



IMT Atlantique

Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom



IMT Lille Douai

École Mines-Télécom
IMT-Université de Lille

Etude de la potentialité du développement de micro-organismes sur des matériaux d'isolation bio-sourcés et conventionnels utilisés dans la rénovation de bâtiments : impact sur la qualité de l'air intérieur

Ana Maria TOBON MONROY
Yves ANDRES, Nadine LOCOGE



18/02/2020

Contexte et état de l'art



Bâtiment

47% consommation énergétique totale (2016)

→ Secteur le plus gros consommateur en énergie



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/m²/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.

Contexte et état de l'art



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

Système de ventilation performant

Utilisation de matériaux de construction faiblement émissifs



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

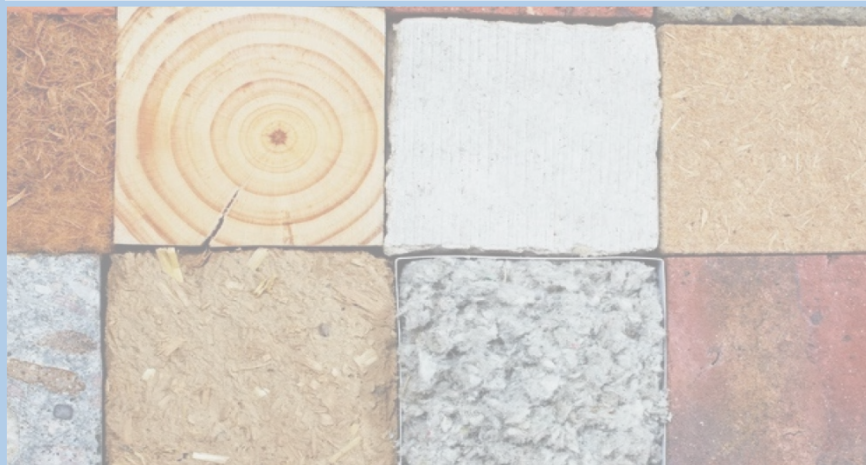
Contexte et état de l'art

Les matériaux bio-sourcés: définition

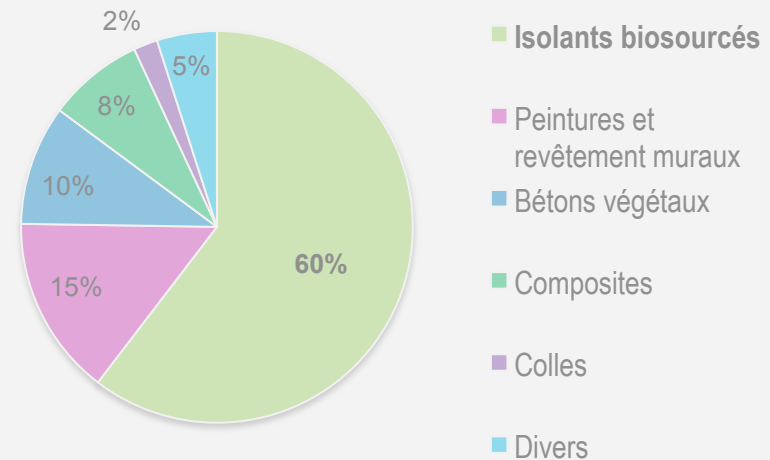
« Les matériaux de construction ou les produits de construction et de décoration comprenant une quantité de matière bio-sourcée ».

« 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)

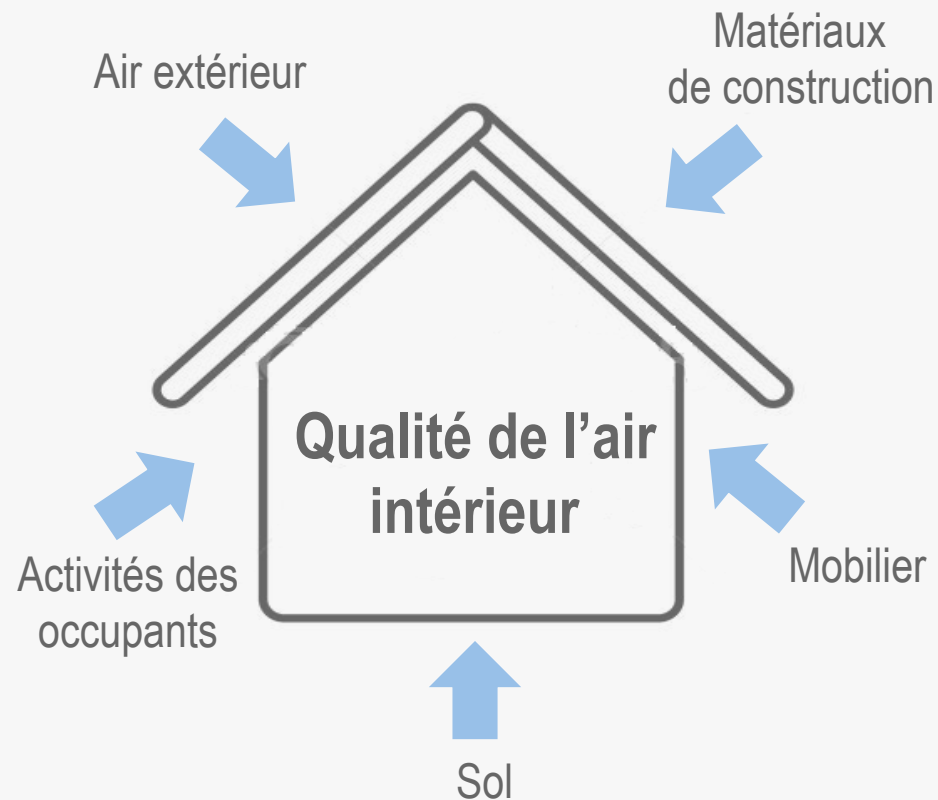
Isolants bio-sourcés

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

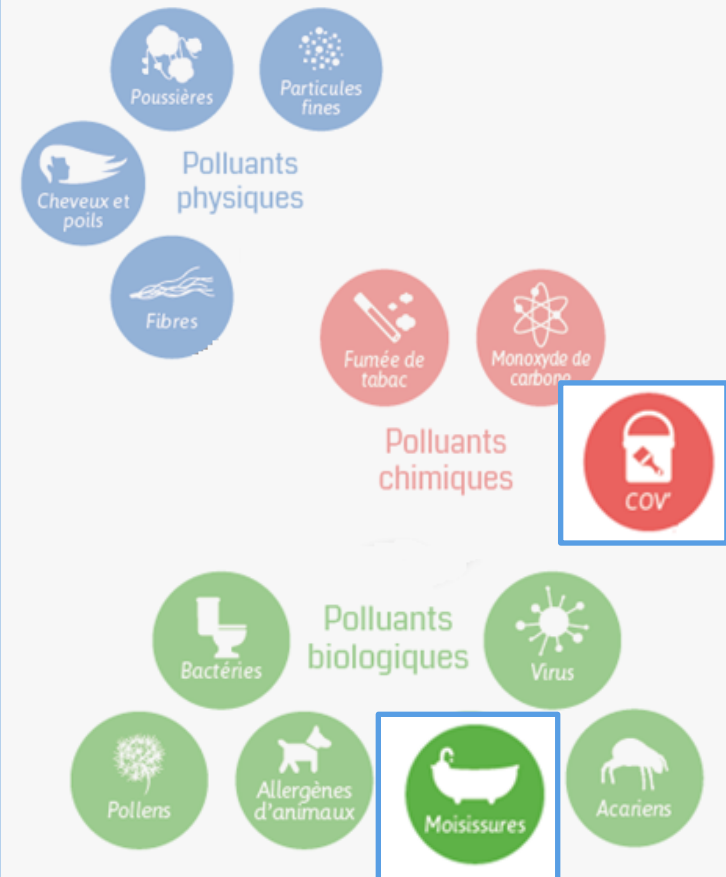
Avantage: comportement hygroscopique
→ régulation de l'humidité

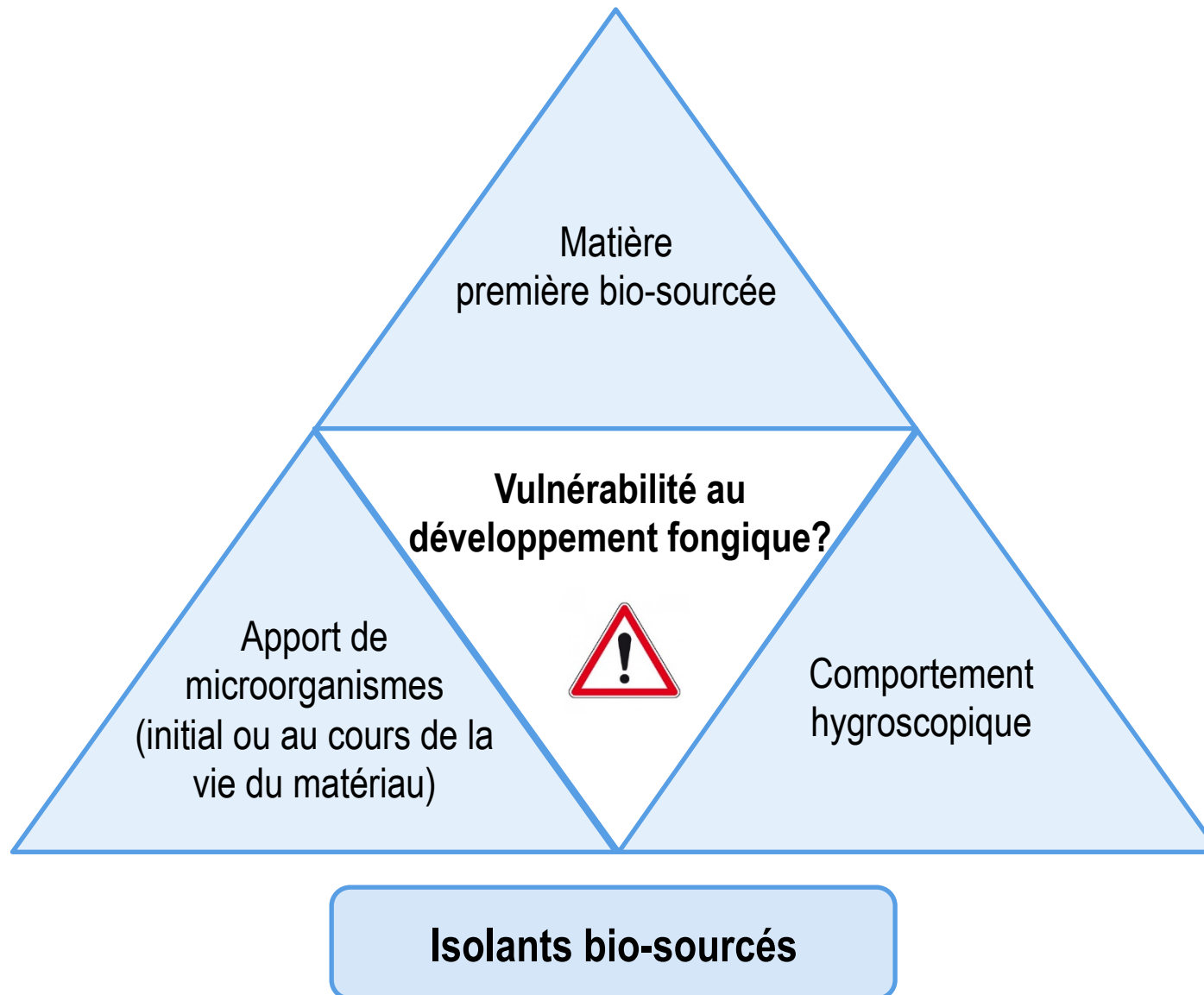
Contexte et état de l'art

D'où vient la pollution de l'air intérieur?



Quels sont les polluants de l'air intérieur?





Objectifs et démarche scientifique



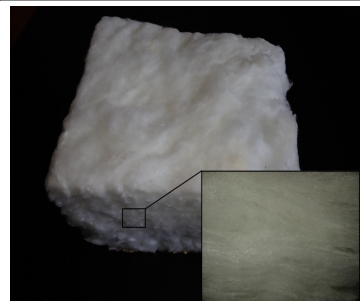
1. Les matériaux bio-sourcés permettent-ils le développement de microorganismes?

- 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.

2. Existe-t-il des émissions spécifiques associées à l'utilisation de matériaux bio-sourcés?

- Caractériser de manière précise les COV majoritaires émis par certains isolants bio-sourcés
- Etudier l'effet de l'humidité relative sur les émissions en COV des isolants bio-sourcés

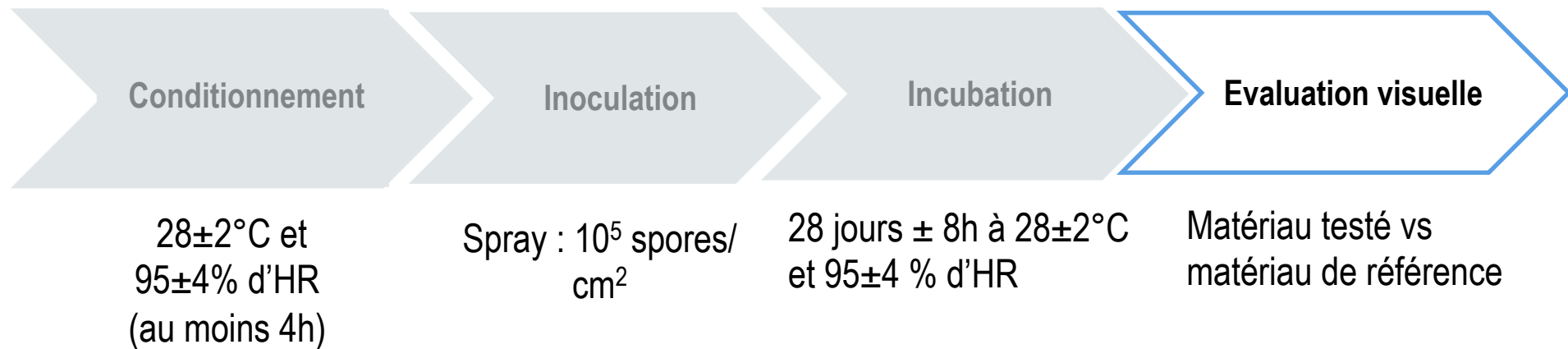
Matériaux étudiés

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+	
						

Normalisation (France)

- **Norme NF EN 15101 (2014):** 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





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 NF EN 15101 (2014)

- Autres travaux:

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

Lamoulie (2016): Deux classes d'emploi (sèche et humide) et donc deux conditions d'HR = 95 ± 4 %
et 85 ± 4 %

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

- Norme EN 15101 (2014) : Annulée le 19/07/2019
- Remplacée par NF EN 15101-1+A1 : Modification concernant l'évaluation de la croissance fongique sur les éprouvettes

Dans le cadre de ces travaux

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



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

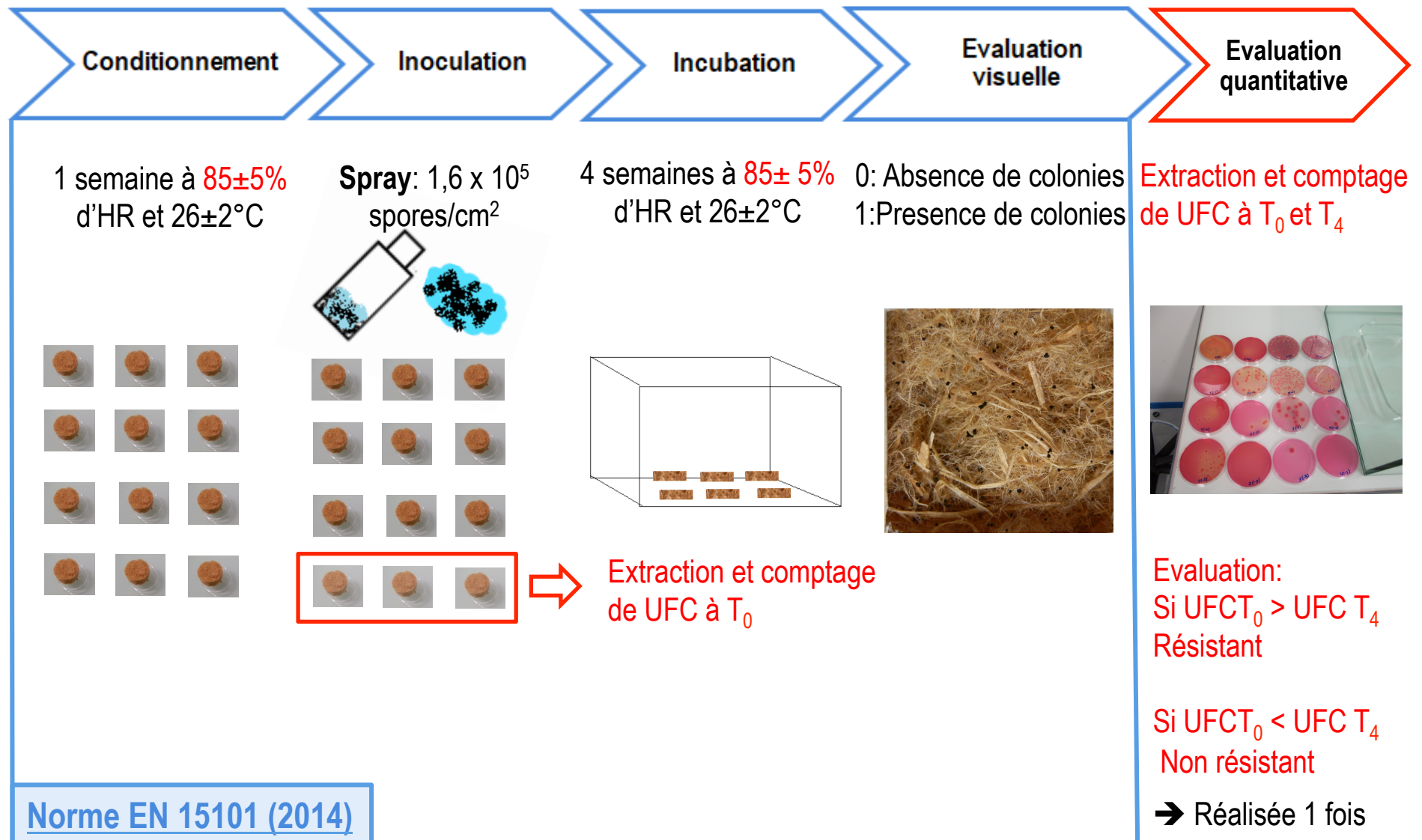
1. Méthode d'essai développée par
Le Bayon et al. (2015)

2. Méthode d'essai développée
durant ces travaux

Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

13

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



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

Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T ₀ (n=3 par essai)	UFC à T ₄ (n=6 par essai)	Teneur en eau à T ₄
			(log ₁₀ UFC/cm ²)		(%)
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

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

- A. - Evaluation visuelle: **Absence de colonies visibles** (cotation 0)
 - Nombre des UFC/cm² à T₀ et à T₄ : **significativement plus faible**

Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T ₀ (n=3 par essai)	UFC à T ₄ (n=6 par essai)	Teneur en eau à T ₄
			(log ₁₀ UFC/cm ²)		(%)
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

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

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

- Nombre des UFC/cm² à T₀ et à T₄ : **Significativement supérieur**


Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T ₀ (n=3 par essai)	UFC à T ₄ (n=6 par essai)	Teneur en eau à T ₄
			(log ₁₀ UFC/cm ²)	(log ₁₀ UFC/cm ²)	(%)
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

Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

17



		<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		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.a. Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

18

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

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

- Nombre des UFC/cm² T₀ et à T₄ : **non significativement différent**

Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T ₀	UFC à T ₄	Teneur en eau à T ₄
			(n=3 par essai)	(n=6 par essai)	
			(log ₁₀ UFC/cm ²)	(%)	
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 ?

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

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

- Nombre des UFC/cm² T₀ et à T₄ : **non significativement différent**

Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T ₀ (n=3 par essai)	UFC à T ₄ (n=6 par essai)	Teneur en eau à T ₄
			(log ₁₀ UFC/cm ²)		(%)
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.a. Résistance des matériaux bio-sourcés au développement de moisissures

20

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

- C. - Evaluation visuelle: **Absence de colonies visibles (cotation 0)**
 - Nombre des UFC/cm² T₀ et à T₄ : **non significativement différent**

Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T ₀ (n=3 par essai)	UFC à T ₄ (n=6 par essai)	Teneur en eau à T ₄
			(log ₁₀ UFC/cm ²)		(%)
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 ?

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

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

- Nombre des UFC/cm² à T₀ et T₄ : **significativement supérieur**

Matériau	Essai	Evaluation visuelle	UFC à T ₀ (n=3 par essai)	UFC à T ₄ (n=6 par essai)	Teneur en eau à T ₄
			(log ₁₀ UFC/cm ²)		(%)
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 ?

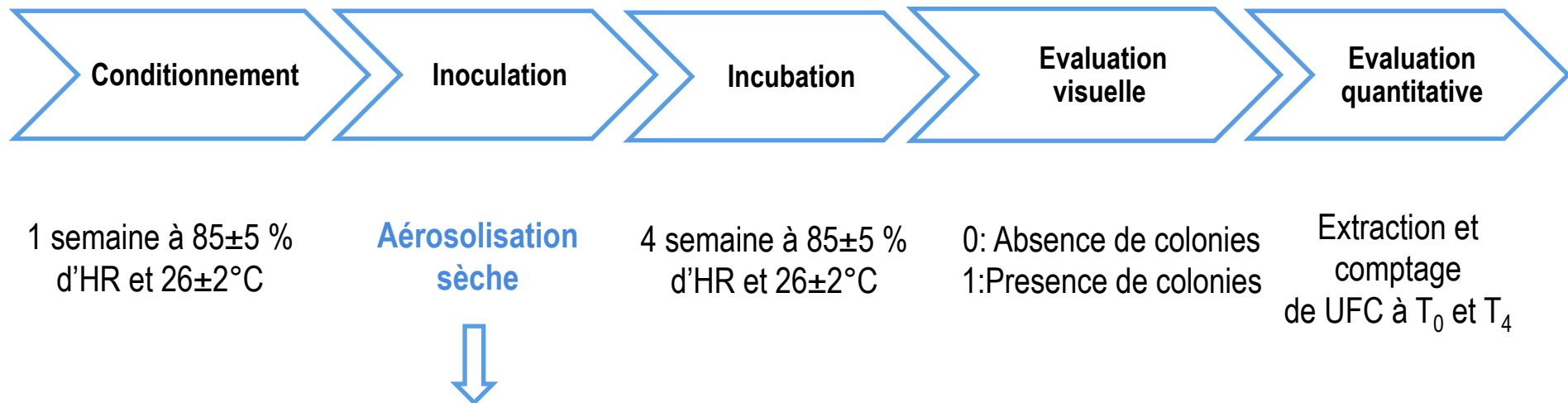
Conclusion

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?

2. « Nouvelle méthode »- Méthodologie

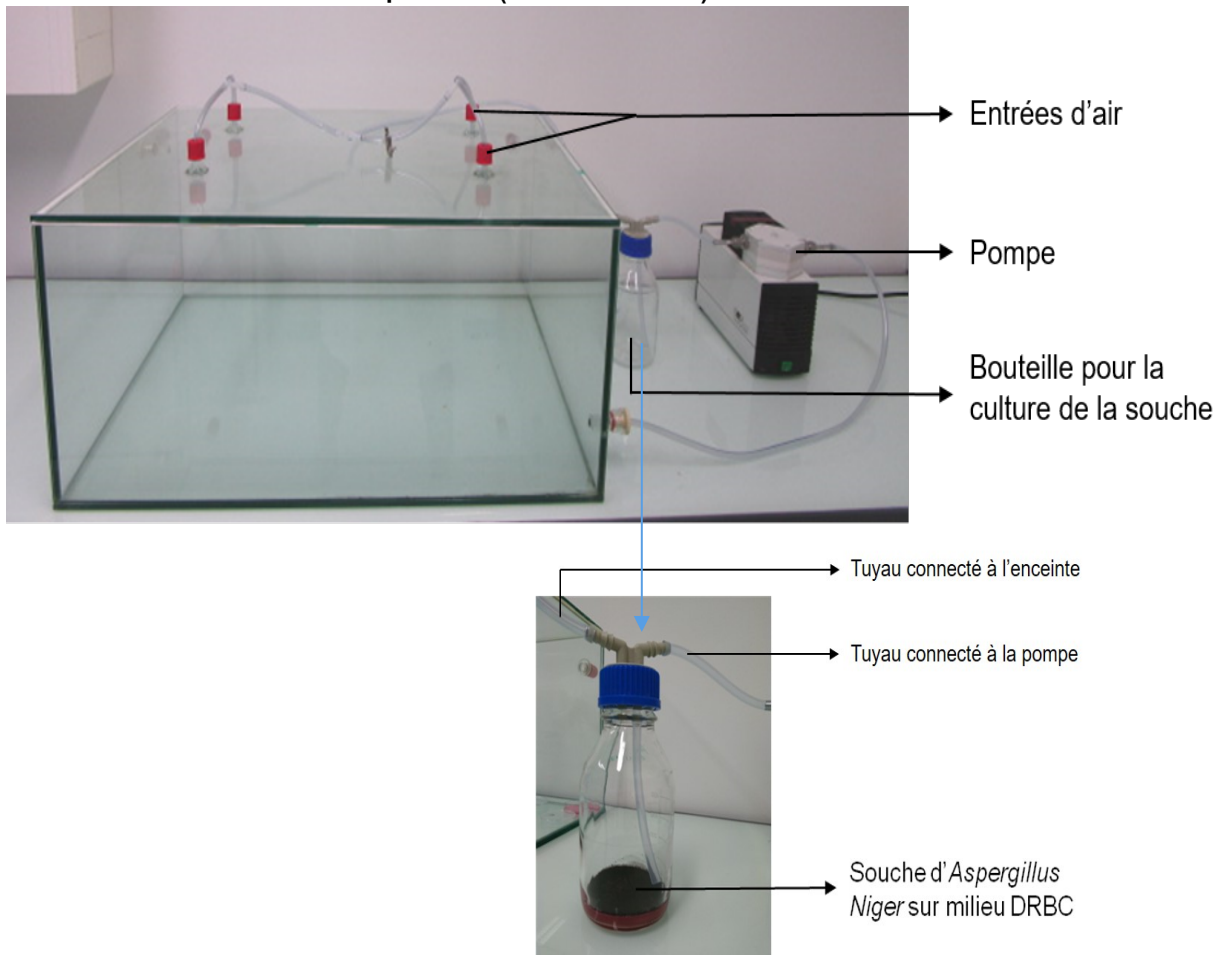


- Plus proche des conditions réelles rencontrées par les matériaux
- Evite l'apport d'humidité et la modification de l'activité de l'eau (A_w)
- Evite l'apport du milieu de culture

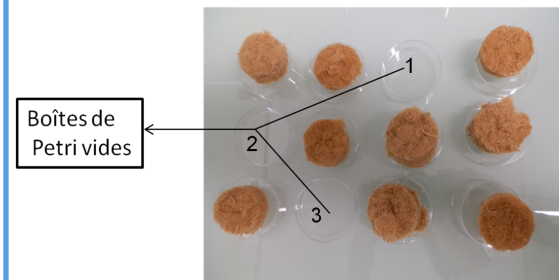
2. « Nouvelle méthode »- Méthodologie

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/cm²
(T₀)
6 échantillons : incubation et
extraction et comptage de
UFC/cm² (T₄)

2. « Nouvelle méthode »: Résultats

Matériau	Essai	Spores déposées ($n = 3$)	Classement visuel	UFC à T_0	UFC à T_4	Teneur en eau à T_4
		(\log_{10} UFC/cm ²)		(\log_{10} UFC/cm ²)		(%)
Isolant A (fibres de bois)	1	$3,7 \pm 0,2$	1	$2,5 \pm 0,3$	$5,8 \pm 0,1$	$15,0 \pm 0,2$
	2	$3,6 \pm 0,8$	0	$3,6 \pm 0,01$		$16,0 \pm 0,1$
	3	$3,6 \pm 0,1$	0	$3,6 \pm 0,02$	$3,6 \pm 0,2$	$14,2 \pm 0,3$
Isolant B (fibres de bois + laine de verre)	1	$3,6 \pm 0,2$	0	$3,6 \pm 0,01$	$3,5 \pm 0,1$	$9,8 \pm 0,3$
	2	$3,7 \pm 0,1$	1	$3,5 \pm 0,3$	$3,5 \pm 0,1$	$9,9 \pm 0,4$
	3	$3,4 \pm 0,4$	1	$3,7 \pm 0,3$	$2,9 \pm 0,1$	$10,0 \pm 0,2$
Isolant C (laine de verre)	1	$3,2 \pm 0,4$	0	$3,1 \pm 0,4$	$2,4 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,3$
	2	$3,8 \pm 0,2$	0	$3,5 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,1$	$2,0 \pm 0,1$
	3	$3,6 \pm 0,3$	0	$3,4 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,4$	$1,7 \pm 0,3$

Bonne reproductibilité de l'ensemencement via aérosolisation sèche

Validation de l'extraction de manière générale

2. « Nouvelle méthode »: Résultats

- A. - Evaluation visuelle: **Absence de colonies visibles** (cotation 0)
 - Nombre des UFC/cm² à T₀ et à T₄ : **significativement plus faible**

Matériau	Essai	Spores déposées	Classement visuel	UFC à T ₀	UFC à T ₄	Teneur en eau à T ₄
		(log ₁₀ UFC/cm ²)		(log ₁₀ UFC/cm ²)		(%)
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

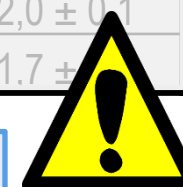
Matériaux « résistant » au développement de moisissures

2. « Nouvelle méthode »: Résultats

- B. - Evaluation visuelle: **Absence de colonies visibles (0) /Présence de colonies visibles (1)**
 - Nombre des UFC/cm² T₀ et à T₄ : **non significativement différent / significativement plus faible**

Matériau	Essai	Spoires déposées	Classement visuel	UFC à T ₀	UFC à T ₄	Teneur en eau à T ₄
		(log ₁₀ UFC/cm ²)		(log ₁₀ UFC/cm ²)		(%)
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		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 ?



2. « Nouvelle méthode »: Résultats

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

- Nombre des UFC/cm² T₀ et à T₄ : **significativement supérieur ou non significativement différent**

Matériau	Essai	Spores déposées	Classement visuel	UFC à T ₀	UFC à T ₄	Teneur en eau à T ₄
		(log ₁₀ UFC/cm ²)		(log ₁₀ UFC/cm ²)		(%)
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 ?

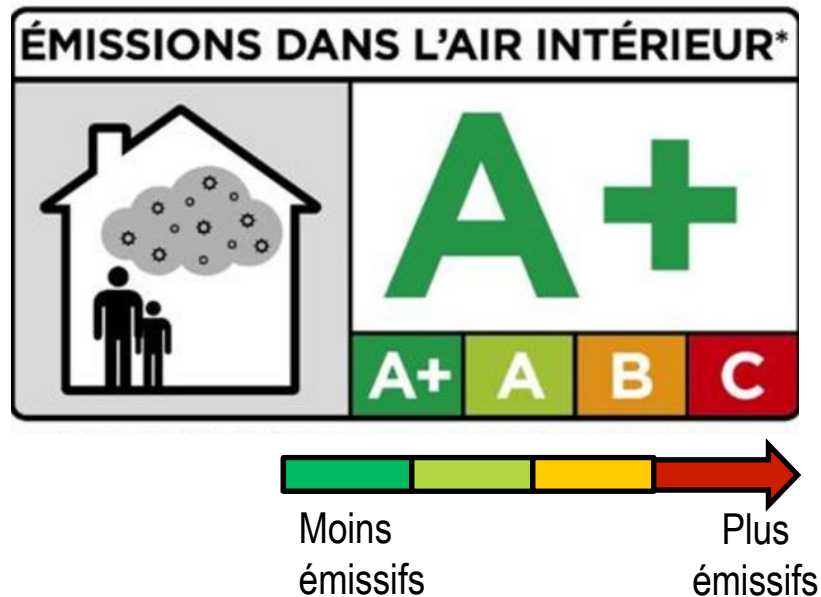
Conclusions

- L'évaluation de la croissance par inspection visuelle est très sujette à erreur. Par exemple, sur des matériaux à surface très hétérogène en couleurs, cette évaluation peut devenir très compliquée → **l'importance** de réaliser une **quantification de la croissance**.
- **Difficulté à établir une conclusion** lorsque le nombre de **UFC/cm² à T₀ ≈ UFC/cm² à T₄**
- Au delà de la technique d'inoculation, l'hétérogénéité des matériaux bio-sourcés en termes de composition et de la distribution du produit antifongique peut être à l'origine de la variabilité de résultats

Variabilité des émissions en COV des matériaux en fonction des conditions d'humidité

Caractérisation des émissions en COV des matériaux natifs

Règlementation (France): Etiquetage des matériaux de construction et de décoration
(Arrêté 19 avril 2011)



COV réglementés	
Formaldéhyde	1,2,4 - Triméthylbenzène
Acétaldéhyde	1,4 - Dichlorobenzène
Toluène	Ethylbenzène
Tetrachloroéthylène	2 - Butoxyéthanol
Xylène	Styrène
COVT	

Conditions analytiques norme ISO 1600-9:

T: 23°C ± 2

HR: 50 % ± 5

Conditions différentes à celles présentées précédemment
(permettant l'évaluation du développement fongique)

Dans le cadre de ces travaux:

1. COV réglementés
2. COV majoritaires
3. Effet de l'HR sur ces émissions

Caractérisation des émissions en COV des matériaux natifs

COV de l'étiquetage - Résultats

Matériau	Isolant A (fibres de bois)		Isolant B (fibres de bois + laine de verre)		Isolant C (laine de verre)	
	Taux d'émission (µg/m²/h)	Classe	Taux d'émission (µg/m²/h)	Classe	Taux d'émission (µg/m²/h)	Classe
Formaldéhyde	5,8 ± 0,8	A	3,7 ± 0,4		0,21 ± 0,01	
Acétaldéhyde	1,8 ± 1,1		0,5 ± 0,2		4,04 ± 0,007	
Tetrachloroéthylène	<LD*	A+	<LD	A+	<LD	A+
Ethylbenzène	<LD		<LD		<LD	
Xylènes	<LD		<LD		<LD	
Styrène	<LD		<LD		<LD	
1,2,4 Triméthylbenzène	<LD		<LD		<LD	
1,4 Dichlorobenzène	<LD		<LD		<LD	
2 Butoxyvéthanol	<LD		<LD		<LD	
COVT	39,8 ± 9,2		25,3 ± 3,3		3,5 ± 0,2	
Note globale	A		A+		A+	
* LD = 0,0004 µg/m²/h						

Notes globales: en accord avec les étiquettes associées à ces matériaux

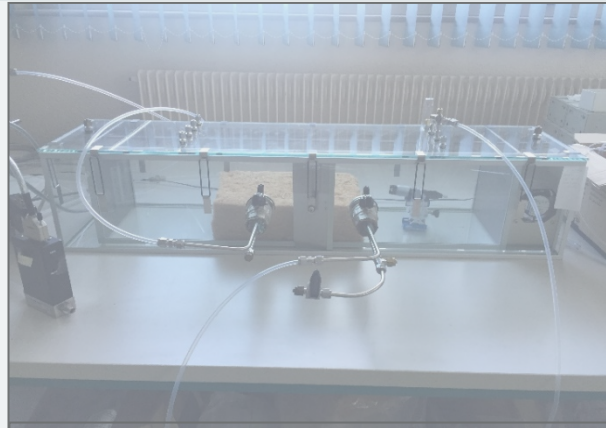
Caractérisation des émissions en COV des matériaux natifs

COV majoritaires - Résultats (taux d'émission $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)

	Isolant A (fibres de bois)	Isolant B (fibres de bois + laine de verre)	Isolant C (laine de verre)
Aldéhydes	9 composés 0,01 - 9,29 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$	9 composés 0,04 - 5,45 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$	2 composés 0,20 - 4,04 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$
Cétones	2 composés 0,02 - 2,16 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$	1 composé 1,11 - 1,30 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$	1 composé 0,12 - 0,15 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$
Pirazines	2 composés 0,03 - 0,10 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$	-	-
Terpènes	1 composé 0,01 - 0,03 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$	2 composés 0,006 - 0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$	-
Acides carboxyliques	1 composé 0,42 - 0,92 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$	1 composé 0,96 - 1,19 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$	-
Esters carboxyliques	1 composé 0,30 - 0,45 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$	-	-

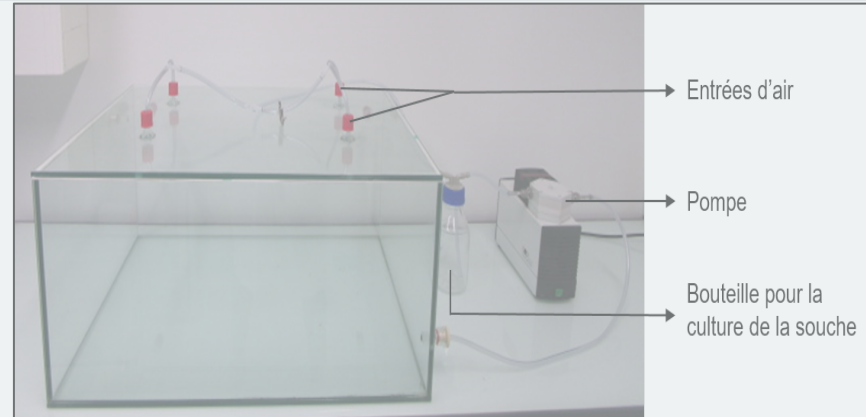
Caractérisation des émissions en COV des matériaux natifs

Effet de la variation d'HR sur les émissions en COV majoritaires

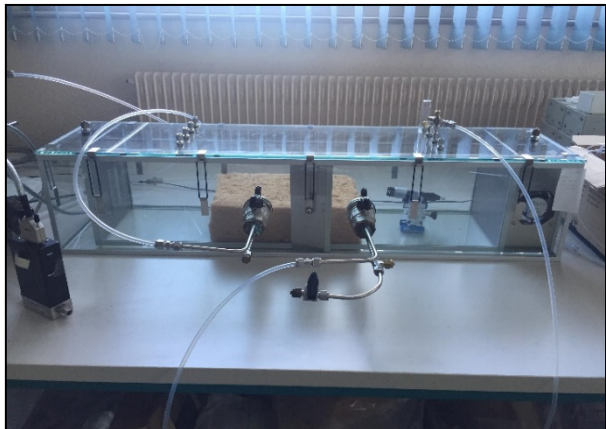


HR: $50 \pm 5 \%$

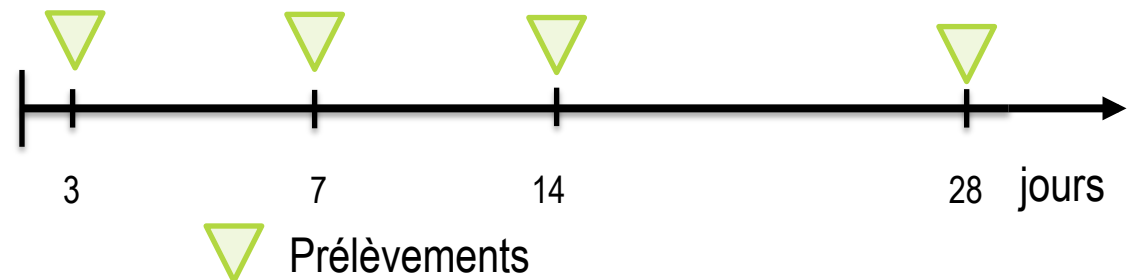
≠



HR: $85 \pm 5 \%$

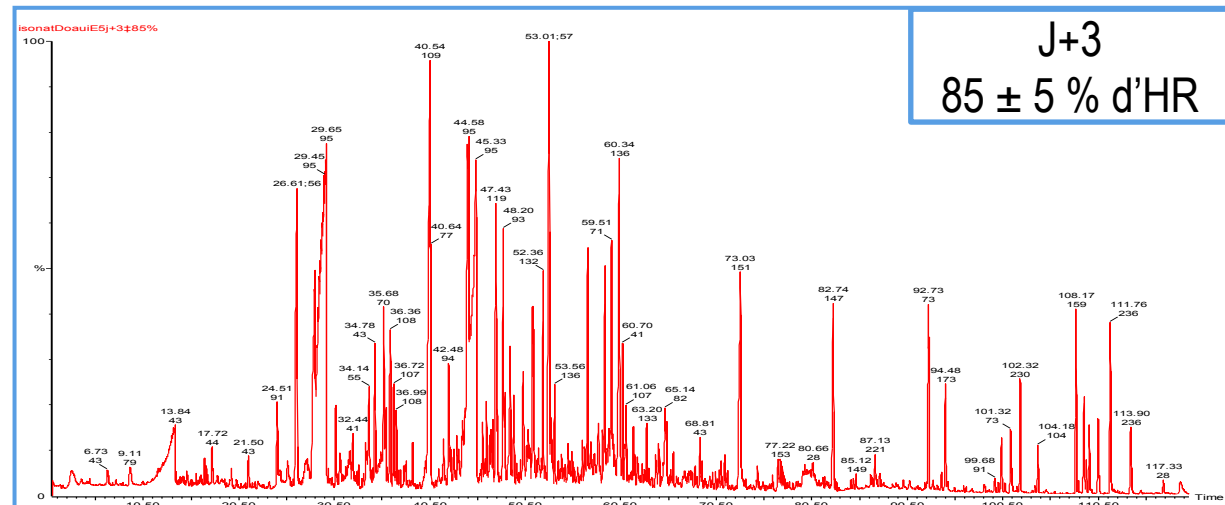
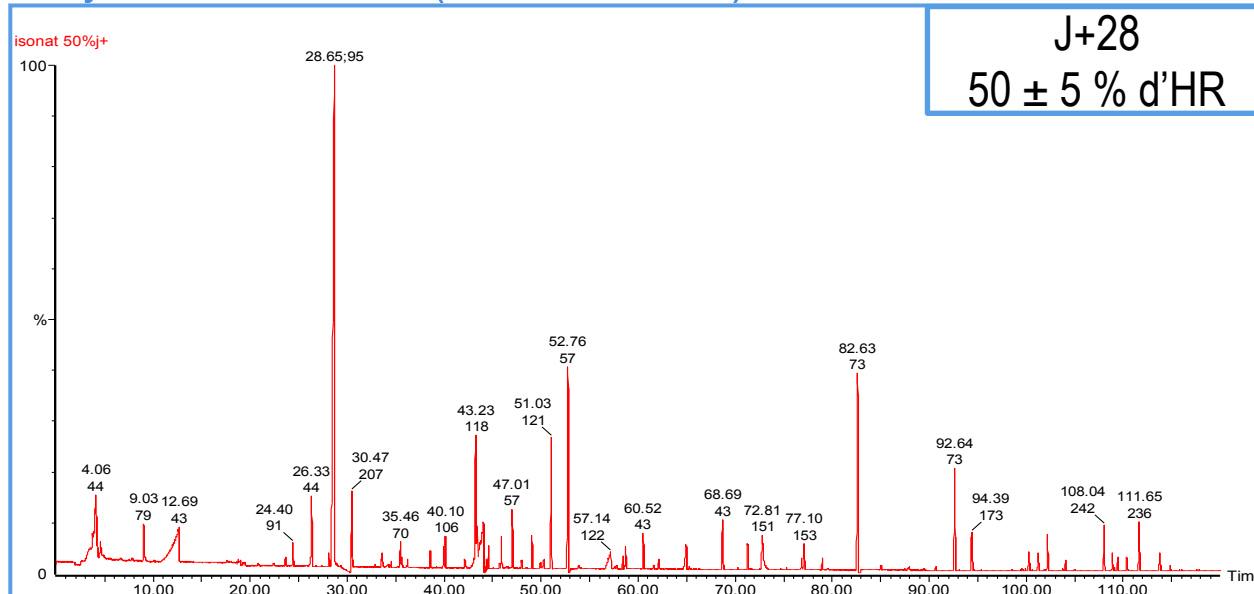


HR: $85 \pm 5 \%$



Caractérisation des émissions en COV des matériaux natifs

Effet de la variation d'HR sur les émissions en COV majoritaires – Résultats après 3 jours - Isolant A (fibres de bois)



Caractérisation des émissions en COV des matériaux natifs

Effet de la variation d'HR sur les émissions en COV majoritaires (Taux d'émission ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$) - Résultats après 3 jours - Isolant A (fibres de bois)

Prélèvement	$J_{\text{RH50\%}+28}$	$J_{\text{RH85\%}+3}$	Ratio $J_{\text{RH85\%}+3} / J_{\text{RH50\%}+28}$
COVT	$39,8 \pm 9,4$	$143,2 \pm 26,8$	4
Acétone	$1,9 \pm 0,3$	$2,6 \pm 1,3$	1
Acide acétique	$0,7 \pm 0,3$	$0,9 \pm 0,6$	1
Hexanal	$0,3 \pm 0,3$	$5,2 \pm 0,4$	19
Benzaldéhyde	$0,1 \pm 0,1$	$5,3 \pm 0,8$	38
o-Cymène	<LD	$1,0 \pm 0,1$	>230-260
D-limonène	<LD	$0,8 \pm 0,1$	>192-215
Vanillin	<LD	$0,5 \pm 0,4$	>63-205

* LD = $0,0004 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$

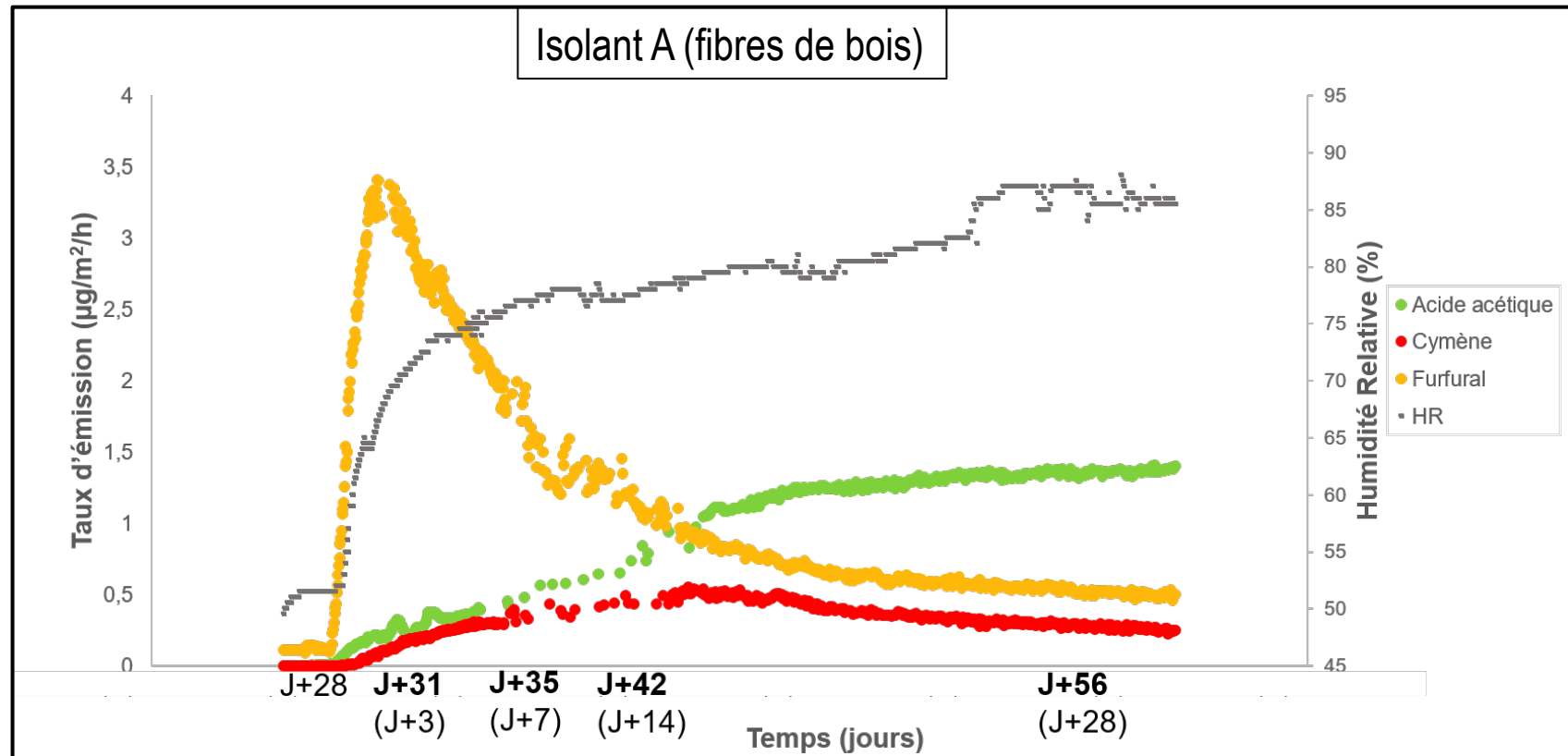
Même type de résultats observés pour l'isolant B



Important

Caractérisation des émissions en COV des matériaux natifs

Effet de la variation d'HR sur les émissions en COV majoritaires sur le long terme – Résultats durant 28 jours



Trois comportements:

1. Augmentation graduelle
2. Diminution progressive
3. Augmentations-diminutions variables

Même type de résultats observés pour l'isolant B



Important

Caractérisation des émissions en COV des matériaux natifs

Conclusions

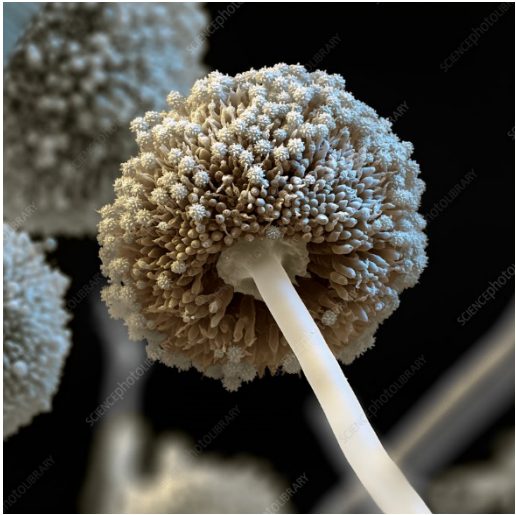
- Seuls le **formaldéhyde** et l'**acétaldéhyde** ont été quantifiés pour les **trois matériaux** en ce qui concerne les **COV réglementés**.
- Concernant les COV majoritaires, les **isolant bio-sourcés** restent **plus émissifs** que la laine de verre. L'évaluation de ces composés montre également que les **10 COV réglementés ne sont pas** nécessairement **représentatifs** des émissions des matériaux bio-sourcés
- Les **mesures des émissions** dans les conditions « standardisées » permettent de **comparer les émissions** des différents matériaux mais **ne reflètent pas le comportement** des matériaux dans leurs conditions d'usage (ATTENTION aux utilisations dans certains modèles),
- Une **HR élevée impacte très significativement les émissions en COV des matériaux bio-sourcés** particulièrement les composés hydrophiles

Publication :

« **Impacts of test methods on the assessment of insulation materials' resistance against moulds** », Ana Maria Tobon, Yves Andres, Nadine LOCOGE. Building and Environment, Volume 179, 15 July 2020, 106963.
doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106963

Projets :

- **EmiBio** : Evaluation des **E**missions des matériaux **B**iosourcés dans l'air intérieur
- **TREAT AGING** : Etude de l'efficacité du **T**RaitEment **A**ntifonGique des matériaux sur le lo**NG** terme



Merci de votre attention