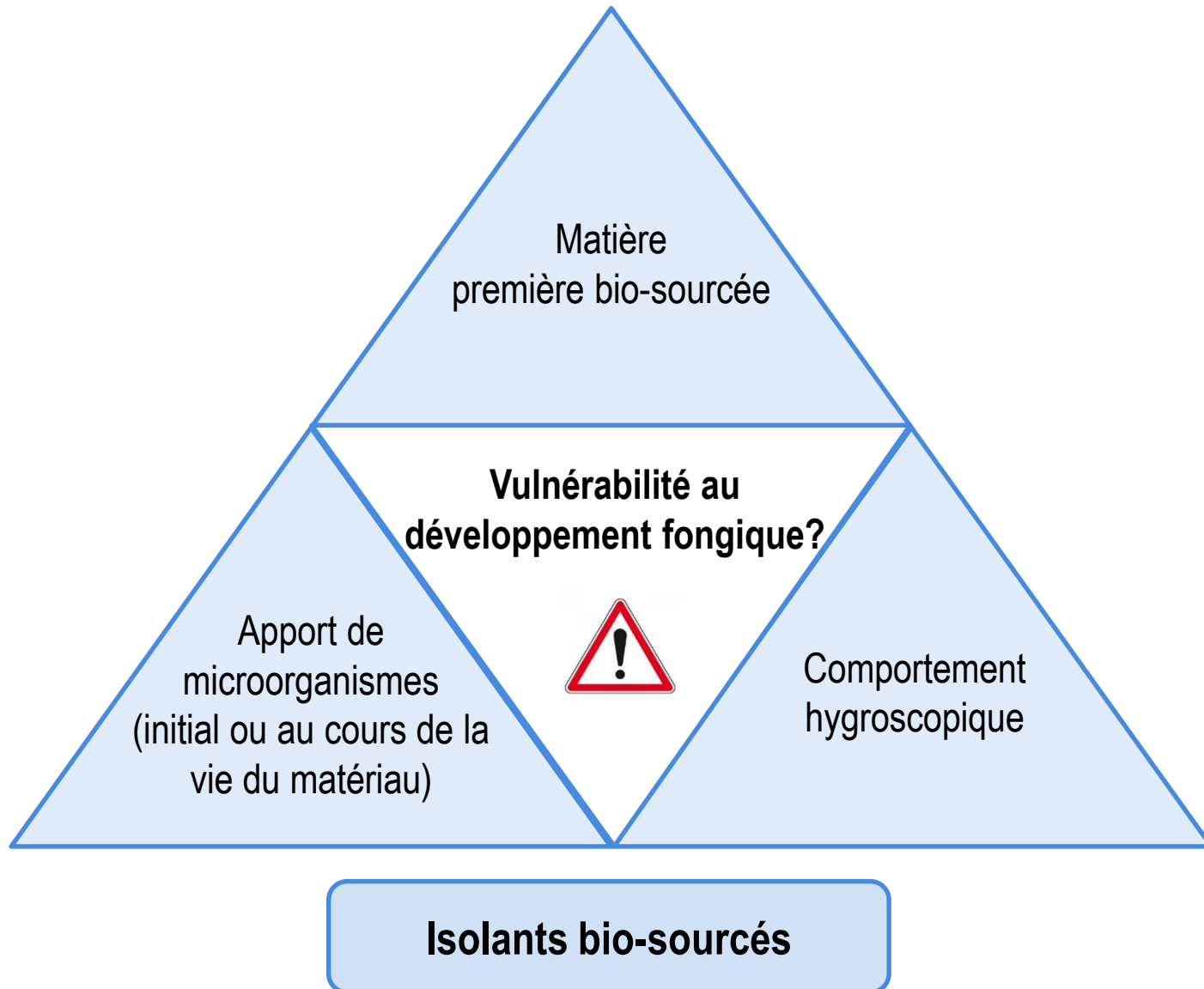
Syndrome du Bâtiment  
Malsain (**Sick Building  
Syndrome**)

*Moisissures*

Augmentation des pathologies respiratoires et  
allergiques (WHO, 2009; ANSES 2016)



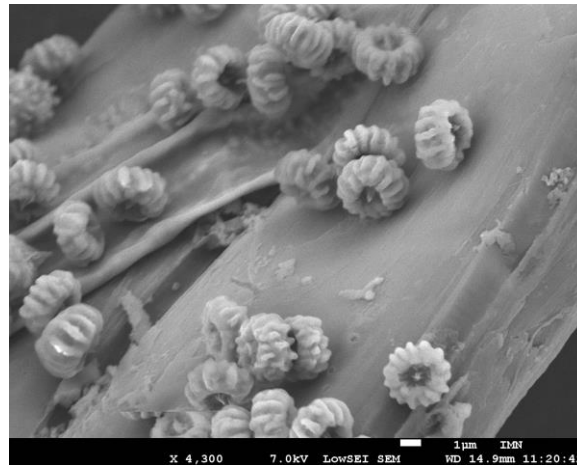
# I. Contexte et état de l'art



## II. Objectifs et démarche scientifique

### 1. Les matériaux bio-sourcés permettent-ils le développement de microorganismes?

- Mettre au point un dispositif (système expérimental et protocole) permettant de tester le développement de micro-organismes sur différents matériaux et de caractériser la reproductibilité de ce développement.
- Comparer deux méthodes d'essai sélectionnées de la littérature pour évaluer la résistance des matériaux bio-sourcés au développement fongique.



### III. Matériaux étudiés

Matériau	Isolants bio-sourcés				Isolant minéral	
	Isolant A		Isolant B		Isolant C	
Composition (% massique)	Fibre de bois	90	Fibre de bois	50	Laine de verre	95
	Fibres textiles (Polyester-recyclé)	10	Laine de verre	40		
	Traitement ignifuge (sel minéral azoté)	*	Liant (polyester bi-composant)	8,7	Liant à base d'acrylique	5
			Traitement Préventif Anticryptogamique (2-Octyl-3(2H)- isothiazolinone )	1,3		
Résistance aux moisissures	Valeur non déterminée		Aucune croissance fongique détectée selon la NF EN 15101-1		Valeur non déterminée	
Niveau d'émission de substances volatiles dans l'air intérieur	A		A+		A+	

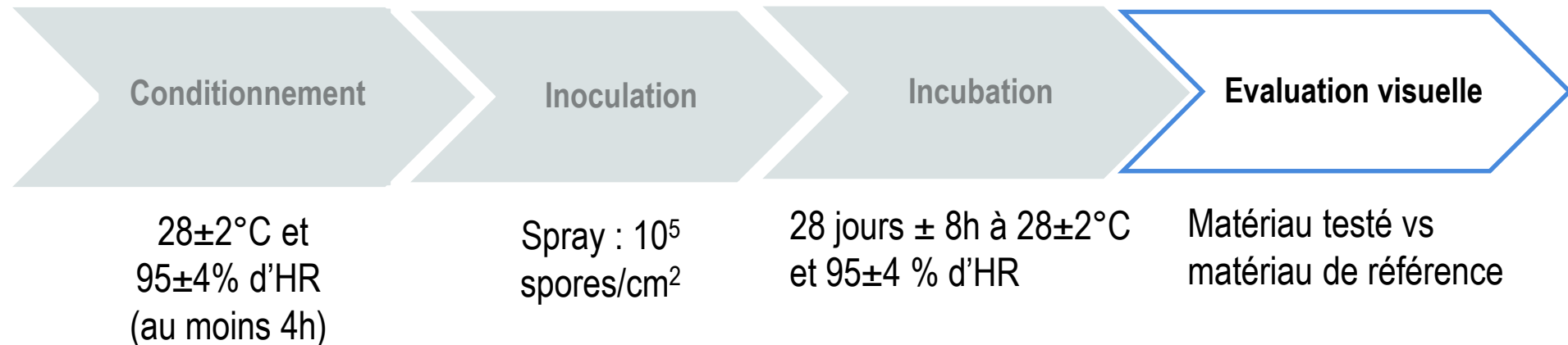




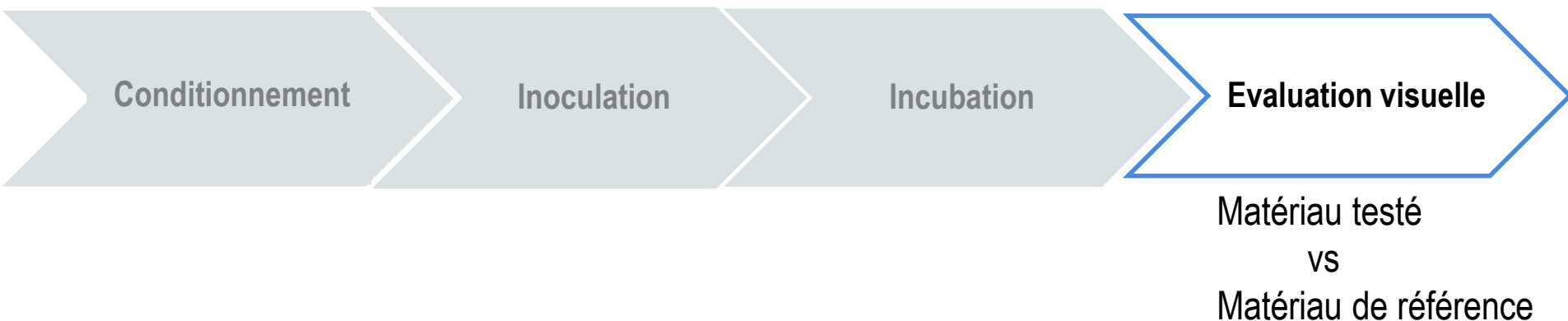
# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## Normalisation (France)

- **Norme NF EN 15101 (2014) Annulée le 19/07/2019:** Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment – Isolation thermique formée en place à base de cellulose (LFCI) – Partie 1: Spécification des produits en vrac avant la mise en œuvre.  
**Annexe F:** Méthode de détermination de la résistance aux moisissures



# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures



Classe BA	Intensité de la croissance par rapport au matériau de comparaison
0	Aucune moisissure visible à la surface de l'éprouvette examinée au microscope à lumière réfléchie avec un grossissement de 50
1	Croissance de moisissures invisible ou à peine visible à l'œil nu, mais nettement visible avec un grossissement de 50
2	Moisissures clairement visibles à l'œil nu - croissance nettement inférieure au matériau de comparaison
3	Moisissures clairement visibles à l'œil nu - croissance égale ou plus intense que sur le matériau de comparaison

## Normalisation (France)

- **Norme EN 15101 (2014) : Annulée le 19/07/2019**

- **Autres travaux:**

Le Bayon et al. (2015): développement d'une nouvelle méthode (évaluation quantitative)

Lamoulié (2016): Deux classes d'emploi (sèche et humide) et donc deux conditions d'HR =  $95 \pm 4 \%$   
et  $85 \pm 4 \%$

CSTB (2018): Protocole d'évaluation dans le cadre d'un Avis Technique (compléments pour l'évaluation visuelle et quantitative)

- **Remplacée par NF EN 15101-1+A1** : Modification concernant l'évaluation de la croissance fongique sur les éprouvettes

# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

Dans le cadre de cette thèse

➔ Evaluation de la résistance des matériaux étudiés au développement de moisissures



Souche fongique: *Aspergillus niger* var *ficuum* ou var *phoenicis*



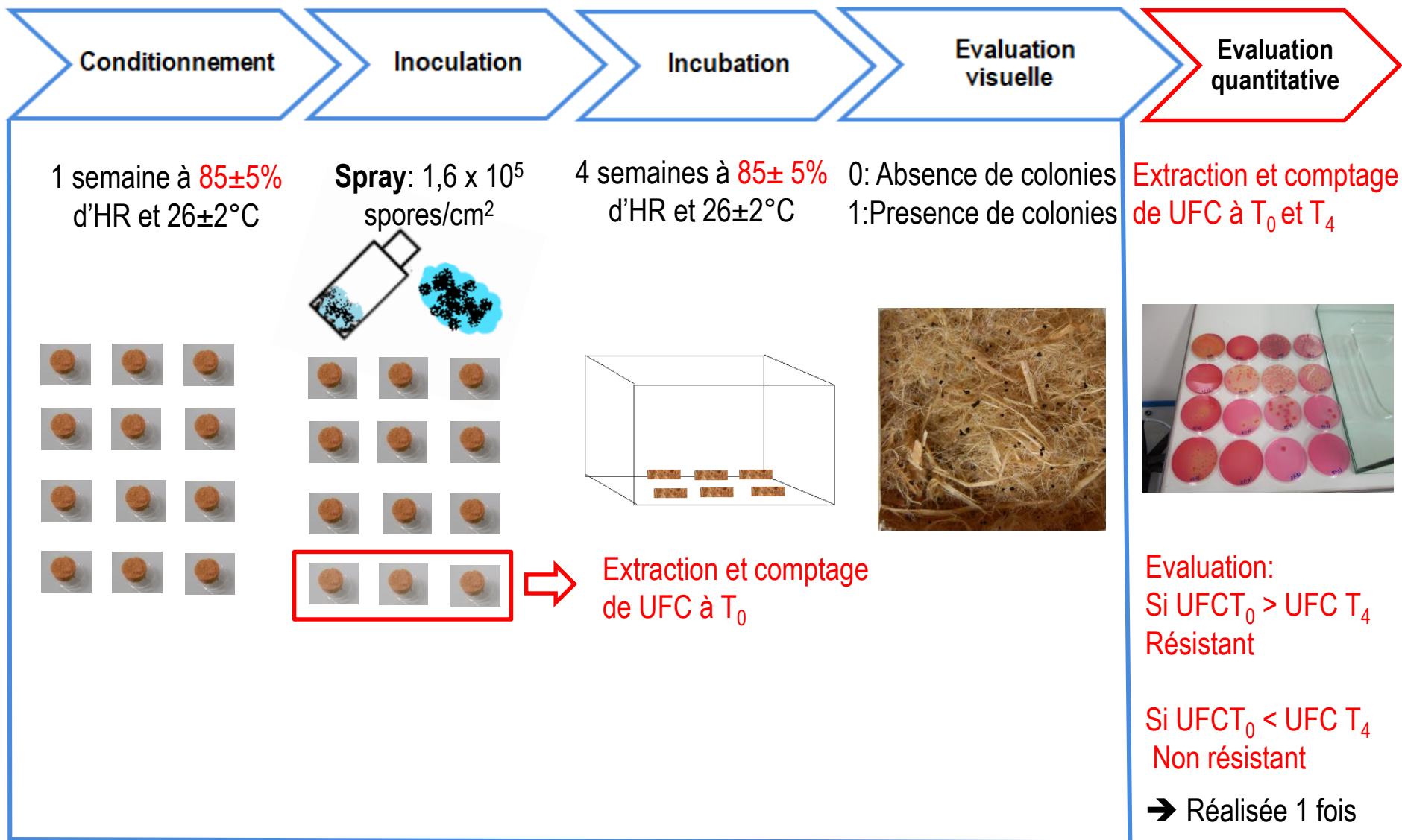
1. Méthode d'essai développée par Le Bayon et al. (2015)



2. Méthode d'essai développée durant cette thèse

# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## 1. Méthode d'essai développée par Le Bayon et al. (2015) - Méthodologie





# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## 1. Méthode d'essai développée par Le Bayon et al. (2015) - Résultats

Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T <sub>0</sub> (n=3 par essai)	UFC à T <sub>4</sub> (n=6 par essai)	Teneur en eau à T <sub>4</sub>
			(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		(%)
Isolant A (fibres de bois)	1	0	4,5 ± 0,2	4,1 ± 0,1	19,4 ± 0,9
	2	0	4,5 ± 0,1	4,5 ± 0,1	16,6 ± 0,3
	3	0	6,7 ± 0,3	7,8 ± 0,1	15,3 ± 1,0
Isolant B (fibres de bois + laine de verre)	1	1	5,6 ± 0,1	6,5 ± 0,1	10,4 ± 0,3
	2	0	5,1 ± 0,1	5,3 ± 0,2	10,5 ± 0,4
	3	1	5,6 ± 0,1	6,2 ± 0,1	10,8 ± 0,5
Isolant C (laine de verre)	1	0	5,4 ± 0,1	3,8 ± 0,4	2,3 ± 0,1
	2	0	4,4 ± 0,1	2,0 ± 0,5	2,2 ± 0,4
	3	0	4,3 ± 0,1	2,3 ± 0,3	1,8 ± 0,2

Mise en évidence de 4 cas de figures

# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## 1. Méthode d'essai développée par Le Bayon et al. (2015) - Résultats

- A. - Evaluation visuelle: **Absence de colonies visibles** (cotation 0)  
 - Nombre des UFC/cm<sup>2</sup> à T<sub>0</sub> et à T<sub>4</sub> : **significativement plus faible**

Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T <sub>0</sub>	UFC à T <sub>4</sub>	Teneur en eau à T <sub>4</sub>
			(n=3 par essai)	(n=6 par essai)	(%)
			(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		(%)
Isolant A (fibres de bois)	1	0	4,5 ± 0,2	4,1 ± 0,1	19,4 ± 0,9
	2	0	4,5 ± 0,1	4,5 ± 0,1	16,6 ± 0,3
	3	0	6,7 ± 0,3	7,8 ± 0,1	15,3 ± 1,0
Isolant B (fibres de bois + laine de verre)	1	1	5,6 ± 0,1	6,5 ± 0,1	10,4 ± 0,3
	2	0	5,1 ± 0,1	5,3 ± 0,2	10,5 ± 0,4
	3	1	5,6 ± 0,1	6,2 ± 0,1	10,8 ± 0,5
Isolant C (laine de verre)	1	0	5,4 ± 0,1	3,8 ± 0,4	2,3 ± 0,1
	2	0	4,4 ± 0,1	2,0 ± 0,5	2,2 ± 0,4
	3	0	4,3 ± 0,1	2,3 ± 0,3	1,8 ± 0,2

Matériaux « résistant » au développement de moisissures

# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## 1. Méthode d'essai développée par Le Bayon et al. (2015) - Résultats

B. - Evaluation visuelle: **Présence de colonies visibles (cotation 1)**

- Nombre des UFC/cm<sup>2</sup> à T<sub>0</sub> et à T<sub>4</sub> : **Significativement supérieur**

Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T <sub>0</sub>	UFC à T <sub>4</sub>	Teneur en eau à T <sub>4</sub>
			(n=3 par essai)	(n=6 par essai)	(%)
			(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		
Isolant A (fibres de bois)	1	0	4,5 ± 0,2	4,1 ± 0,1	19,4 ± 0,9
	2	0	4,5 ± 0,1	4,5 ± 0,1	16,6 ± 0,3
	3	0	6,7 ± 0,3	7,8 ± 0,1	15,3 ± 1,0
Isolant B (fibres de bois + laine de verre)	1	1	5,6 ± 0,1	6,5 ± 0,1	10,4 ± 0,3
	2	0	5,1 ± 0,1	5,3 ± 0,2	10,5 ± 0,4
	3	1	5,6 ± 0,1	6,2 ± 0,1	10,8 ± 0,5
Isolant C (laine de verre)	1	0	5,4 ± 0,1	3,8 ± 0,4	2,3 ± 0,1
	2	0	4,4 ± 0,1	2,0 ± 0,5	2,2 ± 0,4
	3	0	4,3 ± 0,1	2,3 ± 0,3	1,8 ± 0,2

Matériaux « non résistant » au développement de moisissures

# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures



	<u>Isolants bio-sourcés</u>				<u>Isolant minéral</u>		
	<u>Isolant A</u>		<u>Isolant B</u>		<u>Isolant C</u>		
Composition (% massique)	Fibre de bois	90	Fibre de bois	50	Laine de verre	95	
	Fibres textiles (Polyester-recyclé)	10	Laine de verre	40			
	Traitement ignifuge (sel minéral azoté)	*		Liant (polyester bi-composant)	8,7	Liant à base d'acrylique	5
				Traitement Préventif Anticryptogamique	1,3		
Résistance aux moisissures	Valeur non déterminée		<b>Aucune croissance fongique détectée selon la NF EN 15101-1</b>		Valeur non déterminée		
Niveau d'émission de substances volatiles dans l'air intérieur	A		A+		A+		

# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## 1. Méthode d'essai développée par Le Bayon et al. (2015) - Résultats

C. - Evaluation visuelle: **Absence de colonies visibles (cotation 0)**

- Nombre des UFC/cm<sup>2</sup> T<sub>0</sub> et à T<sub>4</sub> : **non significativement différent**

Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T <sub>0</sub>	UFC à T <sub>4</sub>	Teneur en eau à T <sub>4</sub>
			(n=3 par essai)	(n=6 par essai)	(%)
			(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		
Isolant A (fibres de bois)	1	0	4,5 ± 0,2	4,1 ± 0,1	19,4 ± 0,9
	2	0	4,5 ± 0,1	4,5 ± 0,1	16,6 ± 0,3
	3	0	6,7 ± 0,3	7,8 ± 0,1	15,3 ± 1,0
Isolant B (fibres de bois + laine de verre)	1	1	5,6 ± 0,1	6,5 ± 0,1	10,4 ± 0,3
	2	0	5,1 ± 0,1	5,3 ± 0,2	10,5 ± 0,4
	3	1	5,6 ± 0,1	6,2 ± 0,1	10,8 ± 0,5
Isolant C (laine de verre)	1	0	5,4 ± 0,1	3,8 ± 0,4	2,3 ± 0,1
	2	0	4,4 ± 0,1	2,0 ± 0,5	2,2 ± 0,4
	3	0	4,3 ± 0,1	2,3 ± 0,3	1,8 ± 0,2

Matériaux « résistant » ou « non résistant » au développement de moisissures ?



# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## 1. Méthode d'essai développée par Le Bayon et al. (2015) - Résultats

C. - Evaluation visuelle: **Absence de colonies visibles (cotation 0)**

- Nombre des UFC/cm<sup>2</sup> T<sub>0</sub> et à T<sub>4</sub> : **non significativement différent**

Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T <sub>0</sub>	UFC à T <sub>4</sub>	Teneur en eau à T <sub>4</sub>
			(n=3 par essai)	(n=6 par essai)	(%)
			(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		
Isolant A (fibres de bois)	1	0	4,5 ± 0,2	4,1 ± 0,1	19,4 ± 0,9
	2	0	4,5 ± 0,1	4,5 ± 0,1	16,6 ± 0,3
	3	0	6,7 ± 0,3	7,8 ± 0,1	15,3 ± 1,0
Isolant B (fibres de bois + laine de verre)	1	1	5,6 ± 0,1	6,5 ± 0,1	10,4 ± 0,3
	2	0	5,1 ± 0,1	5,3 ± 0,2	10,5 ± 0,4
	3	1	5,6 ± 0,1	6,2 ± 0,1	10,8 ± 0,5
Isolant C (laine de verre)	1	0	5,4 ± 0,1	3,8 ± 0,4	2,3 ± 0,1
	2	0	4,4 ± 0,1	2,0 ± 0,5	2,2 ± 0,4
	3	0	4,3 ± 0,1	2,3 ± 0,3	1,8 ± 0,2

Matériaux « résistant » ou « non résistant » au développement de moisissures ?

# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## 1. Méthode d'essai développée par Le Bayon et al. (2015) - Résultats

C. - Evaluation visuelle: **Absence de colonies visibles (cotation 0)**

- Nombre des UFC/cm<sup>2</sup> T<sub>0</sub> et à T<sub>4</sub> : **non significativement différent**

Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T <sub>0</sub>	UFC à T <sub>4</sub>	Teneur en eau à T <sub>4</sub>
			(n=3 par essai)	(n=6 par essai)	(%)
			(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		
Isolant A (fibres de bois)	1	0	4,5 ± 0,2	4,1 ± 0,1	19,4 ± 0,9
	2	0	4,5 ± 0,1	4,5 ± 0,1	16,6 ± 0,3
	3	0	6,7 ± 0,3	7,8 ± 0,1	15,3 ± 1,0
Isolant B (fibres de bois + laine de verre)	1	1	5,6 ± 0,1	6,5 ± 0,1	10,4 ± 0,3
	2	0	5,1 ± 0,1	5,3 ± 0,2	10,5 ± 0,4
	3	1	5,6 ± 0,1	6,2 ± 0,1	10,8 ± 0,5
Isolant C (laine de verre)	1	0	5,4 ± 0,1	3,8 ± 0,4	2,3 ± 0,1
	2	0	4,4 ± 0,1	2,0 ± 0,5	2,2 ± 0,4
	3	0	4,3 ± 0,1	2,3 ± 0,3	1,8 ± 0,2

Matériaux « résistant » ou « non résistant » au développement de moisissures ?

# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## 1. Méthode d'essai développée par Le Bayon et al. (2015) - Résultats

D. - Evaluation visuelle: **Absence de colonies visibles (cotation 0)**

- Nombre des UFC/cm<sup>2</sup> à T<sub>0</sub> et T<sub>4</sub> : **significativement supérieur**

Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T <sub>0</sub>	UFC à T <sub>4</sub>	Teneur en eau à T <sub>4</sub>
			(n=3 par essai)	(n=6 par essai)	(%)
			(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		
Isolant A (fibres de bois)	1	0	4,5 ± 0,2	4,1 ± 0,1	19,4 ± 0,9
	2	0	4,5 ± 0,1	4,5 ± 0,1	16,6 ± 0,3
	3	0	6,7 ± 0,3	7,8 ± 0,1	15,3 ± 1,0
Isolant B (fibres de bois + laine de verre)	1	1	5,6 ± 0,1	6,5 ± 0,1	10,4 ± 0,3
	2	0	5,1 ± 0,1	5,3 ± 0,2	10,5 ± 0,4
	3	1	5,6 ± 0,1	6,2 ± 0,1	10,8 ± 0,5
Isolant C (laine de verre)	1	0	5,4 ± 0,1	3,8 ± 0,4	2,3 ± 0,1
	2	0	4,4 ± 0,1	2,0 ± 0,5	2,2 ± 0,4
	3	0	4,3 ± 0,1	2,3 ± 0,3	1,8 ± 0,2

Matériaux « résistant » ou « non résistant » au développement de moisissures ?

## IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

### Conclusion

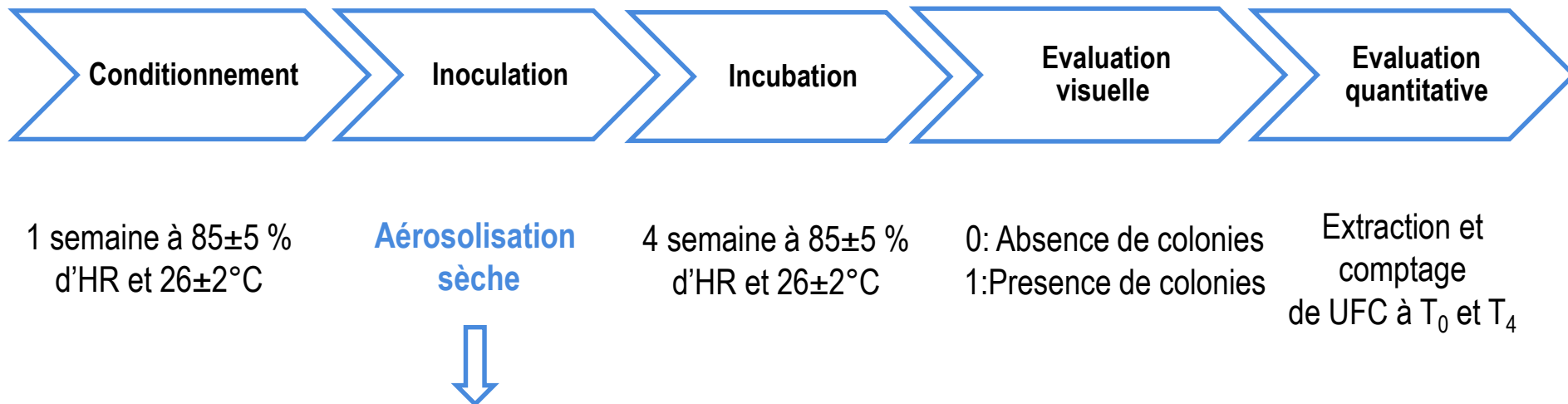
#### Variabilité des réponses des matériaux au développement fongique

Cette variabilité serait-elle liée à l'utilisation d'un **inoculum liquide** comme moyen d'ensemencement des échantillons?

L'**introduction d'humidité (eau)** dans le système aurait-elle un effet sur la croissance fongique?

# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## 2. « Nouvelle méthode »- Méthodologie



- Plus proche des conditions réelles rencontrées par les matériaux
- Evite l'apport d'humidité et la modification de l'activité de l'eau ( $A_w$ )
- Evite l'apport du milieu de culture

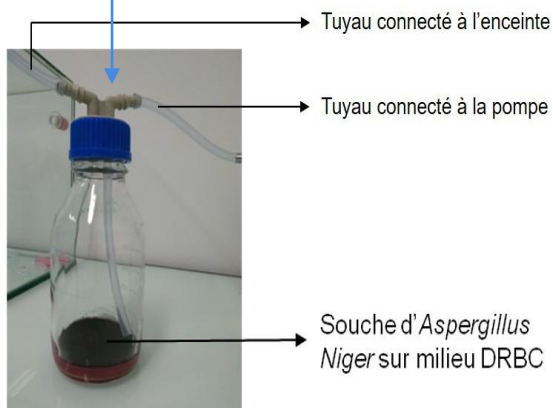
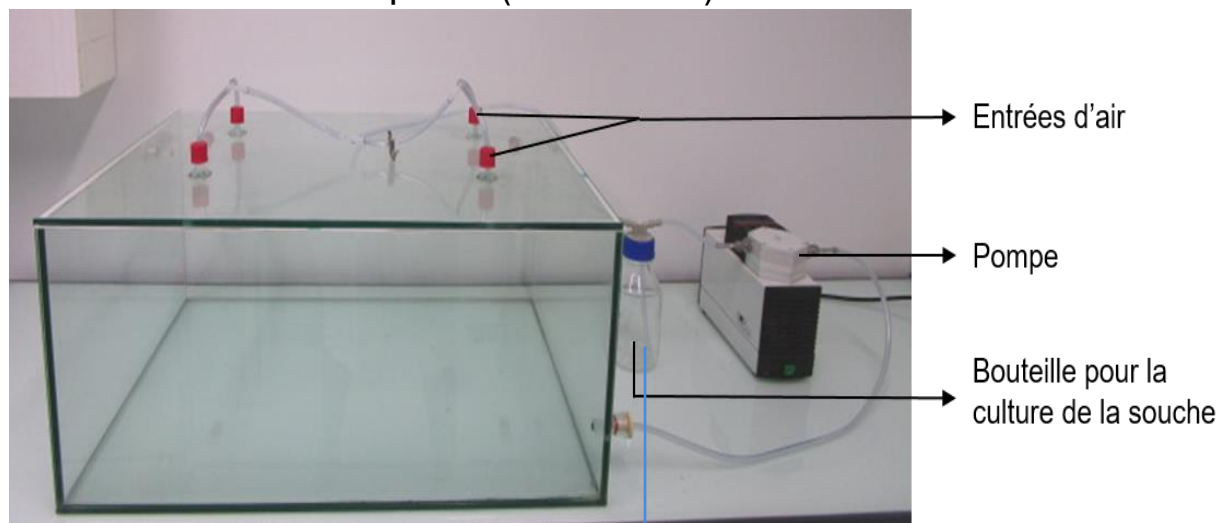


# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

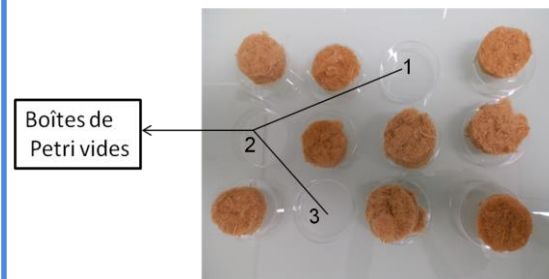
## 2. « Nouvelle méthode »- Méthodologie

### Inoculation par aérosolisation sèche

#### 1. Aérosolisation de spores (15 minutes)



#### 2. Dépôt de spores (1h)



3 boîtes de Pétri vides:  
quantification du dépôt

3 échantillons: extraction à  
et comptage de UFC/cm<sup>2</sup>  
(T<sub>0</sub>)

6 échantillons : incubation et  
extraction et comptage de  
UFC/cm<sup>2</sup> (T<sub>4</sub>)

# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## 2. « Nouvelle méthode »: Résultats

Matériau	Essai	Spores déposées (n = 3)	Classement visuel	UFC à T <sub>0</sub>	UFC à T <sub>4</sub>	Teneur en eau à T <sub>4</sub>
		(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )	(%)	
Isolant A (fibres de bois)	1	3,7 ± 0,2	1	2,5 ± 0,3	5,8 ± 0,1	15,0 ± 0,2
	2	3,6 ± 0,8	0	3,6 ± 0,01	3,5 ± 0,2	16,0 ± 0,1
	3	3,6 ± 0,1	0	3,6 ± 0,02	3,6 ± 0,2	14,2 ± 0,3
Isolant B (fibres de bois + laine de verre)	1	3,6 ± 0,2	0	3,6 ± 0,01	3,5 ± 0,1	9,8 ± 0,3
	2	3,7 ± 0,1	1	3,5 ± 0,3	3,5 ± 0,1	9,9 ± 0,4
	3	3,4 ± 0,4	1	3,7 ± 0,3	2,9 ± 0,1	10,0 ± 0,2
Isolant C (laine de verre)	1	3,2 ± 0,4	0	3,1 ± 0,4	2,4 ± 0,2	2,1 ± 0,3
	2	3,8 ± 0,2	0	3,5 ± 0,2	1,8 ± 0,1	2,0 ± 0,1
	3	3,6 ± 0,3	0	3,4 ± 0,1	2,2 ± 0,4	1,7 ± 0,3

Bonne reproductibilité de l'ensemencement via aérosolisation sèche

Validation de l'extraction de manière générale

# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## 2. « Nouvelle méthode »: Résultats

- A. - Evaluation visuelle: **Absence de colonies visibles** (cotation 0)  
 - Nombre des UFC/cm<sup>2</sup> à T<sub>0</sub> et à T<sub>4</sub> : **significativement plus faible**

Matériau	Essai	Spores déposées	Classement visuel	UFC à T <sub>0</sub>	UFC à T <sub>4</sub>	Teneur en eau à T <sub>4</sub>
		(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		(%)
Isolant A (fibres de bois + laine de verre)	1	3,7 ± 0,2	1	2,5 ± 0,3	5,8 ± 0,1	15,0 ± 0,2
	2	3,6 ± 0,8	0	3,6 ± 0,01	3,5 ± 0,2	16,0 ± 0,1
	3	3,6 ± 0,1	0	3,6 ± 0,02	3,6 ± 0,2	14,2 ± 0,3
Isolant B (fibres de bois + laine de verre)	1	3,6 ± 0,2	0	3,6 ± 0,01	3,5 ± 0,1	9,8 ± 0,3
	2	3,7 ± 0,1	1	3,5 ± 0,3	3,5 ± 0,1	9,9 ± 0,4
	3	3,4 ± 0,4	1	3,7 ± 0,3	2,9 ± 0,1	10,0 ± 0,2
Isolant C (laine de verre)	1	3,2 ± 0,4	0	3,1 ± 0,4	2,4 ± 0,2	2,1 ± 0,3
	2	3,8 ± 0,2	0	3,5 ± 0,2	1,8 ± 0,1	2,0 ± 0,1
	3	3,6 ± 0,3	0	3,4 ± 0,1	2,2 ± 0,4	1,7 ± 0,3

Matériaux « résistant » au développement de moisissures

# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## 2. « Nouvelle méthode »: Résultats

B. - Evaluation visuelle: **Absence de colonies visibles (0) /Présence de colonies visibles (1)**

- Nombre des UFC/cm<sup>2</sup> T<sub>0</sub> et à T<sub>4</sub> : **non significativement différent / significativement plus faible**

Matériau	Essai	Spores déposées	Classement visuel	UFC à T <sub>0</sub>	UFC à T <sub>4</sub>	Teneur en eau à T <sub>4</sub>
		(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		(%)
Isolant A (fibres de bois + laine de verre)	1	3,7 ± 0,2	1	2,5 ± 0,3	5,8 ± 0,1	15,0 ± 0,2
	2	3,6 ± 0,8	0	3,6 ± 0,01	3,5 ± 0,2	16,0 ± 0,1
	3	3,6 ± 0,1	0	3,6 ± 0,02	3,6 ± 0,2	14,2 ± 0,3
Isolant B (fibres de bois + laine de verre)	1	3,6 ± 0,2	0	3,6 ± 0,01	3,5 ± 0,1	9,8 ± 0,3
	2	3,7 ± 0,1	1	3,5 ± 0,3	3,5 ± 0,1	9,9 ± 0,4
	3	3,4 ± 0,4	1	3,7 ± 0,3	2,9 ± 0,1	10,0 ± 0,2
Isolant C (laine de verre)	1	3,2 ± 0,4	0	3,1 ± 0,4	2,4 ± 0,2	2,1 ± 0,3
	2	3,8 ± 0,2	0	3,5 ± 0,2	1,8 ± 0,1	2,0 ± 0,1
	3	3,6 ± 0,3	0	3,4 ± 0,1	2,2 ± 0,4	1,7 ± 0,1

Matériaux « résistant » ou « non résistant » au développement de moisissures ?



# IV Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

## 2. « Nouvelle méthode »: Résultats

C. - Evaluation visuelle: **Absence de colonies visibles (0) /Présence de colonies visibles (1)**

- Nombre des UFC/cm<sup>2</sup> T<sub>0</sub> et à T<sub>4</sub> : **significativement supérieur ou non significativement différent**

Matériau	Essai	Spores déposées	Classement visuel	UFC à T <sub>0</sub>	UFC à T <sub>4</sub>	Teneur en eau à T <sub>4</sub>
		(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		(log <sub>10</sub> UFC/cm <sup>2</sup> )		(%)
Isolant A (fibres de bois)	1	3,7 ± 0,2	1	2,5 ± 0,3	5,8 ± 0,1	15,0 ± 0,2
	2	3,6 ± 0,8	0	3,6 ± 0,01	3,5 ± 0,2	16,0 ± 0,1
	3	3,6 ± 0,1	0	3,6 ± 0,02	3,6 ± 0,2	14,2 ± 0,3
Isolant B (fibres de bois + laine de verre)	1	3,6 ± 0,2	0	3,6 ± 0,01	3,5 ± 0,1	9,8 ± 0,3
	2	3,7 ± 0,1	1	3,5 ± 0,3	3,5 ± 0,1	9,9 ± 0,4
	3	3,4 ± 0,4	1	3,7 ± 0,3	2,9 ± 0,1	10,0 ± 0,2
Isolant C (laine de verre)	1	3,2 ± 0,4	0	3,1 ± 0,4	2,4 ± 0,2	2,1 ± 0,3
	2	3,8 ± 0,2	0	3,5 ± 0,2	1,8 ± 0,1	2,0 ± 0,1
	3	3,6 ± 0,3	0	3,4 ± 0,1	2,2 ± 0,4	1,7 ± 0,3

Matériaux « résistant » ou « non résistant » au développement de moisissures ?



## V. Conclusions générales

### 1. Les matériaux bio-sourcés permettent-ils le développement de microorganismes?

Les résultats ont mis en évidence:

- Une **variabilité de réponses** des **matériaux bio-sourcés** vis-à-vis du **développement fongique**.
- L'**importance** de la **quantification de la croissance fongique** puisqu'une évaluation uniquement par **inspection visuelle** peut s'avérer très compliquée et éventuellement conduire à des **fausses interprétations des résultats**.

Recommandations:

Ne pas se limiter à réaliser un seul essai, mais plutôt plusieurs essais sur plusieurs échantillons

Il serait important d'étudier dans quelle mesure il serait intéressant de **limiter l'utilisation des isolants bio-sourcés** dans des pièces dans lesquelles les taux d'humidité sont susceptibles de dépasser 70% et d'atteindre de températures élevées.

## V. Conclusions générales et Perspectives

### 1. Les matériaux bio-sourcés permettent-ils le développement de microorganismes?

- **Approfondir dans la compréhension** du cas de figure où les **UFC/cm<sup>2</sup> calculés à T<sub>4</sub>** (après incubation) sont quasiment **les mêmes qu'à T<sub>0</sub>** (début du test).

Pour cela, **une étude de la cinétique de croissance** pourrait être appropriée afin de suivre toutes les phases de croissance des moisissures et mieux comprendre les résultats.

- Projet EMIBIO → comportement de ces isolants face aux moisissures dans un mur à des conditions réalistes
- Projet ValoMatBio → Fin de vie des matériaux biosourcés (isolants)

Building and Environment 179 (2020) 106963



Contents lists available at ScienceDirect

Building and Environment

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/buildenv>



Impacts of test methods on the assessment of insulation materials' resistance against moulds

Ana Maria Tobon<sup>a, \*</sup>, Yves Andres<sup>a</sup>, Nadine Locoge<sup>b</sup>

<sup>a</sup> IMT Atlantique, Nantes, France

<sup>b</sup> IMT Lille Douai, Douai, France

