

Le 16 juillet 2026

GUEGUEN MINERBE Marielle

MAST/CPDM

Risque de développement fongique sur les matériaux biosourcés

Les matériaux biosourcés pour le secteur du bâtiment

Avantages :

- Décarbonation du secteur du bâtiment
- Matériaux d'isolation : propriétés hydrothermiques performantes → sobriété énergétique
- Utilisation de ressources végétales locales
- Compatibles avec les principes de l'économie circulaire



<https://www.biofib.com/beton-de-chanvre/>

Limites :

- Sensibilité à l'humidité → potentiellement au développement fongique



Verrou : Risque de développement fongique

- Etude de la sensibilité des matériaux
- Etude du risque fongique → Détermination des conditions limites de développement des moisissures

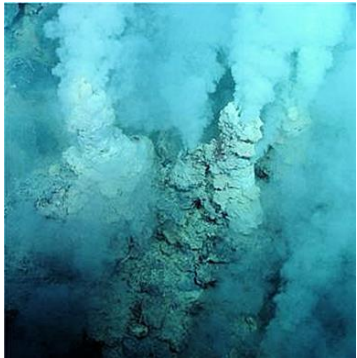


<https://www.neozone.org/lifestyle/immobilier-economiques-ecologiques-maisons-paille-seduisent-futurs-propreitaires/>

Pourquoi existe-t-il un risque de développement fongique sur les matériaux biosourcés ?

1- Ubiquité des microorganismes

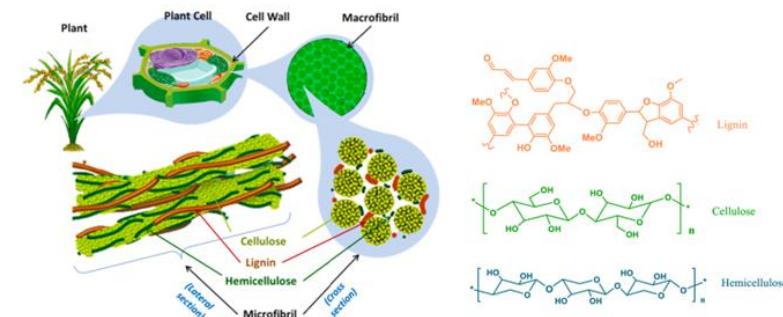
Présents dans de très nombreux environnements dont certains extrêmes



Seul point commun : invisibles à l'œil nu

2- Propriétés des matériaux biosourcés

Composition chimique

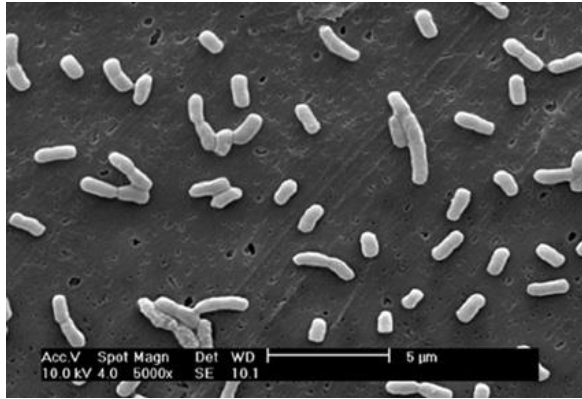


Sensible à l'humidité

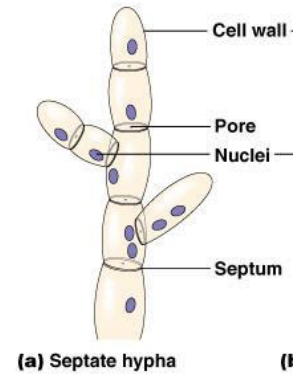
Pourquoi existe-t-il un risque de développement fongique sur les matériaux biosourcés ?

1- Ubiquité des microorganismes

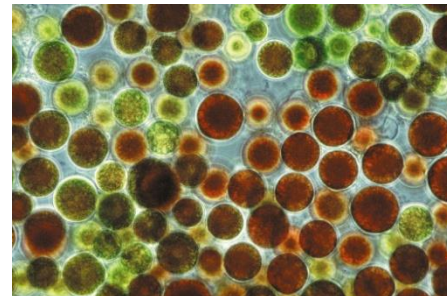
Les bactéries et Cyanobactéries



Les moisissures ou micro-champignons

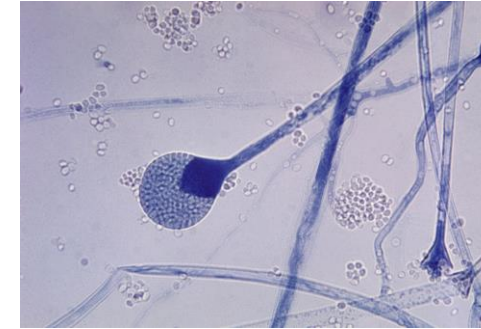
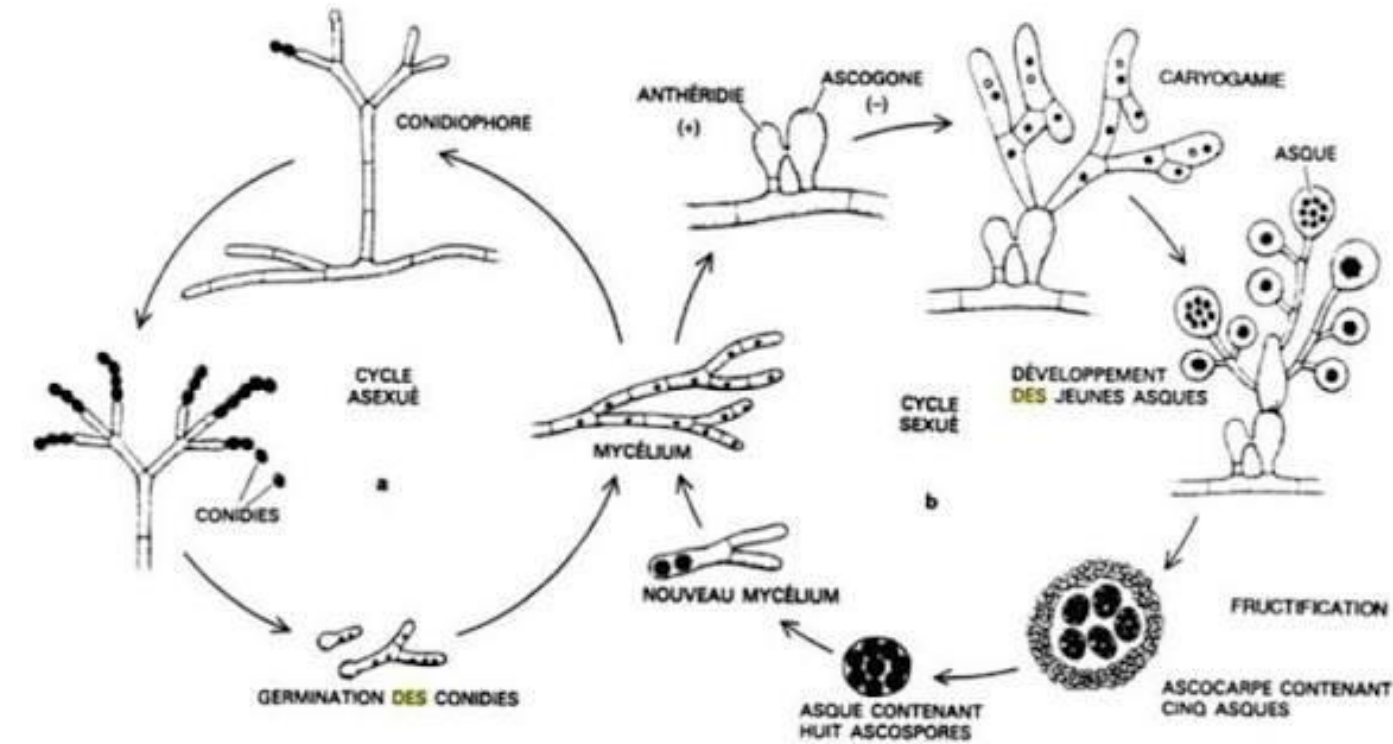


Les micro-algues

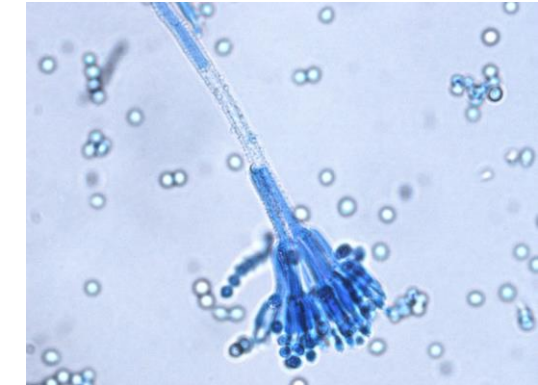


Pourquoi existe-t-il un risque de développement fongique sur les matériaux biosourcés ?

1- Ubiquité des microorganismes



Mucurales



Penicillium

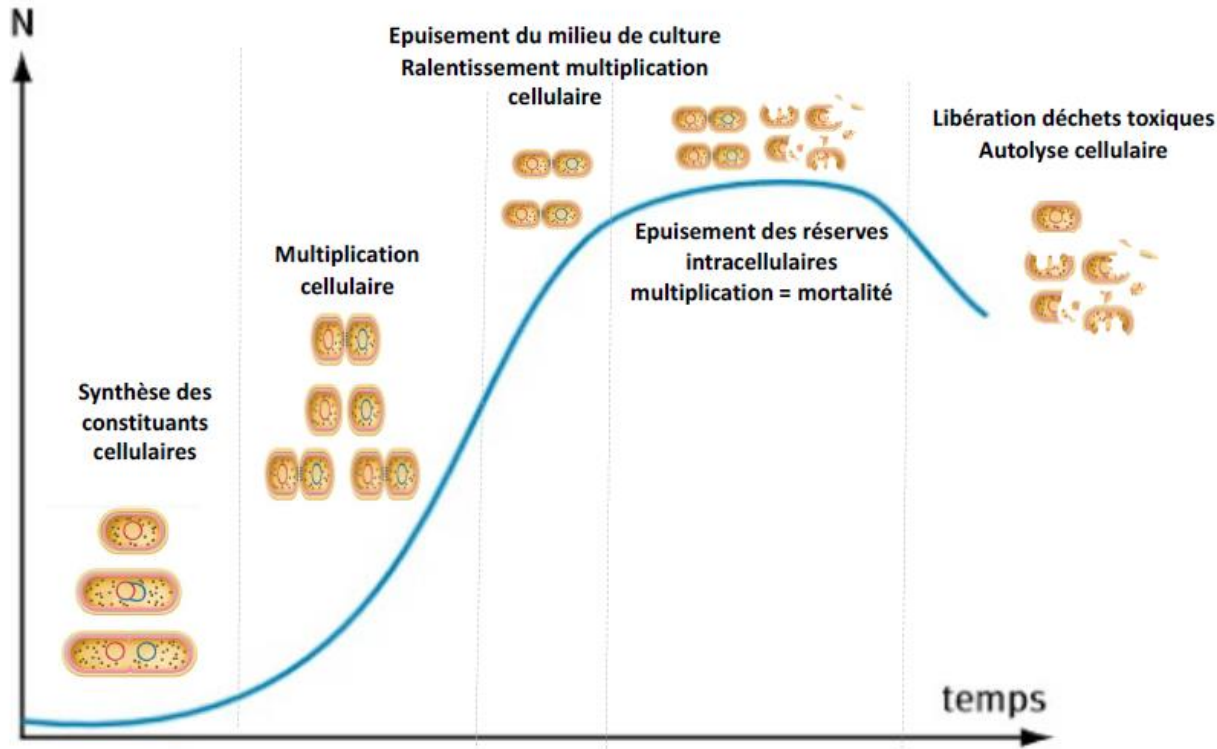


Aspergillus

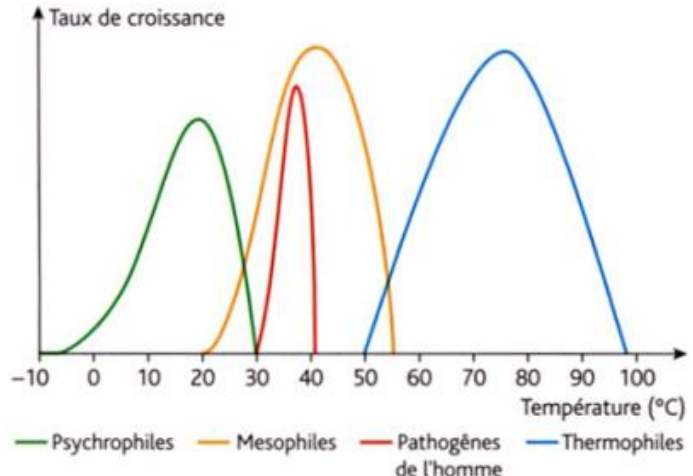
Pourquoi existe-t-il un risque de développement fongique sur les matériaux biosourcés ?

1- Ubiquité des microorganismes

Croissance et paramètres clés

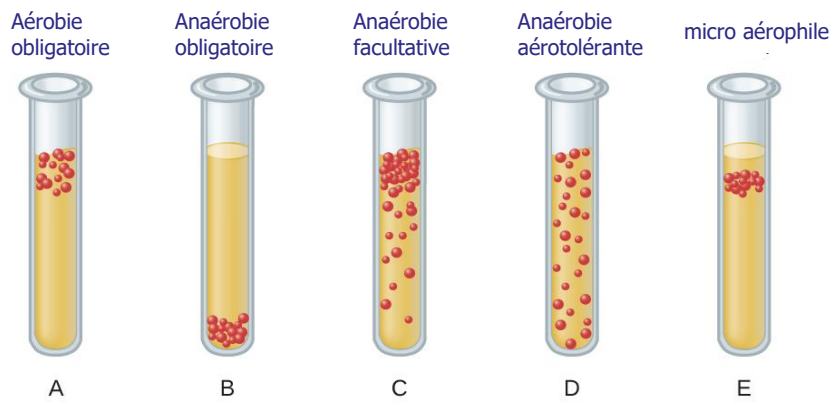


Température



Sciences Hachette 2011, p. 127

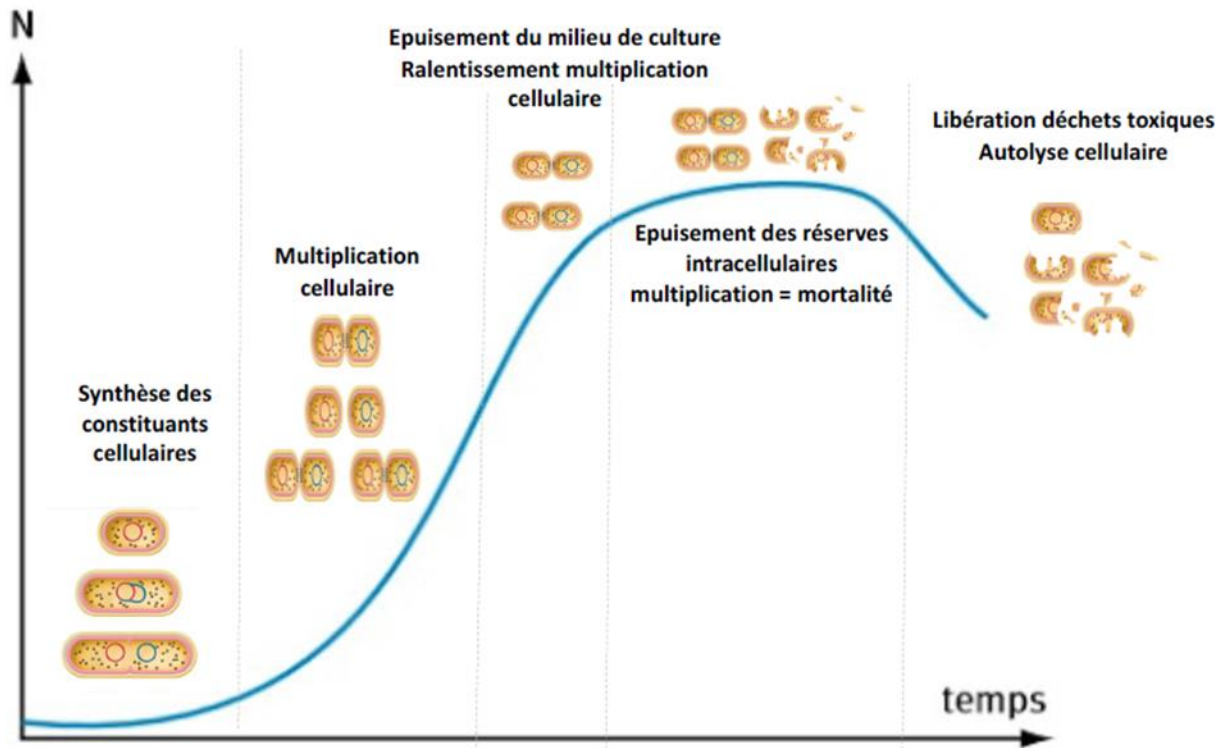
Accessibilité à l'oxygène



Pourquoi existe-t-il un risque de développement fongique sur les matériaux biosourcés ?

1- Ubiquité des microorganismes

Croissance et paramètres clés



L'activité de l'eau (A_w)

Inversement proportionnelle à la pression osmotique d'un composé.
Gouvernée par la présence plus ou moins importante de sels ou de sucres dissous dans l'eau.

- Présence de sucres
 - Les **microorganismes osmophiles** nécessitent des sucres pour leur croissance.
 - Les **microorganismes osmotolérants** acceptent des concentrations modérées de sucres mais non obligatoires pour leur croissance.

Pourquoi existe-t-il un risque de développement fongique sur les matériaux biosourcés ?

1- Ubiquité des microorganismes

Les besoins nutritionnels

- **Métabolisme** : ensemble des réactions chimiques de la cellule pour sa croissance
 - ☐ ATP/ADP* : source d'énergie biochimique
 - ☐ Sources de C et d'énergie
 - ☐ Succession de réactions d'oxydo-réduction
 - ☐ Aérobiose ou anaérobiose



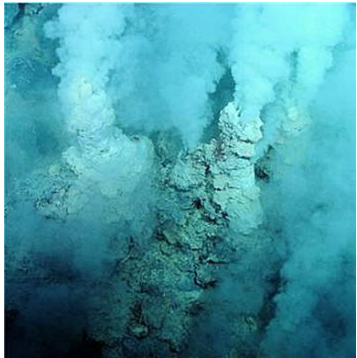
Source d'énergie	Lumière solaire	photo-			-trophe
	Composés chimiques	chimio-			
Donneur d'électrons	Composés organiques		organo-		
	Composés inorganiques		litho-		
Source de carbone	Composés organiques			hétéro-	
	Composés inorganiques			auto-	

*ATP : adénosine triphosphate
ADP : adénosine diphosphate

Pourquoi existe-t-il un risque de développement fongique sur les matériaux biosourcés ?

1- Ubiquité des microorganismes

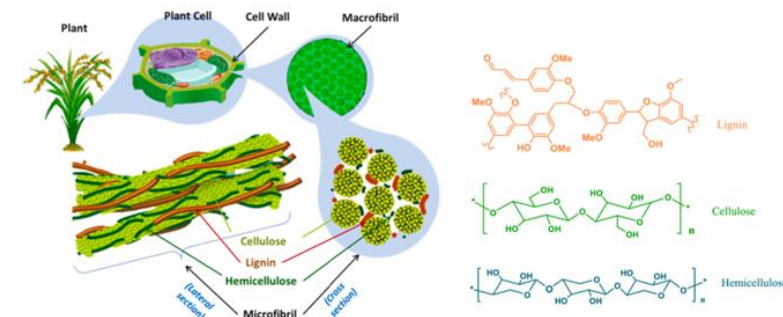
Présents dans de très nombreux environnements dont certains extrêmes



Seul point commun : invisibles à l'œil nu

2- Propriétés des matériaux biosourcés

Composition chimique

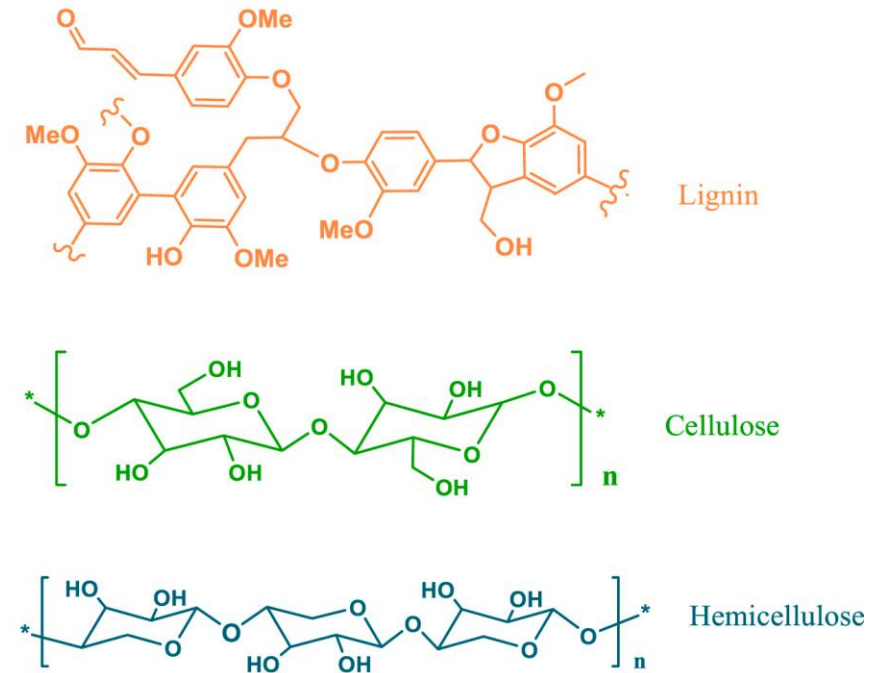
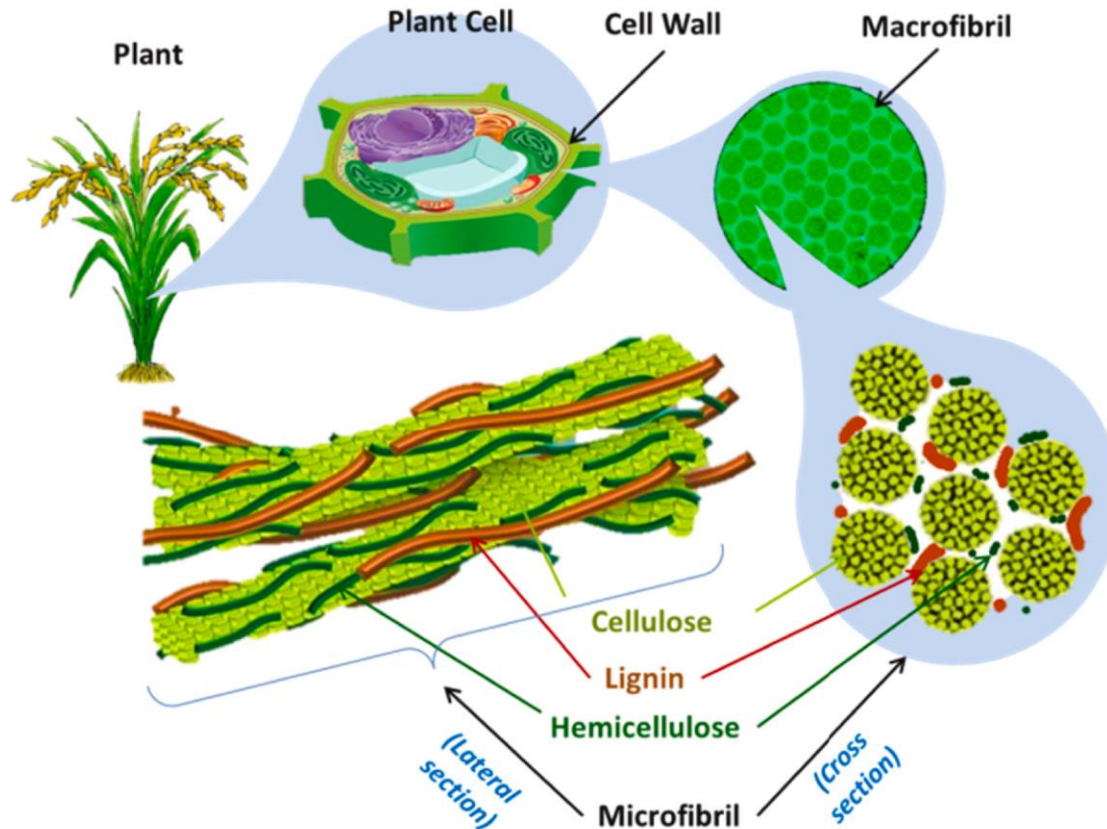


Sensible à l'humidité

Pourquoi existe-t-il un risque de développement fongique sur les matériaux biosourcés ?

2- Propriétés des matériaux biosourcés

Riche en carbone → favorable aux développement des organismes hétérotrophes



<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115843>

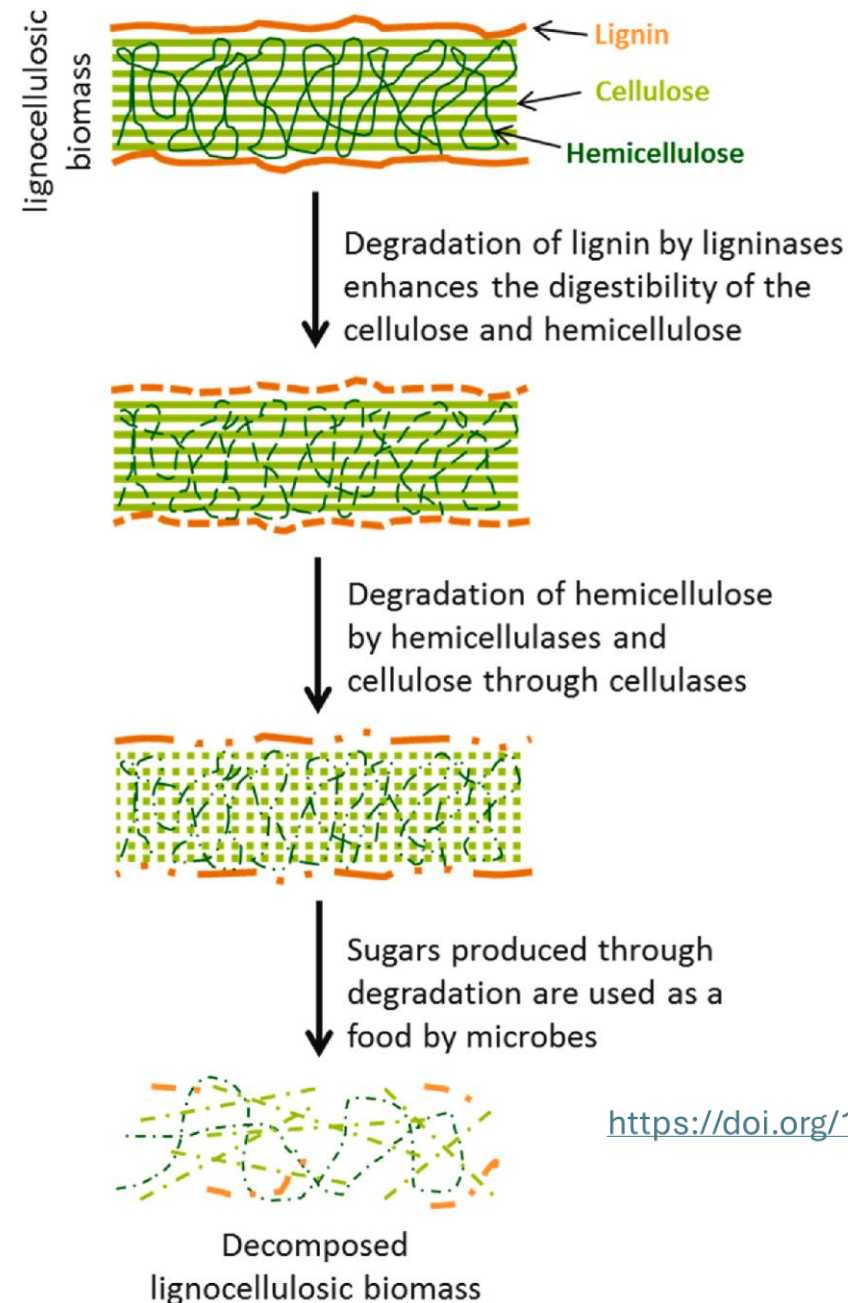
Pourquoi existe-t-il un risque de développement fongique sur les matériaux biosourcés ?

2- Propriétés des matériaux biosourcés

Riche en carbone → favorable aux
développement des organismes hétérotrophes

Accessibilité dépendante :

- La teneur en lignine
- Ratio C/N

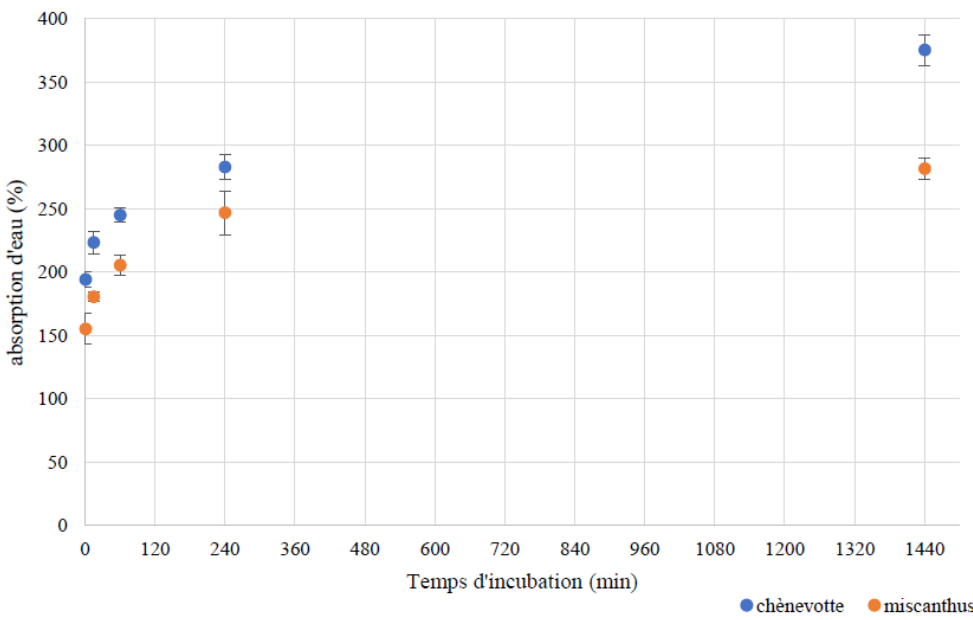


<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115843>

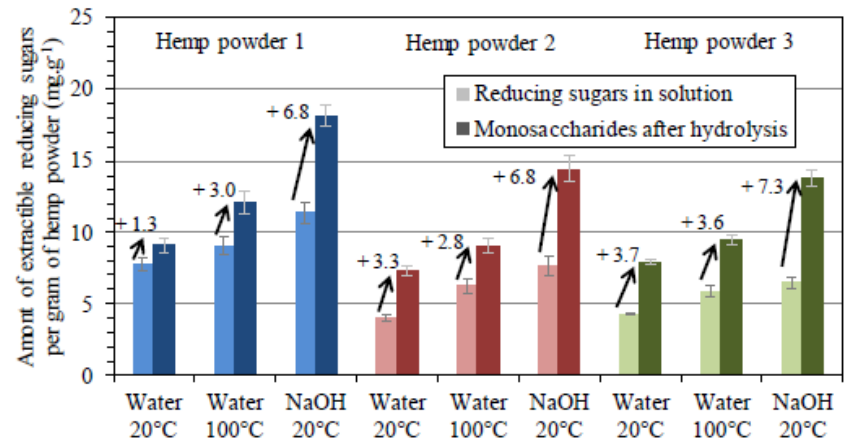
Pourquoi existe-t-il un risque de développement fongique sur les matériaux biosourcés ?

2- Propriétés des matériaux biosourcés

Sensible à l'humidité



Présence de nombreux extractibles en présence d'eau

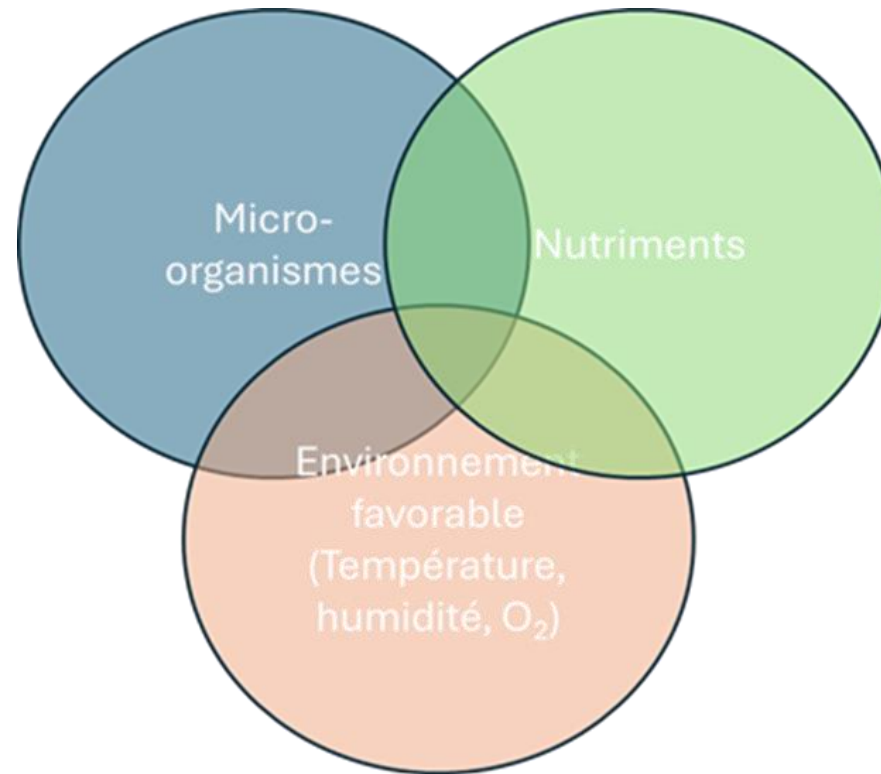


- Présence de sucres
 - Les **microorganismes osmophiles** nécessitent des sucres pour leur croissance.
 - Les **microorganismes osmotolérants** acceptent des concentrations modérées de sucres mais non obligatoires pour leur croissance.

Figure IV-27. Content of reducing sugars and of monosaccharides after hydrolysis per gram of shiv in extractive solution after 1 h in water at 20°C, water at 100°C and in soda solution at 20°C

Il existe un risque de développement fongique sur les matériaux biosourcés

→ Mais uniquement dans certaines conditions



Impact du développement fongique

Important pour le matériaux (conservations de ses propriétés) et pour la qualité de l'air pour les habitants

1- Etude de la sensibilité des matériaux biosourcés

2- Etude du risque de développement de moisissures

Etude de la sensibilité des matériaux biosourcés

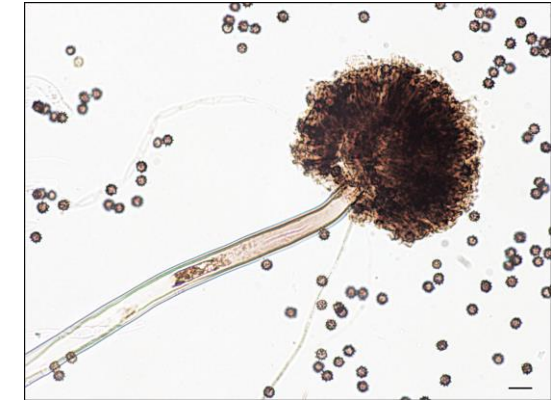
Essais préconisés pour déterminer le développement fongique :

- 1- Stériliser les matériaux biosourcés ;
- 2- Inoculer une sélection de souches ;

Aspergillus niger
Trichoderma viride
Penicillium funicolosum
Chaetomium globosum
Paecilomyces variotii

Aspergillus niger
Trichoderma viride
Talaromyces pinophilus
Chaetomium globosum
Paecilomyces variotii
Aspergillus versicolor

Aspergillus niger



<https://www.inspq.qc.ca/moisissures/fiches/aspergillus-niger>

- 3- Exposer les matériaux biosourcés pendant 28 jours à 85 et 95% d'HR à 28°C.
- 4- Observation visuelle du développement fongique

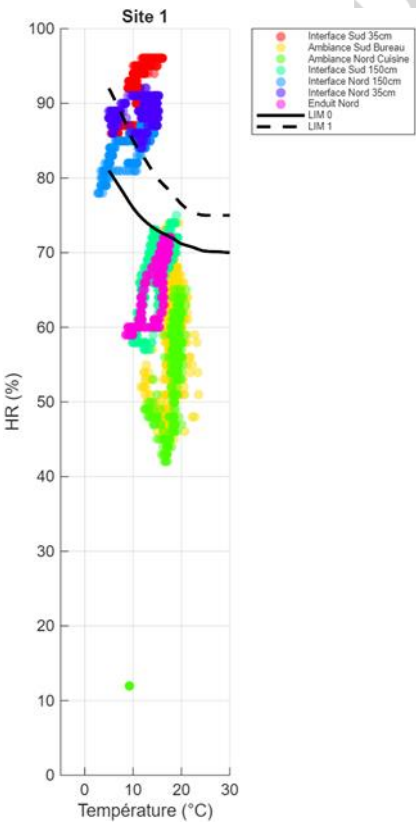
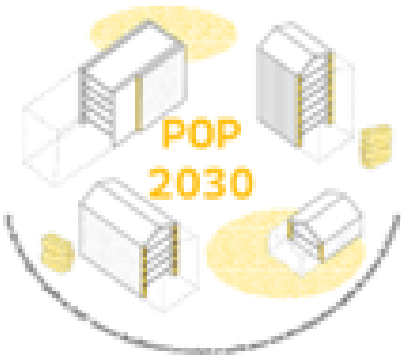
Résultats attendus

Permet de tester rapidement l'efficacité d'un traitement, comparer des matériaux

Permet de déterminer / comprendre la dégradation des végétaux

Etude du risque de développement de moisissures

Projet Ademe POP 2030 – Pilote RFCP, 20 partenaires, 8,3 M€
Thèse E. Durand (2025-2028)



➔ Mise en place du méthodologie pour déterminer le risque de développement

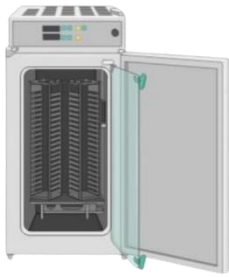
Evaluation du risque de développement fongique



30 °C
80% RH



3
months



T0



3 mois



Paille d'orge

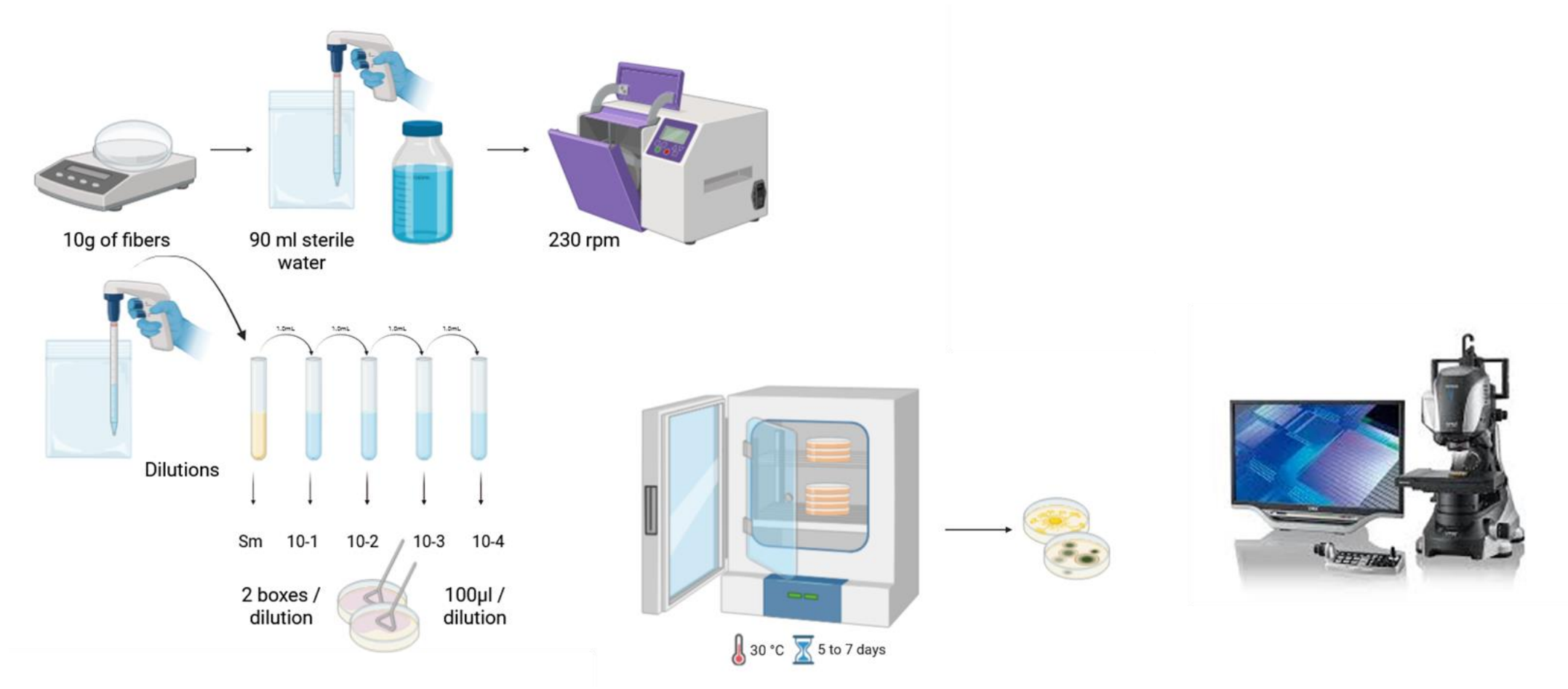


Paille de blé

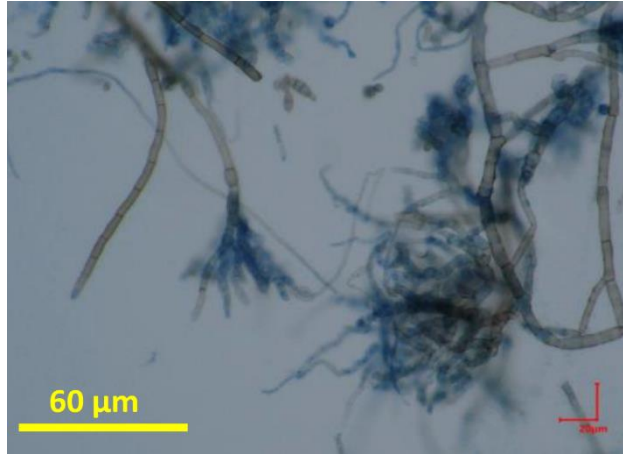


Paille de blé

Protocole d'extraction des spores fongiques



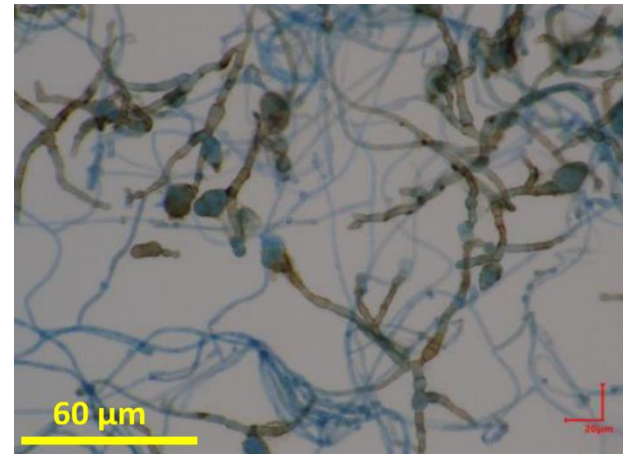
t0



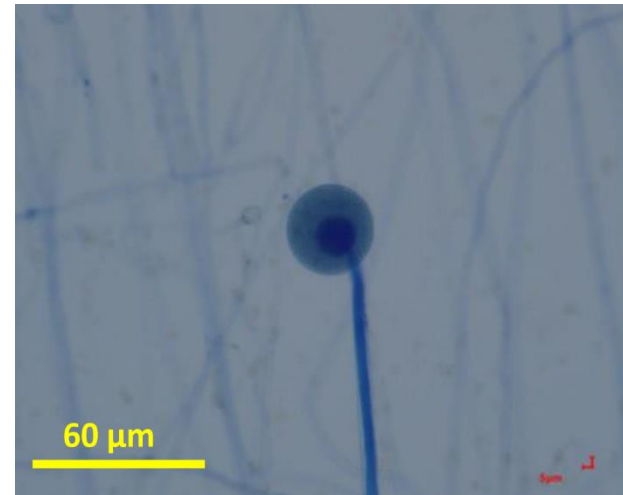
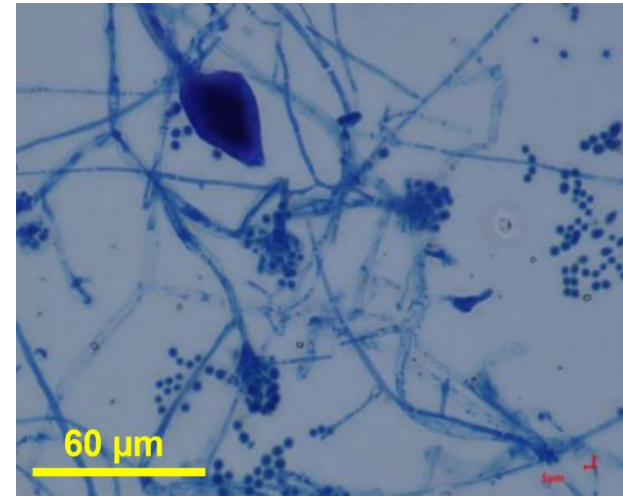
Penicillium spp.



Epicoccum purpurascens



3 mois



B. bassiana

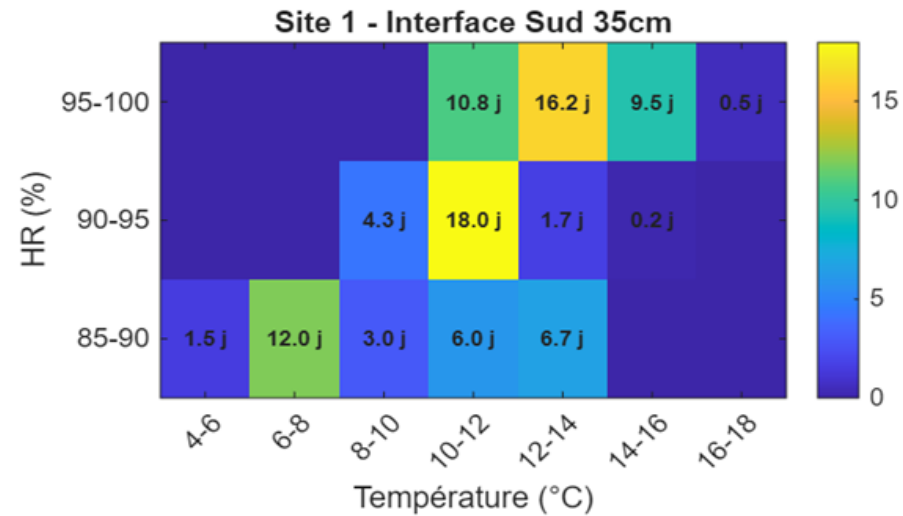
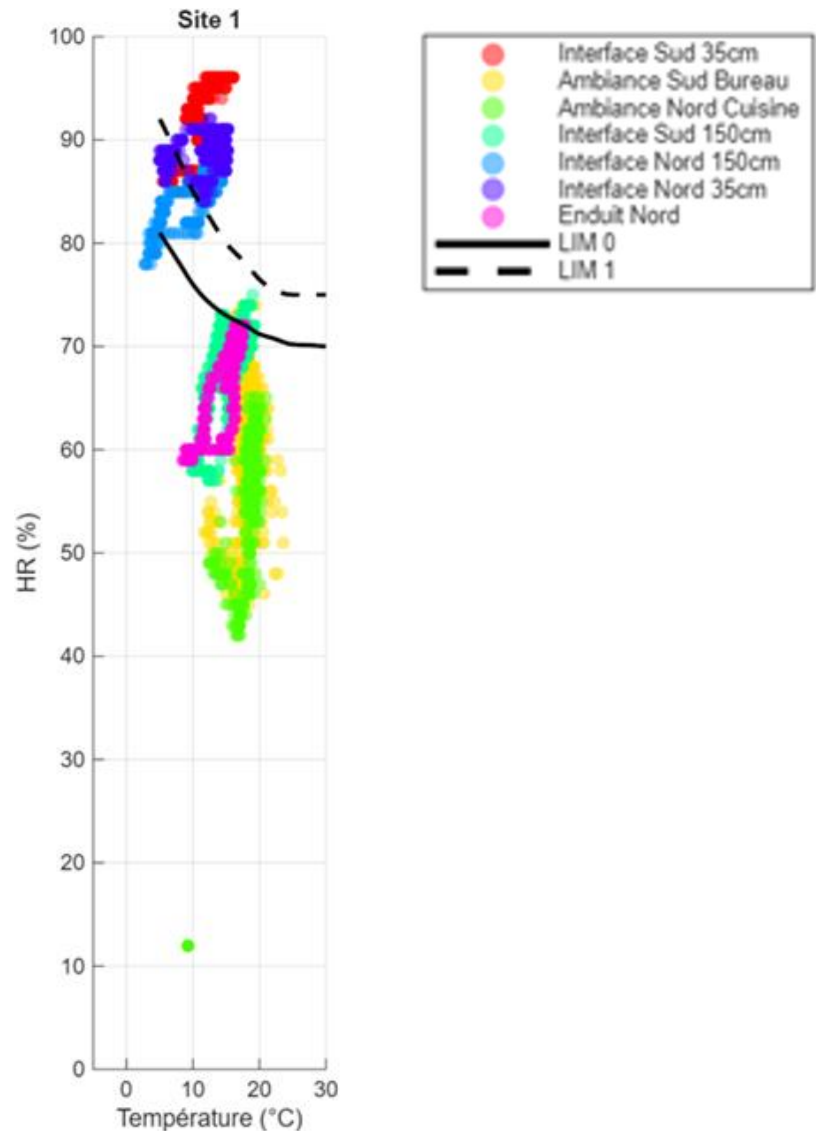


Rhizopus spp.

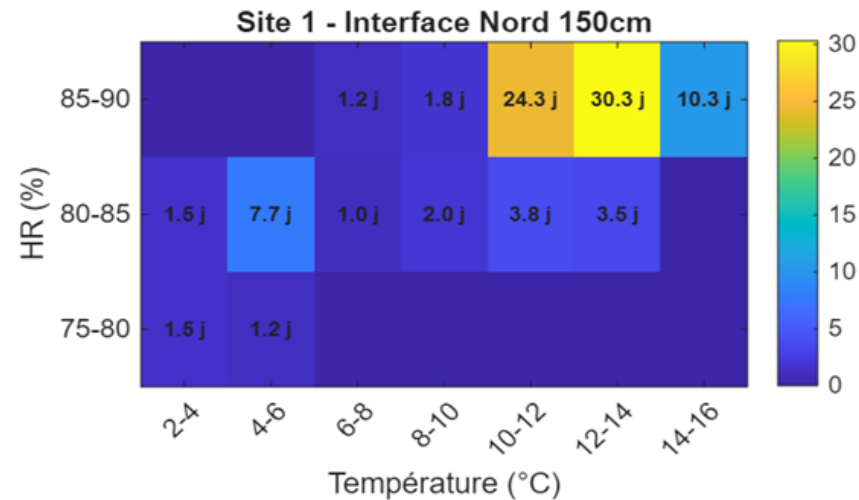
➔ Microorganismes présents dans le sol et dans l'air

Etude du risque de développement de moisissures

- Instrumentation de site réel (avec le bureau d'études wigwam)
- Détermination des 3 facteurs T°/HR et temps d'exposition



Pendant 18 jours :
90-95%HR
10-12 °C



Pendant 30 jours :
85-90%HR
12-14 °C

Conclusions

Important de ne pas confondre sensibilité et risque au développement fongique



SENSIBILITE : Vulnérabilité intrinsèque d'un matériaux

RISQUE : Probabilité d'un développement dépend des conditions environnementales

- Test normatif basé sur l'ensemencement de souches et incubation dans des conditions optimales de croissance permet de tester la sensibilité
- Nécessité de mettre en place des isoplèthes de risques de développement fongique en fonction de la nature des matériaux
- Développement de bonnes pratiques par rapport aux stockages des matériaux sur champs et mise en œuvre

Marielle Guéguen Minerbe

Marielle.gueguen@univ-eiffel.fr

