
Travail de fin d'études / Projet de fin d'études : Analyse technique et acceptabilité sociale d'un matériau composite à base de mycélium et de terre crue

Auteur : Hofmann, Elisa

Promoteur(s) : Courard, Luc

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil architecte, à finalité spécialisée en ingénierie architecturale et urbaine

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/24571>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative" (BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



MycoTerra
TFE : mycélium et
construction durable



Université de Liège
Facultée des sciences appliquées

Année académique 2024-2025

Analyse technique et acceptabilité sociale d'un matériau composite à base de mycélium et de terre crue

Travail de fin d'études réalisé en vue de l'obtention
du grade de master Ingénieur Civil en architecture

Hofmann Elisa

Promoteurs :
Courard Luc
Mertens Audrey

Jury :
Cools Mario
Adamah Messan
Shady Attia



MYTCOTERRA

Résumé

Dans un contexte de crise écologique globale, la construction apparaît comme l'un des secteurs les plus impactants en termes d'empreinte environnementale. De l'extraction des ressources à la démolition des bâtiments, les matériaux traditionnels participent à la dégradation des écosystèmes, à la production de déchets et à l'épuisement des matières premières. Face à ces enjeux, la nécessité d'intégrer des matériaux renouvelables, biodégradables et faiblement transformés s'impose comme une priorité dans les démarches de conception durable.

La terre crue et le mycélium constituent une piste prometteuse. Les composites mycéliens se distinguent par leur légèreté, leurs propriétés en termes d'isolation ainsi que leur caractère compostable. À la croisée entre biologie et architecture, le mycélium, qui est la partie végétative du champignon, incarne une nouvelle génération de matériaux vivants, modulables et compatibles avec les logiques de circularité. Néanmoins, son intégration dans les pratiques constructives reste limitée, en raison de contraintes techniques, esthétiques et culturelles encore peu explorées.

Cette recherche, vise à étudier les conditions de conception d'un matériau de construction à base de mycélium capable de répondre aux enjeux contemporains de durabilité. Elle s'organise autour de deux axes principaux :

- i) le premier analyse l'influence des conditions de culture, telles que la souche fongique, le type de substrat, le temps de colonisation et les conditions de croissance sur les performances du biocomposite. Il expérimente l'interface entre la terre crue et le mycélium, en tant qu'assemblage possible entre un matériau traditionnel, la terre, et un matériau émergent, à base de mycélium, afin d'évaluer leurs compatibilités techniques et environnementales dans des systèmes constructifs hybrides. Il conduit également, par le biais d'interview, à une analyse sur les modalités de production et d'intégration de ce type de matériau au sein des pratiques constructives actuelles ;
- ii) Le second s'intéresse à l'acceptabilité sociale du matériau à travers la mise en place de focus groups. L'objectif est d'identifier les représentations, les freins et les leviers liés à son acceptabilité, en particulier face à son apparence organique, ses propriétés sensorielles singulières et l'imaginaire souvent négatif associé aux champignons.

Ce travail propose ainsi une approche croisée entre recherche expérimentale mycologique, réflexion sur la matérialité et l'étude des représentations, dans le but d'envisager le mycélium comme un véritable matériau d'avenir pour une construction plus respectueuse de l'environnement.

Mots clés : Mycélium, Terre crue, Construction, Biocomposite, Acceptabilité.

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à toutes les personnes ayant contribué à la réalisation de ce mémoire de master.

En premier lieu, je souhaite tout particulièrement adresser mes remerciements au Professeur Luc Courard, ainsi qu'à mon encadrante Audrey Mertens, pour leur encadrement attentif et leurs conseils avisés.

Je souhaite également remercier l'ensemble de l'équipe du laboratoire des matériaux de constructions de l'Université de Liège, en particulier Frédéric Michel, Joan Van Puvelde, Romain Libert et Amaury Daras pour leur encadrement et les ressources mises à ma disposition ainsi que l'ensemble de l'équipe du laboratoire Inter'Act pour son accueil chaleureux durant les deux derniers mois de mon travail.

Merci à Étienne Guillaume pour son accompagnement dans la découverte expérimentale de la construction en terre crue, ainsi que pour son travail lors des phases de préparation des mélanges à briques ainsi qu'à Etienne Issa et Juliette Salme dont les conseils avisés et l'expertise sur le mycélium ont été d'une grande aide.

Ma gratitude va aussi à Ecobati, Frédéric Pierlot, Constant Gillet, qui m'ont fourni, gracieusement, les échantillons indispensables pour mener à bien l'organisation des focus group et à la Mycosphère, pour la fourniture du spawn de mycélium.

Je souhaite saluer l'engagement de l'ensemble des participants des focus group, dont les contributions ont permis d'enrichir ce travail et d'ouvrir de nouvelles perspectives sur l'application du mycélium dans le domaine de la construction.

Je remercie également Liege Creative qui m'a permis de venir présenter mon projet de recherche lors de la conférence « Innover en travaillant avec le vivant, le potentiel des champignons ».

J'exprime également toute ma gratitude à ma famille, Delphine Eloy et Pascal Waltregny et à mes amis pour leur appui indéfectible tout au long de ce parcours.

Enfin, ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans le mycélium, cette intelligence silencieuse de la nature, qui m'a appris à écouter autrement le monde du vivant.

« Ce monde qui est le nôtre change sans cesse ...

Non pour le meilleur, ni pour le pire, mais pour la vie.

Si la tempête se lève et si l'eau monte ...

Si le feu brûle la terre ...

Ou si les ténèbres descendent ...

Nous serons là, au travail.

Comme nous l'avons toujours fait.

Etendant le réseau, construisant la communauté,

restaurant l'équilibre, petit à petit.

Une connexion à la fois.

Cela peut prendre un million d'années

ou cent millions.

Mais nous serons toujours là. »

(Stamets, 2022, p171)

Table des matières

Résumé.....	1
Remerciements.....	2
Table des matières	4
Lexique.....	7
Introduction	9
1.1. Contexte.....	9
1.2. Focus de la recherche – Construire avec le vivant	11
1.3. Questions de recherche	14
1.4. Guide de lecture.....	15
1.5. Construction du corpus documentaire	17
Volet 1 : Du vivant au matériau - Etat de l'art	18
2.1. Les champignons, les bâtisseurs de l'invisible	18
2.2. Le mycélium	21
2.2.1. Le mycélium, les racines invisibles du monde fongique	21
2.2.2. Du sol à l'industrie, les usages du mycélium	23
2.2.3. Les composites à base de mycélium.....	27
2.3. La terre crue	43
2.3.1. La terre crue, matériau d'hier, solution de demain	43
2.3.2. Du sable à l'architecture, les usages de la terre crue.....	44
2.3.3. Les briques en terre crue comprimée	45
2.4. L'acceptabilité des matériaux	46
2.4.1. L'acceptabilité, une notion plurielle et contextuelle	46
2.4.2. Materials benchmarking.....	48
2.4.3. Expérience et identité matérielle	48
Volet 2 : Développement d'un isolant mycélien pour une brique en terre crue	50
3.1. Stratégie de fabrication des échantillons	50
3.2. Protocole de préparation des BTC.....	51
3.2.1. Matériaux (briques)	51
3.2.2. Préparation des mélanges	51
3.2.3. Pressage de la brique	52
3.3. Protocole de préparation des MBC.....	54
3.3.1. Cultiver le MBC	54
3.3.2. Influence des étapes de production sur les propriétés.....	59
3.3.3. Méthodologie de production des MBC retenue pour l'étude	60

3.4. Caractéristiques des échantillons	64
3.4.1. Briques de mycélium	64
3.4.2. Composites terre crue – mycélium	64
3.4.3. Echantillons cylindriques	66
3.4.4. Panneaux	66
3.5. Propriétés physiques et mécaniques	67
3.5.1. Densité	67
3.5.2. Retrait	67
3.5.3. Observation microscopique	67
3.5.4. Teneur en humidité	68
3.5.5. Conductivité thermique : essai de diffusion par aiguille	68
3.5.6. Absorption d'eau par capillarité et par immersion	68
3.5.7. Adhérence par Dynastest et Instron	70
3.6. Résultats	71
3.6.1. Observation macroscopique de la colonisation fongique	71
3.6.2. Contamination	72
3.6.3. Densité	72
3.6.4. Retrait	73
3.6.5. Observation microscopique	73
3.6.6. Teneur en humidité	74
3.6.7. Conductivité thermique	74
3.6.8. Absorption d'eau	75
3.6.9. Adhérence	76
3.7. Protocole d'interview	81
3.7.1. Les Interviews	81
3.7.2. Interview non structurée et non standardisée	81
3.8. Résultats de l'interview	82
3.8.1. Participant	82
3.8.2. Le moment champignon	82
3.8.3. Les biocomposites en Belgique	82
3.8.4. Savoirs ouverts et procédés confidentiels	83
3.8.5. Modèle de production des produits mycéliens	84
3.8.6. Economie circulaire	86
3.8.7. Habiter avec le vivant	86
Volet 3 : Exploration de l'acceptabilité du mycélium	89
4.1. Méthodologie des Focus group	89
4.1.1. Le focus group	89
4.1.2. Collecte de données	90
4.2. Résultats	96
4.2.2. Participants	96
4.2.3. Analyse transversale des deux focus groups	97

Volet 4 : Discussions & Conclusion	107
Discussions	107
5.1. Interprétation des résultats	107
5.1.1. Complémentarité approches expérimentales et participatives	107
5.1.2. Les MBC matériau d'avenir ?.....	107
5.1.5. Contribution du travail.....	114
5.2. Limites et perspectives	115
5.2.1. Limites	115
5.2.2. Perspectives	115
Conclusion.....	118
Bibliographie.....	119
Webographie	137
Table des figures.....	139
Indexe des tableaux	141
Indexe des normes.....	142
Annexes.....	143

Lexique

Bioadhésif	Substance biologique qui relie mécaniquement deux ou plusieurs éléments (Kinloch, 1987). Toutefois, le mycélium se distingue des résines adhésives courantes car au lieu d'être appliqué sous forme liquide puis durci, il croît directement sur le substrat et en modifie la chimie au cours du processus (Sun et al., 2023).
Biofabrication	Procédé de production d'objets biologiques complexes, vivants ou non, à partir de cellules vivantes, de tissus ou de molécules, dans le but de concevoir des structures fonctionnelles à usages industriels, médicaux ou environnementaux (Adamatzky & Gandia, 2022).
BTC	Brique ou bloc de terre comprimée, il s'agit d'une technique de construction en terre visant à fabriquer des briques compactées à l'état humide dans des presses (Fontaine & Anger, 2009).
Champignon	Terme désignant à la fois le règne des Fungis et, dans le langage courant, l'appareil reproducteur obtenu par fructification du mycélium, visible sous forme de pied et de chapeau (Gobert, 2020 ; Martin, 2022).
Fongique	Relatif aux champignons (Larousse, 2024).
Fungi	Règne des champignons, distinct des végétaux et des animaux, comprenant les levures, les moisissures, et les champignons supérieurs (Gobert, 2020).
Hyphe	Filament microscopique formant le mycélium. Les hyphes se ramifient et s'entrelacent pour créer une matrice dense (Elsacker et al., 2021).
Inoculation	Processus d'ensemencement d'un substrat avec du mycélium, généralement après traitement du substrat (Gobert, 2020).
Incubation	Phase végétative durant laquelle le mycélium se développe activement, colonise et décompose le substrat avant la fructification et l'apparition des champignons. Après l'ensemencement, les filaments blancs se propagent à travers le substrat, dans des conditions environnementales contrôlées (Gobert, 2025).
MBC	<i>Mycélium-based composite</i> traduit en français par composite à base de mycélium formé à l'aide d'un processus de croissance fongique naturel, qui lie un matériau lignocellulosique en des géométries tridimensionnelles (Fairus et al., 2022).
Mycélium	Structure végétative des champignons, constituée d'un réseau tridimensionnel de filaments blancs et fins appelés hyphes. Ce réseau traverse le substrat et assure l'alimentation du champignon en absorbant et en transportant les nutriments nécessaires à sa croissance (Elsacker et al., 2021 ; Flück, 2005).

Pasteurisation

Procédé qui consiste à incuber le substrat dans de l'eau bouillante à 100 dans un intervalle de 80 à 120 minutes (Elsacker et al., 2020 ; Lelivelt et al., 2015).

Spawn

Nom anglais désignant le « blanc de champignon » ou « mycélium d'ensemencement » : il s'agit du mycélium cultivé sur un support, généralement à base de grains ou de sciure, et utilisé comme semence pour la culture des champignons. (Gobert, 2020).

Stérilisation

Procédé qui consiste à autoclaver le substrat entre 115°C et 121°C sous pression ou par des méthodes chimiques (Elsacker et al., 2020 ; Mycosphère, s.d.).

Substrat

Matière sur laquelle se fixe le champignon et qui lui sert de nourriture (Pirlot, 2021).

Trichoderma

Genre de champignons filamenteux appartenant à la famille des Hypocreaceae. Il se distingue par une croissance rapide et la production de conidies vertes lors de son développement sur un substrat. En myciculture, le *Trichoderma*, souvent désigné sous le nom de "moisissure verte", est généralement considéré comme un contaminant majeur. (Gobert, 2024).

Introduction

1.1. Contexte

Le XXI^e siècle est marqué par des défis environnementaux majeurs : changement climatique, raréfaction des matières premières, hausse des émissions de gaz à effet de serre, enfouissement ou incinération des déchets, dégradation des sols, pollution des eaux, disparition accélérée de la biodiversité.

Ces enjeux s'intensifient dans un contexte de croissance démographique rapide, avec une population mondiale estimée à 9,7 milliards d'habitants d'ici 2050, dont près de 68 % vivront en milieu urbain (Khyaju & Luangharn, 2024 ; Maraveas, 2020). Cette urbanisation massive s'accompagnera d'une explosion de la production de déchets annuelle estimée à 3,4 milliards de tonnes d'ici 2050 (Alemu et al., 2022 ; Hoornweg & Bhada-Tata 2012).

Par ailleurs, la demande alimentaire mondiale augmente, générant des volumes croissants de résidus agricoles. Ces sous-produits, souvent négligés représentent pourtant une ressource précieuse pour d'autres secteurs industriels, notamment celui de la construction (Khyaju & Luangharn, 2024 ; Muchovej & Pacovsky, 1997).

L'humanité se trouve donc aujourd'hui à un moment clé de son évolution, où elle doit repenser radicalement ses modes de vie, au risque de provoquer un effondrement écologique irréversible.

Les objectifs fixés par l'accord de Paris, et renforcé par les trajectoires climatiques récentes, visent à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050 et à limiter le réchauffement planétaire (Nations Unies, 2015). Le secteur de la construction est parmi les plus impactants : il est à lui seule responsable de 39 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (Balashanmugam & Mardoukhi, 2021), notamment en raison de la production de matériaux, qui représente 8 à 10 % de ces émissions (Shin et al., 2025).

Dans ce contexte, ce mémoire questionne les approches architecturales dans le choix de matériaux de construction afin d'agir sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment : depuis la conception, jusqu'à l'usage, sans oublier le démantèlement, qui se doit d'être envisagé dans une logique de réversibilité, de réemploi et d'économie circulaire.

La transformation de ces pratiques ne peut se penser indépendamment des ressources mobilisées dans le processus de construction. Les stratégies de développement durable soulignent la nécessité de réduire la dépendance aux ressources non renouvelables et de favoriser une économie circulaire (Wang et al., 2024).

Dans ce travail, la piste explorée est la substitution des matériaux traditionnels par des alternatives plus respectueuses de l'environnement (Abhijith et al., 2018 ; Khyaju & Luangharn, 2024 ; Wang et al, 2024).

Cette transition impose de repenser les critères de sélection des matériaux, en dépassant les considérations strictement techniques, économiques ou esthétiques afin d'y intégrer des dimensions fondamentales telles que l'empreinte carbone, la circularité (Figure 1) ou encore l'efficacité des ressources (Moser et al., 2017).

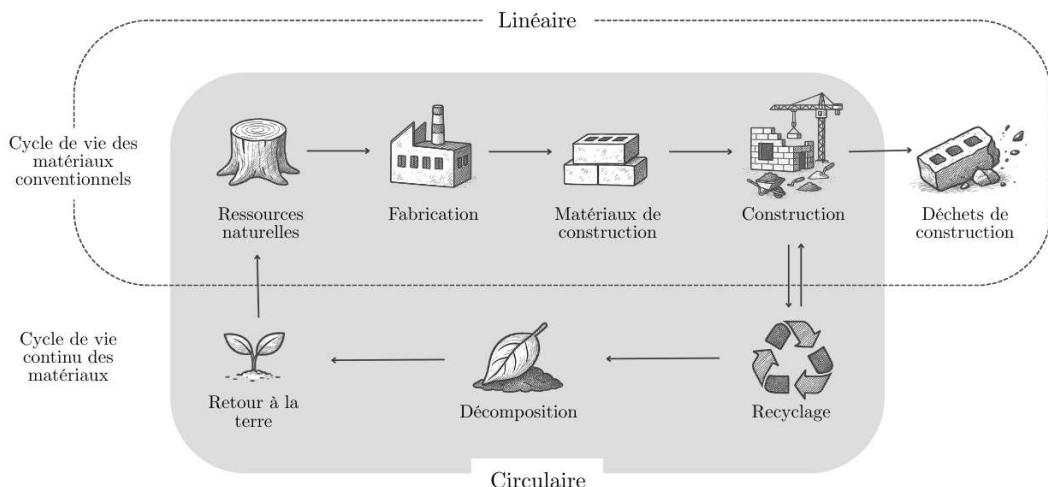


Figure 1 - Du linéaire au circulaire : repenser les matériaux (adapté de Almpani-Lekka et al., 2021, p2)

Une production responsable des matériaux est donc devenue un sujet central depuis plusieurs décennies dans la recherche sur la durabilité (Camere & Karana, 2018 ; Ehrenfeld, 2008 ; Manzini, 2009 ; Thackara, 2006). L'impact environnemental d'un produit se joue en grande partie dès son design, en optimisant l'usage des ressources, en facilitant le démontage, en privilégiant encore en planifiant la réutilisation de tous les éléments ou le recyclage (Ashby, 2012 ; Bakker et al., 2014 ; Camere & Karana, 2018).

Plusieurs catégories de matériaux alternatifs se distinguent dans la recherche actuelle :

- Les matériaux issus de ressources renouvelables, c'est-à-dire provenant de matières premières dont le rythme d'exploitation reste inférieur à leur capacité naturelle de renouvellement (Vezzoli et al., 2014),
- Les matériaux recyclés, provenant du traitement de produits en fin de vie pour une réintégration dans un nouveau cycle d'usage (Vezzoli et al., 2014),
- Les matériaux biosourcés, issus de la biomasse végétale, c'est-à-dire des matériaux cultivés plutôt que fabriqués (Wang et al., 2024 : Zolotovsky, 2017).

1.2. Focus de la recherche – Construire avec le vivant

Au cours de la dernière décennie, les architectes et les designers ont manifesté un intérêt croissant pour les biomatériaux, perçus comme des réponses durables aux enjeux environnementaux majeurs (Ghazvinian & Gursoy, 2022a).

Les biomatériaux, définis comme des matériaux intégrant au moins un composant d'origine biologique et entièrement biodégradables (Girometta et al., 2019), s'imposent progressivement comme des alternatives viables aux matériaux traditionnels, leur production requérant moins d'énergie et générant significativement moins de déchets (Derme et al., 2016).

Dans cette dynamique, la bio fabrication émerge comme une voie innovante de conception de matériaux. Ce processus consiste à produire des matériaux complexes par la croissance d'organismes vivants ou de cellules (Camere & Karana, 2018 ; Fujii et al., 2016). Initialement développée pour des applications biomédicales, elle s'est étendue à d'autres domaines comme la production d'énergie ou encore la fabrication de matériaux alternatifs. L'un de ses atouts majeurs réside dans l'usage de ressources renouvelables comme substrats nutritifs, évitant l'extraction de matières premières vierges (Holt et al., 2012 ; Lelivelt, 2015). Elle repose sur le métabolisme naturel des systèmes biologiques en croissance, ce qui limite considérablement les besoins énergétiques supplémentaires (Jones et al., 2018 ; Jiang et al., 2013). En fin de cycle de vie, les matériaux issus de la bio fabrication sont biodégradables, non toxiques, et peuvent même être utilisés pour favoriser la croissance de nouveaux matériaux, dans une logique circulaire alignée avec le principe cradle to cradle (McDonough & Braungart, 2002).

Un exemple de biofabrication appliquée à l'architecture est le composite à base de mycélium (Figure 2), obtenu par la croissance contrôlée d'un réseau d'hyphes fongiques interconnectés sur un substrat organique issu de déchets agricoles ou forestiers. Ce processus permet de transformer des résidus à faible valeur ajoutée en matériaux légers, solides et entièrement biodégradables (Elsacker et al., 2020).

Alors que les champignons sont souvent perçus comme des nuisibles domestiques, leur potentiel constructif reste encore peu exploité, malgré des propriétés écologiques, esthétiques et fonctionnelles particulièrement prometteuses (Adamatzky et al., 2019).

Les matériaux mycéliens peuvent être classés en deux catégories principales (Ghazvinian & Gursoy, 2022a) :

Les matériaux en mycélium pur ou *pure mycelium material* (PMM), obtenus après dégradation complète de la matière organique. souples et semblables à du papier, ils peuvent être extraits en séparant la couche superficielle de champignon du substrat (Appels et al., 2018). Ils servent à la fabrication de produits comme le cuir végétal (Jones et al., 2019 ; Vandeloek et al., 2021).

Les composites à base de mycélium ou *mycelium-based composites* (MBC), sont des biomatériaux légers, semblables à des mousses, produits par la croissance contrôlée du mycélium sur un substrat. Au cours de ce processus, les hyphes fongiques colonisent le substrat et agissent comme un liant naturel, créant une structure cohésive et tridimensionnelle. Une fois la croissance stabilisée par traitement thermique, le matériau devient inerte tout en conservant ses propriétés. (Appels et al., 2018 ; Ghazvinian & Gursoy, 2022a).

Les caractéristiques de ces composites varient selon de nombreux paramètres, tel que l'espèce fongique, la nature du substrat, les conditions de culture, conférant une grande diversité d'applications potentielles (Elsacker et al., 2020).

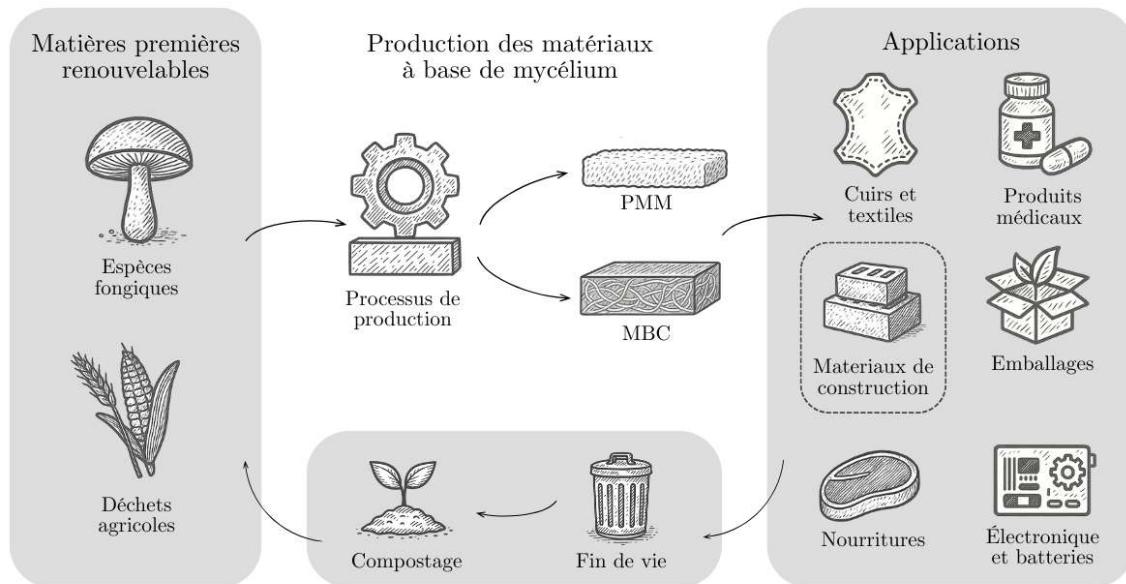


Figure 2 - Le mycélium : une alternative biosourcée

L'intégration des MBC dans le secteur de la construction offre plusieurs avantages déterminants : leur production requiert peu d'énergie et repose sur des matières premières renouvelables, réduisant significativement l'impact carbone comparativement aux matériaux conventionnels issus, par exemple de la pétrochimie (Derme et al., 2016 ; Stelzer et al., 2021). De plus, les MBC sont entièrement compostables et peuvent en fin de vie, être valorisés comme engrangement, nourriture animale ou substrat pour une nouvelle génération de culture, s'inscrivant pleinement dans une logique de régénération (Schritt et al., 2021 ; Zimele et al., 2020).

Les avancées récentes suggèrent des perspectives encore plus ambitieuses. Dans une approche expérimentale, certains chercheurs envisagent des constructions biologiquement actives capables de croître selon des formes prédéfinies, de s'autoréparer, de réguler leur environnement ou encore d'interagir avec des stimuli externes grâce aux capacités sensorielles du mycélium (Adamatzky et al., 2019). Cette vision d'une architecture fongique, en symbiose avec son milieu, introduit une alternative radicale aux bâtiments « intelligents » actuels, en substituant à l'infrastructure technologique classique des processus biologiques auto-organisés (Alampani-Lekka et al., 2021).

Au cours des dix dernières années, le mycélium a donc suscité un intérêt croissant en tant que matériau de construction durable. Porté par des acteurs industriels comme Ecovative (Ecovative, s.d.), Mogu (Mogu, 2025) et même par des agences comme la NASA (Sheldrake, 2022), ce biomatériau est progressivement passé du laboratoire à des applications concrètes, notamment dans l'emballage, l'isolation ou le design d'intérieur. Cependant, malgré cet engouement, la recherche scientifique dédiée aux composites à base de mycélium reste relativement récente et peu volumineuse (Figure 3).

Les publications académiques n'ont commencé à émerger que quelques années après les premiers brevets industriels, traduisant un retard entre l'innovation technique et son exploration scientifique (Elsacker et al., 2021).

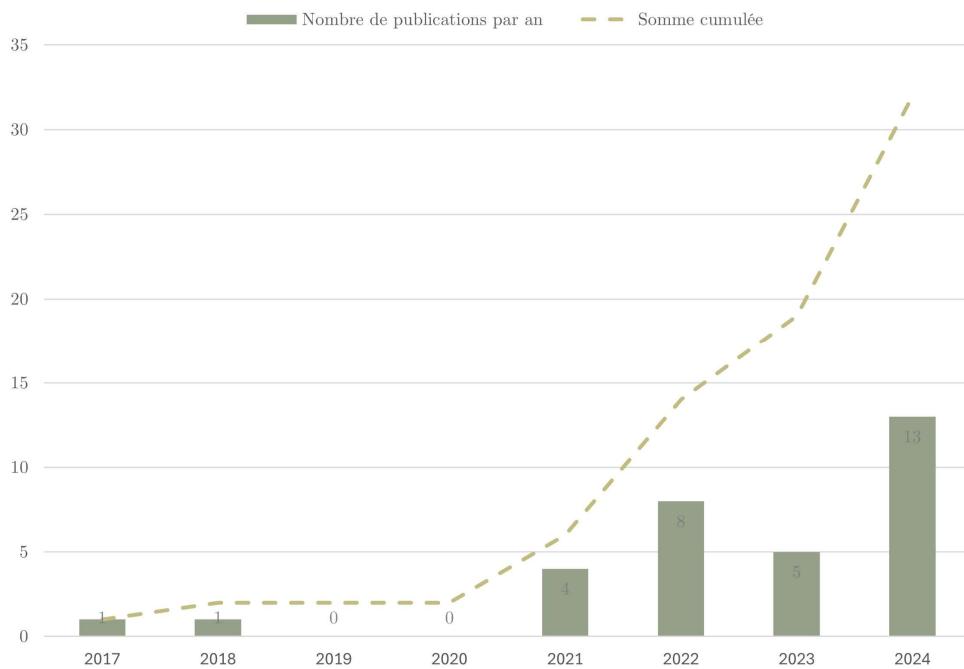


Figure 3 - Evolution annuelle du nombre de publications scientifiques recensées sur Scopus contenant les mots clés « mycélium » et « construction » et « biocomposite »

A ce jour les applications du mycélium en architecture restent majoritairement expérimentales, mais les collaborations interdisciplinaires, entre architectes, mycologues, ingénieurs, designers, ou encore biologistes, posent les fondements d'un nouveau paradigme constructif : un paradigme où le vivant ne serait plus simple sujet d'inspiration, mais un acteur direct de la fabrication du bâti (Elsacker et al, 2021 ; Ghazvinian & Gursoy, 2022a).

1.3. Questions de recherche

Question de recherche 1 : *Comment concevoir un matériau de construction à base de mycélium pour répondre aux enjeux de la construction durable ?*

Cette question centrale vise à explorer le potentiel du mycélium en tant que ressource biosourcée pour concevoir des matériaux isolants innovants dans le secteur du bâtiment. Elle s'inscrit dans une démarche de recherche orientée vers la réduction de l'impact environnemental, l'optimisation énergétique des constructions et l'intégration de matériaux renouvelables et biodégradables dans les pratiques actuelles.

Sous-question de recherche 1a : *Quels paramètres de culture influencent la production d'isolant à base de mycélium ?*

Cette question vise à identifier les facteurs qui affectent la croissance du mycélium et la qualité du matériau final. Le choix du substrat, l'espèce fongique, le taux d'humidité, la température, la durée de colonisation jouent un rôle clé dans les propriétés du biocomposite.

Sous-question de recherche 1b : *Comment les conditions environnementales et techniques influencent l'adhérence entre le biocomposite mycélien et une brique en terre crue ?*

Cet axe de réflexion explore la compatibilité entre matériaux dans des systèmes constructifs hybrides associant terre crue, un matériau ancestral et biocomposite mycélien, un matériau innovant. L'enjeux est de garantir une cohésion mécanique suffisante pour explorer de nouveau mode d'assemblage.

Sous-question de recherche 1c : *Comment intégrer le mycélium dans les pratiques de construction courantes ?*

S'appuyant sur le principe d'interview et sur l'analyse critique de projets de référence, cette sous-question de recherche vise à déterminer les conditions concrètes d'intégration du mycélium dans les pratiques courantes de la construction. Complémentaire aux deux premières sous-questions, elle s'attache à caractériser, notamment, les méthodes de production à grande échelle, les usages potentiels et les procédés de mise en œuvre associés.

Question de recherche 2 : *Quel est l'état de l'acceptabilité des mycomatériaux auprès des professionnels du secteur de la construction ?*

Au-delà des aspects techniques, ce deuxième volet explore également les dimensions sociales, culturelles et les perspectives liées à l'adoption des composites à base de mycélium. Cette recherche exploratoire et non représentative vise à formuler les critères d'acceptabilité afin de positionner le mycélium comme une alternative crédible dans le secteur de la construction durable.

Sous-question de recherche 2 : *Quels freins et leviers conditionnent l'intégration du mycélium dans les pratiques de construction actuelles ?*

A travers les retours extraits de focus groups, l'objectif est d'identifier les représentations sociales et perceptives associées à ces matériaux émergents. Cette sous-question explore les facteurs qui limitent ou favorisent l'intégration des mycomatériaux dans les projets de construction.

1.4. Guide de lecture

Le premier chapitre constitue une introduction générale. Il présente le contexte dans lequel s'inscrit cette recherche, met en lumière l'intérêt des champignons comme matériau de construction, et introduit les questions de recherche qui guideront l'ensemble du mémoire. Cette première section pose ainsi les fondations de la réflexion en clarifiant les objectifs poursuivis.

Le travail s'organise en trois volets principaux, le premier constitue le cadre théorique, tandis que les deux suivants répondent chacun à une question de recherche spécifique :

- Etat de l'art
- Mycélium & terre crue
- Mycélium & acceptabilité

Volet 1 – Etat de l'art

Ce premier volet a pour objectif d'établir le socle théorique du travail, en abordant les concepts clés relatifs aux matériaux à base de mycélium (MBC), à la terre crue et à la notion d'acceptabilité.

La première section présente un état de l'art théorique consacré au monde fongique. Elle débute par une description générale de la diversité des champignons, puis se focalise sur le mycélium, avant d'introduire une synthèse sur la terre crue. L'objectif est de fonder scientifiquement le choix de ce matériau en mettant en évidence son potentiel en tant que biomatériau innovant. La seconde section propose un état de l'art centré sur les notions théoriques d'acceptabilité et d'identité matérielle, afin d'analyser les dimensions socioculturelles susceptibles d'influencer l'adoption de ce nouveau matériau.

Volet 2 – Mycélium & terre crue

Ce volet est consacré à la mise au point de prototypes de biocomposites à base de mycélium. Il s'appuie sur une revue ciblée des protocoles de production des MBC de recherche existante, détaille les méthodologies expérimentales mises en œuvre, et présente les résultats obtenus.

Volet 3 – Mycélium & acceptabilité

Ce second volet aborde la dimension sociale du sujet, à travers la question de l'acceptabilité du matériau. Il suit une structure similaire au volet 2, il débute par une revue de la littérature sur la méthode des focus groups, décrit le déroulement des activités menées, puis présente les résultats recueillis.

Volet 4 – Discussions & Conclusion

La dernière partie du travail propose d'abord une discussion croisée entre les deux axes de recherche, mettant en perspective les résultats techniques et sociaux. Elle se conclut par une synthèse générale qui récapitule les principaux apports, identifie les limites de l'étude et ouvre sur de nouvelles perspectives de recherche.

Enfin, les annexes rassemblent l'ensemble des documents complémentaires utiles à la compréhension du mémoire.

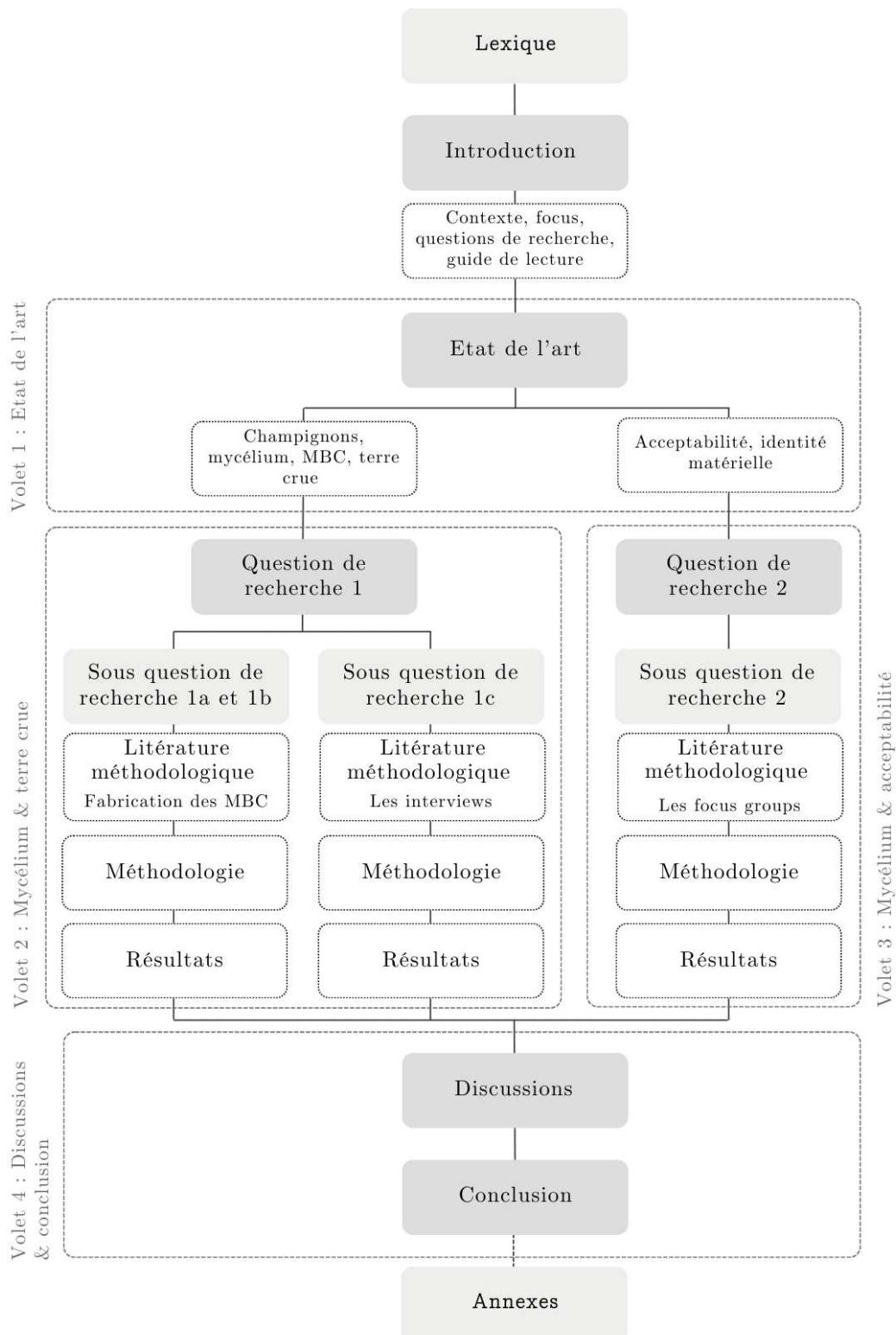


Figure 4 - Organisation du projet de fin d'étude

1.5. Construction du corpus documentaire

La sélection des sources documentaires a été menée avec une attention particulière, dans le but de constituer une base théorique solide et représentative d'un domaine encore émergent (Figure 5). La première phase de la recherche bibliographique s'est effectuée via la base de données Scopus, reconnue pour sa rigueur et sa couverture académique étendue. Les mots clés « *mycélium* », « *construction* » et « *biocomposite* » ont été combinés à l'aide de l'opérateur booléen AND dans le champ mots-clés, ce qui a permis d'identifier 38 articles scientifiques traitant de la fabrication, des propriétés ou encore des applications des biocomposites à base de mycélium.

A partir de ce corpus initial, une méthode de snowballing (Etikan et al., 2015) a été mise en œuvre afin d'enrichir la base documentaire. Cette approche consiste à consulter les références bibliographiques citées dans les articles scientifiques issus de la première recherche. Les références ont été sélectionnées sur la base de leur pertinence thématique, en retenant exclusivement celles traitant de la MBC et excluant celles portant sur les PMM. De plus, les études relevant du domaine de la construction ont été considérées, non compris les travaux relevant exclusivement des arts ou de la biologie fondamentale.

Par ailleurs, plusieurs articles et ouvrages ont été intégrés au corpus documentaire sur la base de recommandations formulées par des experts rencontrés au cours de cette recherche.

Il est également important de souligner que le sujet étant relativement novateur dans le champ académique, une partie significative du savoir et des pratiques liés à la création de MBC repose sur une expertise de terrain. Pour cette raison, des sites internet de myciculteurs, de start-ups spécialisées ainsi que certains blogs techniques et vidéos documentaires ont été consultés comme compléments d'information. Bien que non académiques, ces sources offrent des données empiriques précieuses sur les champignons ainsi que des retours d'expérience issus de la pratique.

Cette combinaison de sources scientifiques, de recommandations expertes et de données issues du terrain reflète l'approche interdisciplinaire de ce travail, nécessitant d'explorer au-delà des canaux traditionnels pour documenter un sujet encore en croissance.

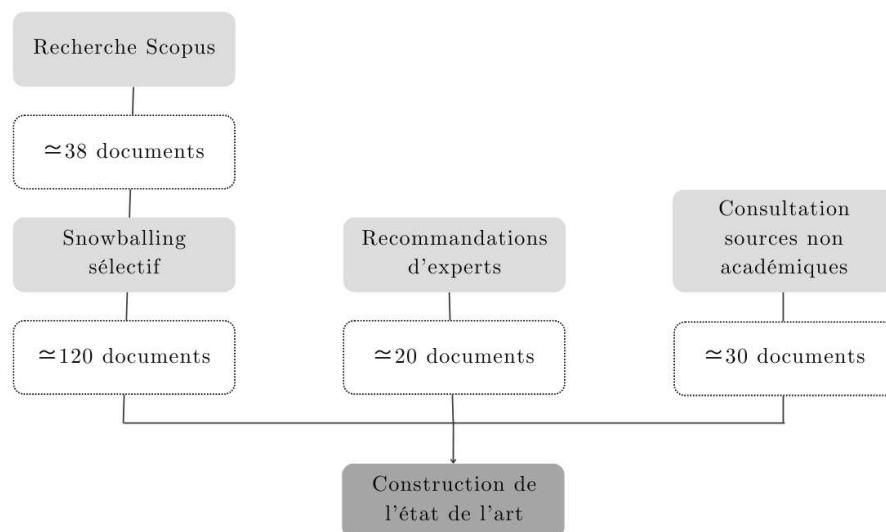


Figure 5 - Méthodologie de sélection des sources documentaires

Du vivant au matériaux Etat de l'art



Ce premier volet présente une revue de littérature sur le mycélium, son fonctionnement et ses potentialités d'usage. Une attention particulière est portée aux matériaux à base de mycélium, en explorant leurs propriétés et applications dans le domaine architectural. L'analyse se conclut par une réflexion sur la théorie de l'acceptabilité de ces matériaux.

Crédit : Auteur, 2025

2.1. Les champignons, les bâtisseurs de l'invisible

« Les champignons sont voilés de mystère. Ils surgissent de nulle part, avec leurs formes et leurs couleurs splendides, et disparaissent aussi vite. Leurs apparitions et leurs disparitions énigmatiques en ont fait des fruits défendus pendant des millénaires » (Stamets, 2022, p9).

Le cycle de vie (Figure 6) de ces êtres vivants est cyclique. « Commençant sous forme de spores, ils se transforment en mycélium, qui génère ensuite des champignons qui à leur tour produisent davantage de spores, recommençant ainsi le cycle. » (Ecovative, 2025, paragr. 5).

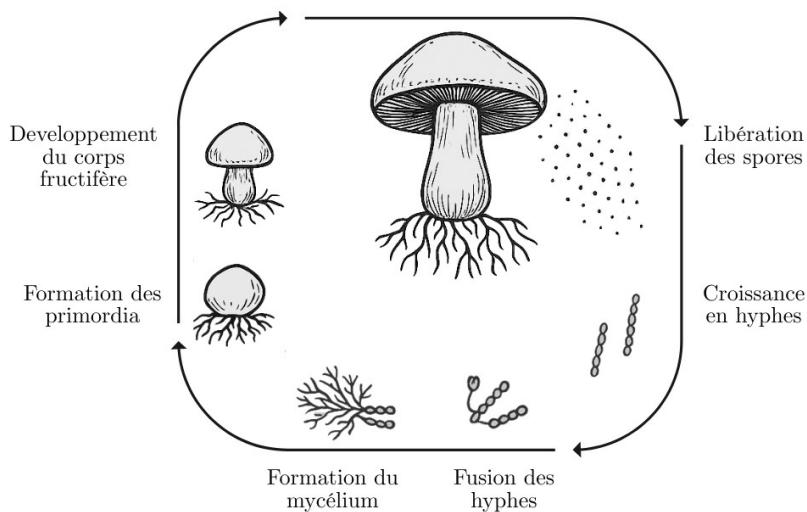


Figure 6 - Cycle de vie des champignons

Ils fabriquent le sol, digèrent les polluants, influencent la composition de l'atmosphère terrestre, nourrissent et tuent les plantes, contribuant ainsi à la santé des écosystèmes (Sheldrake, 2022). Mais les champignons ne sont pas seulement utiles à la nature, ils peuvent aussi directement aider l'Homme. Ils offrent un immense potentiel pour la médecine, l'agriculture et même la dépollution (Stamets, 2022). Leur capacité à absorber et neutraliser les toxines en fait de précieux alliés pour réparer les perturbations anthropiques (Stamets, 2005).

La diversité fongique est immense, avec une estimation de 1,5 à 5,1 millions d'espèces potentielles (Blackwell, 2011 ; Sydor et al., 2022). Cependant, environ 90% de ces espèces restent inconnues à ce jour, soulignant à quel point les champignons constituent un réservoir biologique largement sous exploré (Sheldrake, 2022).

Le règne des Fungi englobe une grande diversité d'organismes eucaryotes, allant des formes unicellulaires, telles que les levures, jusqu'aux organismes multicellulaires complexes, comme les moisissures et les champignons supérieurs. Bien qu'ils aient longtemps été associés aux plantes, les champignons constituent un règne spécifique. (Moser et al, 2017).

Classés dans un règne distinct, les champignons représentent un groupe biologique diversifié, comprenant environ 150 000 espèces identifiées. Un arbre phylogénétique permet aujourd'hui d'organiser cette diversité en fonction de leur évolution (Tableau 1) (Gautam et al., 2022 ; Sydor et al., 2022).

Tableau 1 - Classification taxonomique hiérarchique du champignon (Rapier & Fons, 2006)

Niveau de Classification	Suffixe typique	Exemple
Règne	-	Fungi (champignon)
Sous-règne	-	Dikarya
Division	-mycota	Basidiomycota
Classe	-mycetes	Agaricomycetes
Ordre	-ales	Agaricales
Famille	-acea	Pleurotaceae
Genre	-	Pleurotus
Espèce	-	Pleurotus ostreatus

A la différence des plantes, les champignons, êtres hétérotrophes, vivent dans l'ombre de la photosynthèse. Privés de chlorophylle, ils ne peuvent produire leur propre matière organique et dépendent entièrement des ressources tirées dans leur environnement, qu'elles proviennent d'être vivants ou d'être vivants décomposés. Trois grands types de champignons se distinguent selon leur mode de vie (Ghazvinian & Gursoy, 2022a ; Vallas, 2016) :

- Mycorizhiens (Figure 7) : Ils vivent en symbiose étroite avec les racines des végétaux. Le champignon tisse un réseau dense de filament autour, et parfois à l'intérieur, des racines des plantes. Cette relation est mutuellement bénéfique : la plante fournit au champignon les substances organiques dont il a besoin pour sa nutrition et en échange, le champignon augmente la surface d'absorption, facilitant l'approvisionnement en eau et en minéraux.
- Saprophytes (Figure 8) : Ils tirent leur nourriture des éléments organiques morts. En décomposant les résidus de plantes ou d'animaux, ils les transforment en éléments minéraux simples, qui peuvent être recyclés dans la nature. Sans eux, les forêts seraient étouffées sous l'accumulation de déchets. Ils se distinguent en deux types : les « white rot », qui dégradent la lignine et laissent une décomposition blanchâtre, et les « brown rot », qui s'attaquent à la cellulose et à l'hémicellulose, laissant une matière brune.
- Parasites (Figure 9) : Ils vivent aux dépends d'un être vivant hôte, tel que les plantes, les arbres, les insectes, ... Ils puisent leur nourriture directement dans les tissus de l'hôte, ce qui peut l'affaiblir voire le tuer.

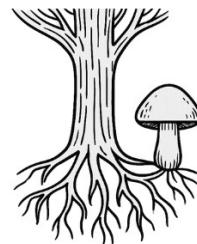


Figure 7 -
Mycorizhiens



Figure 8 -
Saprophytes



Figure 9 -
Parasites



Mycena sp.



Morchella esculenta



Pleurotus ostreatus



Amanita muscaria



Trametes sp.



Leccinum scabrum



Hericium coralloides



Cookeina sulcipes



Coprinellus sp.

Figure 10 - Diversité fongique dans la nature

Crédit : Canva, s.d.

2.2. Le mycélium

La diversité des champignons (Figure 10) est facilement observable à l'œil nu (Flück, 2005). Cependant, cette diversité visible ne représente que la partie émergée de l'iceberg : le monde fongique est bien plus complexe et comprend un réseau présent sous terre.

2.2.1. Le mycélium, les racines invisibles du monde fongique

Le corps fructifère (Figure 11) est la partie visible du champignon, souvent reconnaissable à sa forme de chapeau sur un pied. Sous la surface, invisible à l'œil nu, se trouve le mycélium qui forme un réseau dense de filaments, à la manière des racines (Lingam et al., 2023).

« À l'œil nu, le mycélium ressemble à une boule de coton, mais au microscope, il apparaît comme un réseau complexe de filaments » (Balashanmugam & Mardoukhi, 2021, p13).

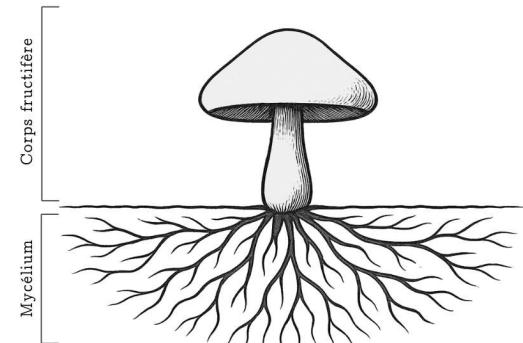


Figure 11 - Anatomie simplifiée

Le mycélium constitue la partie végétative à croissance rapide des champignons multicellulaires. Inoffensif et durable, il se compose de tubes cellulaires rigides et connectés, les hyphes (Figure 12), qui se développent en surface et en profondeur des substrats solides, en l'enveloppant et en liant les particules entre elles donnant naissance à un réseau tridimensionnel cohésif et structuré (Islam et al, 2017 ; Shin et al, 2025).

La croissance des hyphes constitue un processus hautement polarisé, appelé extension apicale. Au cours de ce développement les hyphes se ramifient de manière répétée selon un angle compris entre 42° et 47° par rapport à leur axe longitudinal, générant ainsi un réseau dense de filaments (Elsacker et al., 2020). Lors de ce développement, elles sécrètent des enzymes capables de décomposer des polymères complexes tels que la cellulose et la lignine (Alemu et al., 2022). Ces enzymes, notamment la laccase, la lignine peroxydase et la manganèse peroxydase, permettent au champignon d'accéder aux nutriments essentiels à sa croissance tout en contribuant au recyclage de la matière organique (Alemu et al., 2022).

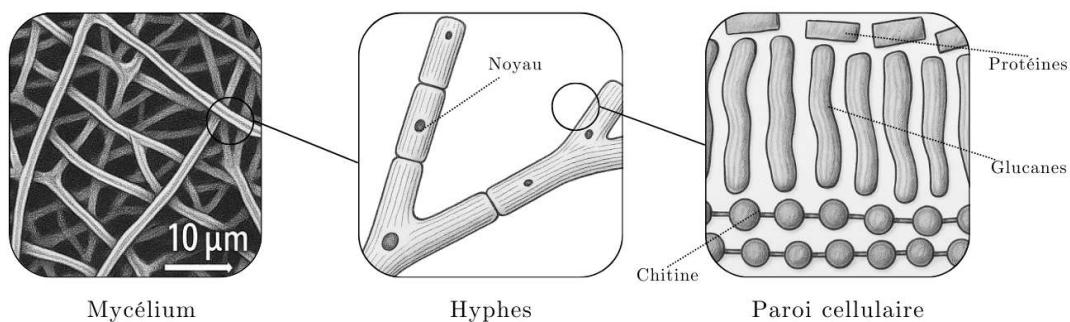


Figure 12 - Vue schématique de la structure du mycélium à différentes échelles (adapté de Haneef et al., 2017, p2)

Cette capacité de dégradation enzymatique varie selon les espèces, toutes ne présentant pas le même potentiel de dégradation de la lignine (Alemu et al., 2022). Parallèlement à ce processus de colonisation, le mycélium agit comme une colle naturelle, liant entre elles les particules de biomasse lignocellulosique (Sreerag et al., 2024).

En se développant, les hyphes peuvent s'entrelacer spontanément, formant ainsi un réseau stable et cohésif, d'où leur qualification de bioadhésifs (Li et al., 2022 ; Meyers et al., 2010).

Contrairement au corps fructifère, partie visible du champignon dont la taille est limitée, le mycélium possède une capacité d'expansion presque illimitée, pouvant s'étendre sur plusieurs kilomètres grâce à la croissance continue de ses hyphes (Moser et al., 2017).

Il existe trois grands types d'hyphes, chacun jouant un rôle spécifique dans la morphologie et les propriétés mécaniques du mycélium (Ghazvinian et al., 2019 ; Jones et al, 2019 ; Shin et al, 2025). Ils se distinguent par l'épaisseur de leur paroi cellulaire, leur structure interne et leurs caractéristiques de ramification (Jones et al., 2019) :

- Les hyphes génératifs : Elles sont constituées de cellules à paroi mince, peu différenciées, dont la fonction principale est la multiplication cellulaire (Vallas, 2016).
- Les hyphes conjonctifs : Elles ont pour rôle d'assurer la cohésion de l'ensemble du réseau mycélien. Ils sont principalement constitués de cellules mortes à paroi épaisse et très ramifiées, qui remplissent les interstices entre les autres hyphes. En plus de leur fonction structurante, leurs composants internes sont hydrolysés par le champignon pour servir de nutriments (Vallas, 2016).
- Les hyphes squelettiques : Elles sont formées de cellules à paroi épaisse, riches en chitine, qui leur confèrent une fonction de rigidification du mycélium (Vallas, 2016).

En fonction de la combinaison des types d'hyphes qui composent le mycélium (Figure 13), on distingue 3 types de système mycélien (; Jones et al, 2019 ; Shin et al, 2025 ; Vallas, 2016) :

- Monomitique : constitué uniquement d'hyphes génératifs.
- Dimitique : comporte des hyphes génératifs associées soit à des hyphes squelettiques, soit à des hyphes conjonctives.
- Trimitique : comprend les trois types d'hyphes. Ce sont les mycéliums les plus rigides, solides et cohésifs.

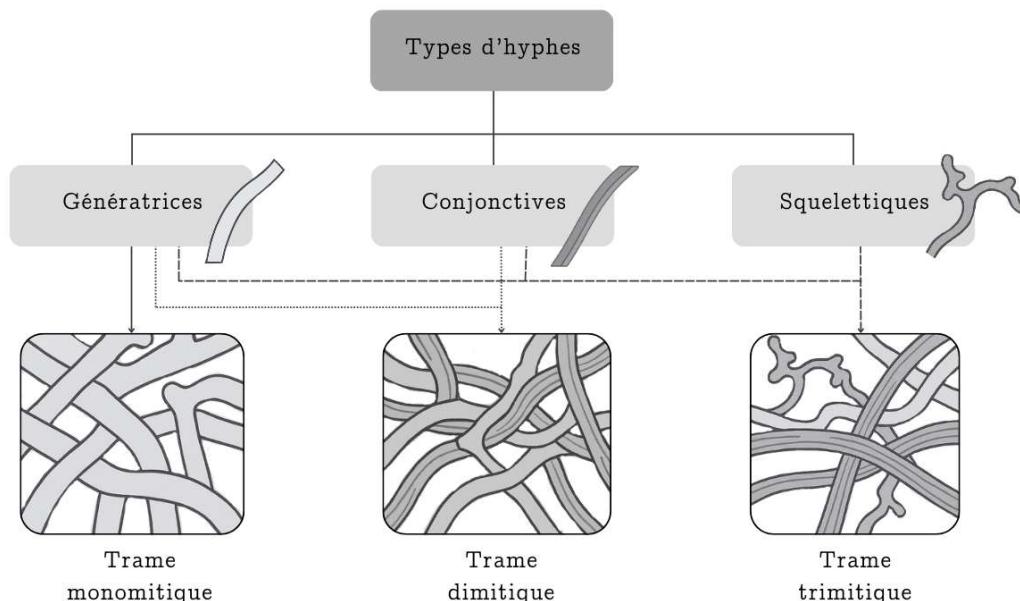


Figure 13 - Classification des types d'hyphes et de trames (adapté de Shin et al., 2025, p6)

Les trames monomitiques se rencontrent fréquemment chez les espèces saprotrophes, qui se développent dans des milieux tendres tels que le sol ou les matières organiques. A l'inverse, les trames dimitiques et trimitiques sont généralement adaptés aux substrats lignocellulosiques, comme le bois (Shin et al., 2025).

Les réseaux mycéliens de type monomitique présente des performances mécaniques inférieures à celles des réseaux dimitiques et trimitiques (Aiduang et al., 2022). A titre d'exemple, *trametes versicolor*, doté d'un réseau trimitique affiche de meilleures propriétés mécaniques, notamment en termes de résistance à la traction et à la flexion, que *pleurotus ostreatus*, dont le réseau monomitique, lorsqu'ils sont cultivés sur un substrat de paille de colza (Jones et al., 2019).

2.2.2. Du sol à l'industrie, les usages du mycélium

Architecture, design, emballage ou encore textile, les applications du mycélium (Figure 14). se multiplient, portées par la recherche de solutions durables (Alaneme et al., 2023). Grâce à sa structure légère, résistante et modulable, le mycélium peut être transformé en une grande variété de formes, allant des films souples aux composites rigides (Fairus et al., 2022). Cette polyvalence en fait un candidat sérieux pour remplacer des matériaux conventionnels issus du plastique ou encore du cuir (Sreerag et al., 2025). Innovant, biodégradable et performant, le mycélium s'impose comme une alternative crédible dans une démarche de transition écologique.

Design et mobilier

En 2013, le designer néerlandais Eric Klarenbeek a dévoilé la Mycelium Chair, une chaise innovante qui combine impression 3D et mycélium pour créer un mobilier à la fois fonctionnel, durable et respectueux de l'environnement (Rashdan & Ashour, 2024). A partir de cette réalisation emblématique, d'autres objets d'intérieur ont vu le jour, comme les abat-jours de Permafungi (PermaFungi, s.d.) ou la Lucid Chair de Grown Bio (Grwon Bio, s.d.). Toutefois, l'esthétique singulière et la texture particulière de ces pièces de créateur peuvent parfois s'éloigner des préférences plus conventionnelles des consommateurs, freinant leur adoption à grande échelle (Shin et al., 2025).

Le design d'objets à base de mycélium dépasse aujourd'hui les simples applications d'intérieur, comme en témoigne l'entreprise Loop (Loop, 2025) qui conçoit des cercueils biodégradables destinés à accompagner le corps dans un retour écologique à la terre.

Matériaux de construction

Les composites à base de mycélium suscitent également un intérêt croissant dans le secteur du bâtiment, notamment pour la fabrication de panneaux isolant thermique et acoustique. Leur faible densité, leur biodégradabilité et leurs propriétés isolantes en font des matériaux prometteurs pour une construction durable (Shin et al., 2025). Des entreprises comme Mogu (Mogu, s.d.) explorent leur potentiel en développant des solutions architecturales innovantes alliant esthétique, performance et impact environnemental limité.



Crédit : Loop Biotech, 2025



Crédit : MycoWorks, s.d.



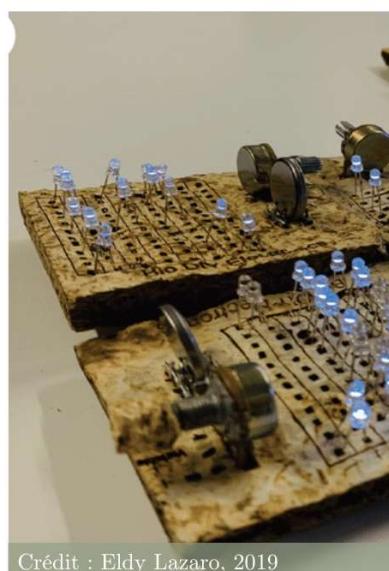
Crédit : Ecovative LLC, s.d.



Crédit : Myforest FOODS, s.d;



Crédit : Eric Karenbeek, 2012



Crédit : Eldy Lazaro, 2019



Crédit : Purifungi, s.d.



Crédit : PermaFungi, s.d.



Crédit : Mogu, 2025

Figure 14 - Un matériau qui pousse : les applications du mycélium

Emballage

Le mycélium se présente également comme une alternative aux emballages plastiques. Capable de se décomposer en une trentaine de jours seulement, ce matériau biodégradable contribue à la réduction des déchets d'emballage (Abhijith et al., 2018 ; Alaneme et al., 2023 ;). Pionnière dans ce domaine, l'entreprise américaine, Ecovative (Ecovative, s.d.) a mis au point dès 2007, une nouvelle technologie exploitant le mycélium comme base de fabrication. Ce matériau a déjà séduit de grandes entreprises telles que Dell ou Sealed Air, qui l'utilise pour protéger leurs produits. Moulé sur mesure, il est particulièrement adapté à l'emballage d'articles fragiles (Fairus et al., 2022).

Dépollution des sols

Le mycélium présente aussi un fort potentiel dans la dépollution des sols, un processus connu sous le nom de mycoremédiation. Grâce à des enzymes comme la ligniase ou la peroxydase, certaines espèces fongiques peuvent dégrader des polluants organiques complexes comme les hydrocarbures, les pesticides ou certains plastiques (Akpassi et al., 2023). Des entreprises comme Novobiom (Novobiom, s.d.), conçoivent des solutions de bioremédiation fongique sur mesure pour dépolluer les sols industriels contaminés, offrant ainsi une alternative écologique aux traitements physiques, chimiques ou thermiques traditionnels.

Mode et textile

Le mycélium peut également être utilisé pour développer des alternatives au cuir dans l'industrie de la mode. Ce cuir fongique, obtenu par extraction de la peau fongique, peut être teint, blanchi et travaillé de manière similaire au cuir animal, tout en diminuant le temps de production (Cerimi et al., 2019). Parmi les acteurs majeurs du secteur, MycoWorks a développé Reishi™ (Mycoworks, s.d.) un matériau haut de gamme, déjà utilisé par certaines marques de luxe. De son côté, la designer néerlandaise Aniela Hoitink a lancé le projet MycoTex via sa startup Neffa (Mycotex, s.d) qui propose un textile cultivé en 3D, sans couture, ni déchet. Cependant, malgré ces avancées, les cuirs à base de mycélium présentent des limites, tel qu'une résistance peu élevée, une sensibilité à l'humidité et une épaisseur restreinte (Shin et al., 2025).

Industrie alimentaire

Si les champignons occupent depuis longtemps une place de choix dans les cuisines, le mycélium, plus discrètement, se fait lui aussi une place dans l'industrie alimentaire, comme protéines alternatives. *Fusarium venenatum*, par exemple, est utilisé pour produire la mycoprotéine de Quorn, qui imite la texture de la viande (Amara & El-Baky, 2023). D'autres entreprises, comme MyForest Foods, développent des produits ciblés comme MyBacon (MyForest Foods, s.d.), une alternative végétale au bacon cultivée à partir de feuilles épaisses de mycélium. Ces innovations répondent à la demande croissante des substituts de viande mais les ingrédients à base de mycélium doivent encore faire leur preuve face aux ingrédients alimentaires traditionnels qui bénéficient déjà de chaîne d'approvisionnement bien établie et de propriétés maîtrisées (Shin et al., 2025).

Santé et cosmétique

En médecine, le mycélium peut être utilisé pour la régénération tissulaire, la cicatrisation ou la libération contrôlée de médicament (Aggarwal & Sung, 2008 ; Khamrai et al., 2018), tandis que des composés issus de champignons comme *Morcella* ou *Pleurotus djamour* montrent des activités antioxydantes et antitumorales (Li et al., 2019 ; Wang et al., 2020). En cosmétique, des extraits de champignons, tels que *Tremella* sont utilisés pour des produits hydratants, anti-âge et éclaircissants (Hsu et al., 2016 ; Wang et al., 2015).

Electronique et batterie

Dans le domaine de l'électronique, le mycélium attire l'attention comme un matériau de support pour des dispositifs plus durables, comme des bases pour des circuits imprimés ou des breadboards, (Lazaro et al., 2019). Des recherches plus expérimentales, ont également montré que le mycélium vivant véhicule des signaux électriques, suggérant un potentiel en informatique non conventionnelle (Mayne et al., 2023). En parallèle, son association avec des fibres cellulaires ouvrent la voie à des batteries biodégradables, conçues pour alimenter des appareils de faible puissance (Danninger et al., 2022).

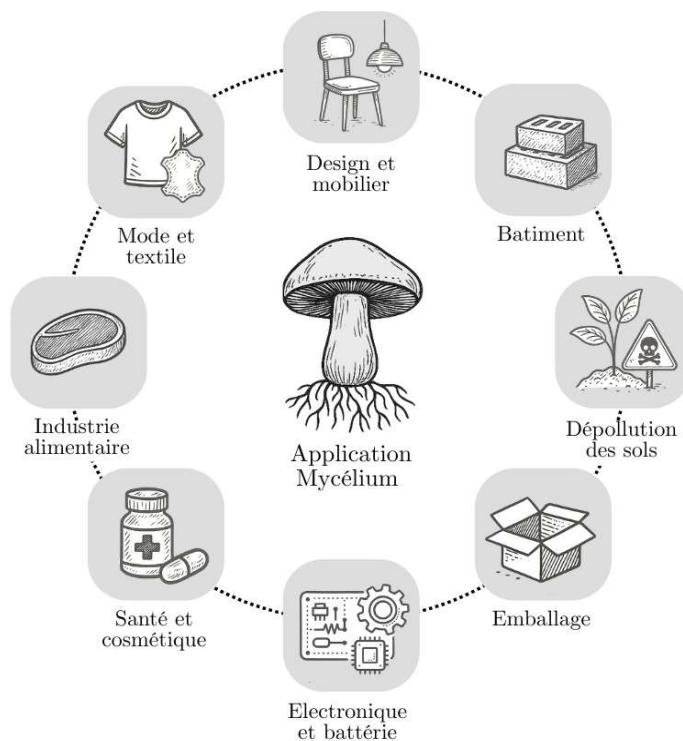


Figure 15 - Application du mycélium

Au vu de la diversité des applications explorées dans ce chapitre (Figure 15), le mycélium apparaît comme une solution prometteuse pour répondre aux enjeux environnementaux actuels, qu'ils soient sous forme de mycélium pur ou de MBC. Toutefois, malgré cet engouement, son plein potentiel reste encore freiné par plusieurs obstacles. Il est donc nécessaire de renforcer les efforts de recherche, de standardiser les procédés de fabrication et de mieux sensibiliser les professionnels et le grand public. La collaboration entre les sphères scientifiques et industrielles sera déterminante pour lever les freins et favoriser l'intégration du mycélium à grande échelle (Shin et al., 2025).

2.2.3. Les composites à base de mycélium

Ce chapitre propose une description des MBC, en abordant leurs composants, leurs propriétés ainsi que leurs applications dans le domaine de l'architecture. La section 3.1. du chapitre III sera consacrée à l'analyse des protocoles de fabrication de ces matériaux.

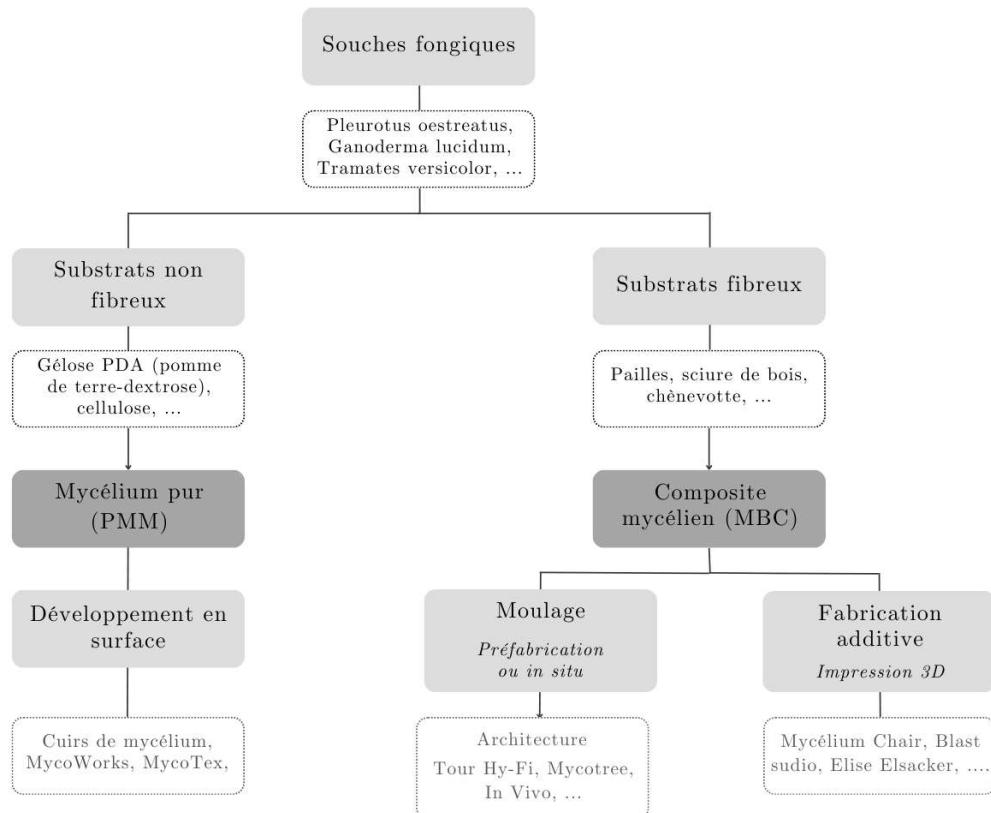


Figure 16 - Filières de production des matériaux biosourcés à base de mycélium (adapté de Fillion, 2024)

La production de matériaux biosourcés à base de mycélium (Figure 16) s'appuie sur la capacité de certaines souches fongiques à coloniser divers substrats. Ce processus de croissance permet la formation de structures naturelles et cohérentes, exploitables dans de nombreuses applications, notamment en construction, isolation ou design (Filion, 2024 ; Sreerag et al., 2025).

Deux grandes catégories de myco-matériaux se distinguent selon leur procédé de fabrication et leur usage final : les MBC et les PMM. Ce mémoire se concentre principalement sur les MBC, bien que le développement du PMM constitue également une piste prometteuse pour de futurs travaux (Elsacker et al., 2023). En effet, la littérature scientifique sur le sujet reste encore émergente et largement portée par des initiatives artistiques ou expérimentales.

Concernant les composites mycéliens, deux méthodes de mise en forme sont principalement utilisées : le moulage, qui a été étudié dans le cadre de ce travail, et la fabrication additive par impression 3D. L'impression 3D offre une perspective de recherche particulièrement stimulante, en raison de sa capacité à produire des formes complexes tout en reliant technologies numériques et matériaux vivants (Colmo et al., 2020 ; Elsacker et al., 2021 ; Lee, 2024.) Cette approche, représente un axe de développement à fort potentiel pour les recherches à venir.

2.2.3.1. Variétés fongiques pour les biocomposites

Avant même d'aborder la production des MBC, deux questions fondamentales se posent : parmi les quelque 150 000 espèces fongiques identifiées, lesquelles sélectionner, et sur quels types de supports les cultiver ?

La sélection de l'espèce fongique constitue un enjeu majeur car elle joue un rôle déterminant, notamment, dans les propriétés physico-mécaniques du biocomposite. La compréhension des critères guidant le choix d'une espèce repose sur l'analyse de la littérature existante. Les critères de sélection retenus incluent (Attias et al, 2019b ; Sreerag et al., 2024 ; Sydor et al., 2022) :

- la croissance linéaire rapide des hyphes et la structure hyphale
- la vitesse de colonisation
- le type de pourriture
- la grande polyvalence nutritionnelle
- la facilité de culture et la sensibilité contrôlable aux conditions environnementales
- la compatibilité avec des substrats peu coûteux et disponibles localement
- la non-toxicité

Bien que le règne fongique offre une diversité exceptionnelle d'espèces potentiellement utilisables, seules quelques-unes sont actuellement exploitées à grande échelle pour la fabrication de biocomposite.

Afin d'identifier les genres de mycélium les plus couramment employés dans la fabrication de biocomposite, une seconde sélection a été réalisée, à partir du corpus présenté au point 1.5, ne retenant que les articles décrivant un protocole de production de MBC. Cette étape a permis d'aboutir à un ensemble de 126 publications scientifiques qui ont permis de recenser les genres fongiques utilisés dans les protocoles de culture de fabrication de MBC (Figure 17).

L'analyse a permis d'identifier 43 genres différents. L'ensemble des données extraites de cette analyse est synthétisé dans le tableau récapitulatif présenté en Annexe 1 : Tableau des espèces fongiques, qui présente les chiffres de fréquence d'utilisation par espèce et les publications correspondantes.

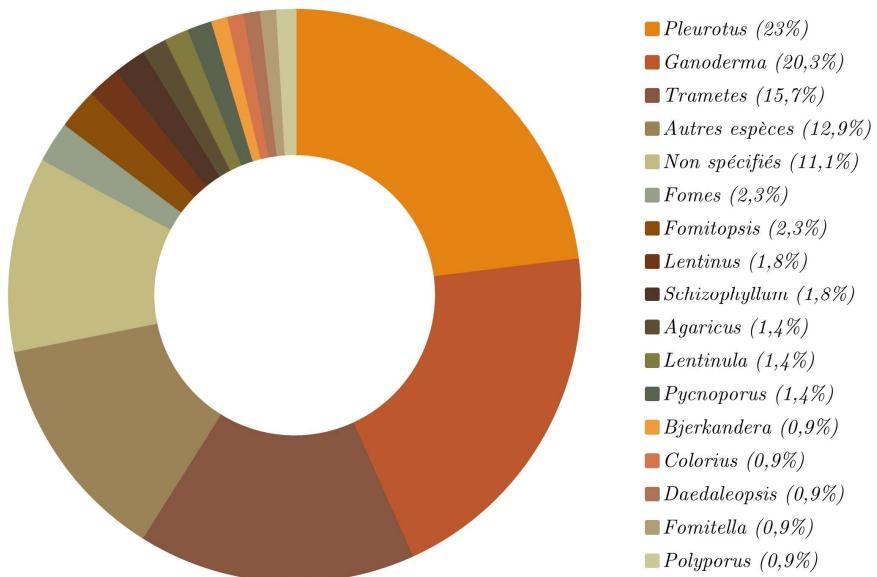


Figure 17 - Distribution des genres fongiques utilisés dans la fabrication des MBC selon la littérature

Les genres fongiques les plus fréquemment utilisés pour la fabrication des MBC sont *Pleurotus*, *Ganoderma* et *Trametes*. Ces trois genres regroupent à eux seuls, plus de la moitié des genres identifiés dans la littérature scientifique.

Cependant, environ 11 % des espèces recensées ne sont pas spécifiées dans les protocoles expérimentaux des études consultées. Cette absence de précision souligne une difficulté notable dans l'analyse des protocoles, il est fréquent que des informations cruciales, telles que le nom exact de l'espèce utilisée, le substrat ou les conditions de culture, ne soient pas clairement indiquées. Cette lacune complique la formulation de protocoles standardisés ou reproductibles pour la production de MBC.

Par ailleurs, la catégorie « Autres » regroupe des genres fongiques mentionnés de manière très ponctuelle, cités dans une seule étude. Par exemple, Balaes et al. (2023) ont testé 75 souches fongiques pour finalement en retenir 8 ; dont *Abortiporus biennis*, utilisée pour produire un MBC. Bien que prometteuse, cette espèce n'a pas encore fait l'objet d'un usage répandu dans d'autres travaux. De même, Xing et al. (2018) ont intégré dans leur expérimentation, en plus du *Ganoderma resinaceum*, deux espèces peu documentées dans la littérature des MBC : *Oxyporus latermarginatus* et *Megasporoporia minor*, dans le cadre de fabrication de briques mycéliennes.

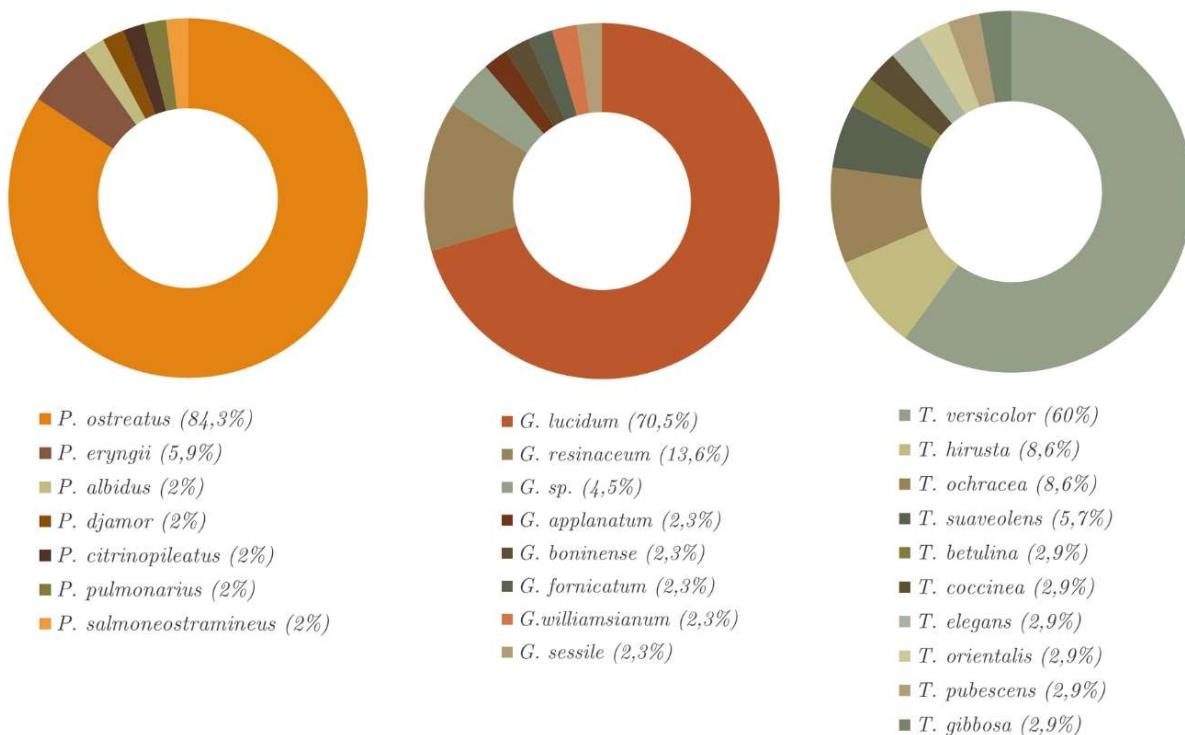


Figure 18 - Distribution des espèces fongiques par genre utilisés dans la fabrication des MBC selon la littérature

Parmi les souches les plus fréquemment utilisées (Figure 18) figurent :

- *Pleurotus ostreatus* (pleurote en huître)
- *Ganoderma lucidum* (reishi)
- *Trametes versicolor* (tramète versicolore ou queue de dinde)

Ces espèces, classées comme champignons à la pourriture blanche, sont privilégiées pour la production de MBC en raison de leur croissance rapide, de leur résistance mécanique, de leur flexibilité, de leurs propriétés moussantes et de leur capacité naturelle d'adhésion au substrat, qui en font des candidats idéaux pour la production de matériaux biosourcés (Sreerag et al., 2024).

Pleurotus ostreatus

Grâce à ses qualités nutritionnelles et culinaires, *Pleurotus ostreatus* (Figure 19), appartenant à l'ordre Agaricales, figure parmi les champignons, comestibles les plus cultivés à l'échelle mondiale (Moser et al., 2017). Son réseau mycélien, qui agit comme un adhésif naturel, peut se développer sur une grande variété de substrats lignocellulosiques tels que la paille de céréales, la sciure de bois, les résidus de coton, le bois dur, etc. Sa culture est facilitée par des conditions de température et d'humidité modérées (Moser et al., 2017 ; Sreerag et al., 2024).

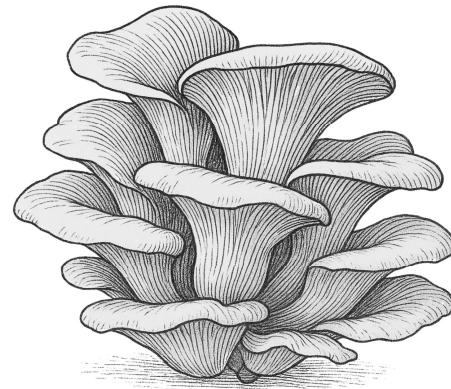


Figure 19 - *Pleurotus ostreatus*

Ganoderma lucidum

Ganoderma lucidum (Figure 20), plus connu sous le nom de Reishi, est un champignon lignivore de l'ordre Polyporales, réputé pour sa croissance rapide et sa facilité de culture sur bois feuillu. Très utilisé en médecine traditionnelle asiatique pour ses propriétés thérapeutiques, il demeure peu exploité à l'échelle mondiale comme ingrédient fonctionnel. Classé parmi les espèces à pourriture blanche, il transforme des composés toxiques comme les terpènes en substances inoffensives. Grâce à ses capacités ligninolytiques avancées, il dégrade entièrement la lignocellulose, ce qui le rend idéal pour la fabrication de matériaux à base de mycélium (Rigobello, 2023 ; Sreerag et al., 2024).

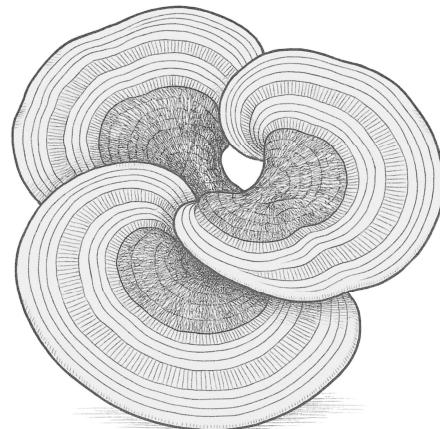


Figure 20 - *Ganoderma lucidum*

Trametes versicolor

Trametes versicolor (Figure 21), surnommé « queue de dinde » en Occident, figure parmi les champignons médicaux les plus étudiés. Il est couramment utilisé dans la recherche pour la fabrication de biocomposites, en raison de sa capacité à former une mousse souple et veloutée sur le substrat, conférant ainsi au matériau une texture spongieuse et flexible (Sreerag et al., 2024).

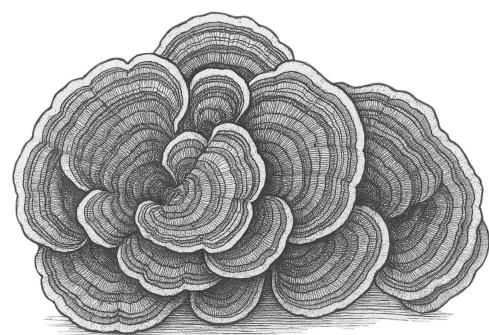


Figure 21 - *Trametes versicolor*

2.2.3.2. Les types de substrats

Le choix du substrat constitue également une étape indispensable dans la fabrication des MBC, car le substrat sert à la fois de support physique et de source de nutriments pour le développement fongique.

Un bon substrat pour le développement du mycélium doit présenter une composition nutritive équilibrée, notamment une teneur élevée en cellulose, en azote et en glucides, essentiels à la croissance du champignon (Lelivelt, 2015 ; Sydor et al., 2022).

Au-delà de la composition chimique, le choix du substrat dépend largement de sa disponibilité locale (Aiduang et al., 2022). En effet, recourir à des matières premières importées sur de longues distances annule les bénéfices environnementaux du matériau final. Concevoir un matériau biosourcé et écologique, tout en générant une forte empreinte carbone liée au transport, est non seulement paradoxal, mais aussi contre-productif. Il est donc essentiel de privilégier des matières premières locales afin de garantir la cohérence écologique du processus (Lelivelt, 2015).

Enfin, la compatibilité biologique du substrat avec les espèces fongiques ciblées est un critère prépondérant. Certaines plantes produisent naturellement des composés antifongiques ou des inhibiteurs microbiens qui peuvent freiner, voire empêcher, le développement du mycélium (Lelivelt, 2015).

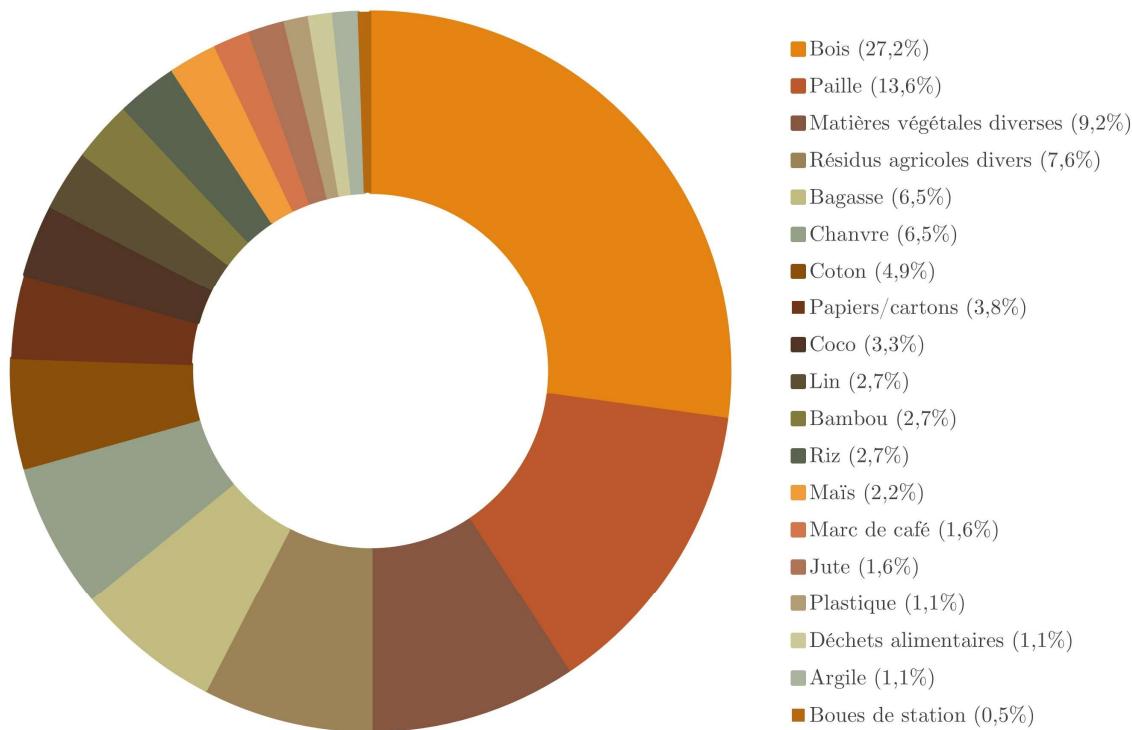


Figure 22 - Types de substrats utilisés dans la fabrication des MBC selon la littérature

Par ailleurs, l'ajout de compléments nutritionnels, tels que le son ou le carbonate de calcium, peut renforcer la croissance en améliorant la qualité nutritive du substrat.

Les substrats utilisés dans le cadre de la production de MBC (Figure 22) proviennent de trois sources principales (Sydor et al., 2022) :

- Les sous-produits agricoles, tels que la bagasse, la paille de blé ou de colza, les chènevottes de chanvre, les résidus de maïs ou les tiges de coton, représentent les principales catégories de substrats utilisées pour la production de MBC dans la littérature. Ces matériaux sont facilement décomposables par les champignons en raison de leur nature lignocellulosique, c'est-à-dire leur forte teneur en cellulose, hémicellulose et lignine (Butu et al., 2020 ; Xing et al., 2018). En général, la cellulose constitue le principal composant (35 à 50 %), suivie par l'hémicellulose (20 à 35 %) et la lignine (10 à 25 %). D'autres composés non structuraux, tels que les pectines ou les lipides, sont également présents, avec des proportions variables selon l'espèce végétale, le type de tissu et le stade de maturité. (Kumla et al., 2020 ; Saha, 2003).

De plus, les résidus agricoles constituent une ressource abondante et facilement accessible, ce qui en fait un support idéal pour la culture de mycélium dans une perspective économique et écologique. Leur réutilisation permet de limiter l'accumulation de déchets agricoles susceptibles de polluer l'environnement. En tant que dérivés des pratiques agricoles, ces déchets présentent l'avantage d'être peu coûteux, ce qui favorise leur utilisation à grande échelle pour la production de biocomposites à base de mycélium (Sreerag et al., 2024).

- Les déchets industriels sont également largement exploités dans la fabrication des MBC, le bois étant le matériau le plus fréquemment valorisé. Il est majoritairement utilisé sous forme de sciure (Balaes et al., 2023 ; Bruscato et al., 2019 ; Sharifi et al., 2024,), mais également sous forme de copeaux (Ghazvinian & Gursoy, 2022a ; Lee & Choi, 2021 ; Zimele et al., 2020) en raison de leur richesse en cellulose et de leur structure favorable au développement mycélien.

Par ailleurs, certaines espèces fongiques présentent la capacité de dégrader certains polluants. À titre d'exemple, Hu & Cao (2025) ont exploré l'utilisation de boues issues de stations d'épuration comme substrat, mettant en évidence un potentiel de valorisation de ces déchets par le mycélium.

- Les déchets post-consommation, issus de l'industrie agroalimentaire, représentent également une ressource non négligeable pour la culture de MBC. Plusieurs travaux, dont ceux de Heisel et al. (2017) ou de Khoo et al. (2020), ont montré la possibilité d'utiliser des résidus alimentaires tels que les peaux de banane, les coquilles d'œufs ou encore les fibres de canne à sucre.

Le marc de café, en particulier, suscite un intérêt croissant. Des recherches menées par Balashanmugam & Mardoukhi, (2021), Kohphaisansombat et al. (2023) ou Sharifi et al. (2024) ont mis en lumière son efficacité comme support de croissance fongique. Cette valorisation se concrétise également à travers des initiatives locales, telles que celle de l'entreprise bruxelloise Permafungi, qui transforme le marc de café en substrat pour la culture de champignons.

2.2.3.3. Propriétés

La comparaison des données disponibles dans la littérature scientifique sur les propriétés des MBC est complexe en raison de plusieurs facteurs :

- la variabilité des espèces fongiques et des substrats
- les procédés de fabrication
- les conditions de croissance

En plus de l'hétérogénéité de ces différents paramètres, le contexte difficile est accentué par l'absence de normes et de certifications spécifiques pour la production et la caractérisation des MBC. En l'absence de référentiels techniques dédiés, les chercheurs s'appuient sur les normes existantes développées pour d'autres matériaux aux propriétés similaires, comme les normes ASTM ou ISO (Attias et al., 2019b).

L'absence de consensus entraîne une certaine disparité dans les résultats rapportés ce qui les rend difficiles à comparer entre eux mais fournit néanmoins des informations utiles sur les performances de ce matériau (Ghazvinian & Gursoy, 2022a). Il est donc essentiel de prendre en compte le contexte expérimental spécifique à chaque étude pour évaluer la portée réelle des résultats.

Densité

La faible densité des MBC constitue l'un de leurs principaux atouts, permettant la fabrication de matériaux légers, tout en influençant de manière significative leurs propriétés mécaniques et thermiques (Girometta et al., 2019). Toutefois cette densité reste variable allant de 25 à 954 kg/m³ (Annexe 3 : Tableau 19) et dépend de plusieurs facteurs, notamment la nature du substrat, l'espèce fongique utilisée ainsi que les méthodes de post-traitement mises en œuvre (Aiduang et al., 2022).

Parmi ces méthodes, le pressage joue un rôle particulièrement important. Une étude menée par Elsacker et al., (2019) a démontré que le pressage à chaud permet d'augmenter significativement la densité des MBC. Par exemple, un composite cultivé à partir de *P. ostreatus* sur un substrat de paille de colza atteint une densité de 390 kg/m³ lorsqu'il est pressé sous une force inférieure à 30 kN à 150°C, contre seulement 240 kg/m³ lorsqu'il est pressé à froid à 20°C. Cette différence s'explique principalement par la réduction de porosité induite par le traitement thermique.

Malgré ces possibilités d'ajustement, il reste complexe de contrôler avec précision la densité et d'assurer son homogénéité dans le matériau final. Cette difficulté est principalement liée à la variabilité intrinsèque des substrats utilisés, tant sur le plan de leur composition que de leur structure physique (Aiduang et al., 2022).

Isolation thermique

Les MBC sont considérés comme des isolants thermiques naturels, notamment en raison de leur forte porosité, de leur basse densité. Les études indiquent que la conductivité thermique des MBC varie entre 0,42 à 0,029 W/mK (Annexe 3 : Tableau 20).

La conductivité thermique de ces matériaux dépend principalement de leur densité, de leur taux d'humidité et du type de fibres utilisé (Jones et al., 2019) ainsi que de la présence de la peau fongique (Wildman et al., 2025). A titre illustratif, Yang et al., (2017) ont mis en évidence une différence de performance pouvant atteindre un facteur 8 entre les échantillons vivants et ceux ayant été traités thermiquement. Cette importante diminution des performances s'explique par la présence d'humidité dans le matériau avant le séchage, l'eau augmentant significativement la conductivité thermique (Yang et al., 2017).

Les MBC présentent donc un potentiel prometteur comme isolants thermiques, notamment en comparaison avec d'autres matériaux d'isolation biosourcés émergents. Cependant, leur conductivité thermique demeure en moyenne plus élevée que celle des isolants traditionnels (Girometta et al., 2019).

Isolation acoustique

Les MBC présentent d'excellentes propriétés acoustiques, principalement dues à leur structure fibreuse et poreuse (Jones et al., 2019). Ces matériaux présentent une efficacité d'absorption acoustique remarquable, atteignant 70 à 75% pour des fréquences inférieures à 1500 Hz (Livne et al., 2022), avec des performances maximales autour de 1000 Hz, une plage critique pour le bruit routier et environnemental (Pelletier et al., 2013). Dans l'une de leurs études approfondies, Pelletier et al. (2019) ont déterminé que le coefficient de perte de propagation acoustique α des matériaux à base de mycélium varie de 143,291 à 38,226 nepers/m, selon l'épaisseur et la densité des échantillons.

Il est à noter que le pressage diminue ces performances, car il entraîne une augmentation de la densité et une réduction de l'épaisseur, deux facteurs ayant un effet négatif sur l'absorption sonore (Castagnède et al., 2000 ; Pelletier et al., 2016).

Comportement au feu et sécurité incendie

Contrairement à certains matériaux présentant une résistance naturelle au feu, le mycélium ne possède pas de propriétés ignifuges intrinsèques et agit principalement comme agent de liaison (Girometta et al., 2019). De plus, des études ont montré que les substrats non colonisés présentent une dégradation thermique plus lente que ceux colonisés par le mycélium, suggérant que l'activité fongique pourrait accroître la vulnérabilité thermique des matériaux (Aiduang et al., 2024 ; Appels et al., 2018). Ainsi le comportement thermique des MBC dépend essentiellement la nature du substrat lignocellulosique employé (Aiduang et al., 2022).

De manière générale, la décomposition thermique des composants lignocellulosiques suit des plages de température distinctes : l'hémicellulose se dégrade principalement entre 220 et 315°C, la cellulose entre 300 et 400°C, tandis que la lignine présente une dégradation plus progressive, s'étalant sur une plage beaucoup plus large, de 150 à 900°C (Aiduang et al., 2024 ; Bruscato et al., 2019).

Le processus de dégradation se déroule en trois étapes, conformément au profil du substrat (Aiduang et al., 2024 ; De Lima et al., 2020 ; Jones et al., 2018) :

- 1) Entre 25 et 200°C, l'étape initiale correspond à l'évaporation de l'eau, qu'elle soit libre ou faiblement liée chimiquement à la matrice lignocellulosique.

- 2) Entre 180 et 375°C, une perte de masse importante, pouvant atteindre environ 70 %, résulte de la dégradation thermique des composants majeurs.
- 3) À partir de 280–290 °C, débute la phase de décomposition avancée. La décomposition complète des résidus organiques s'effectue entre 350 et 375°C. Au-delà de 450°C, et jusqu'à 600 °C, la combustion des matières volatiles survient, sous l'effet de l'oxydation en atmosphère oxydante, marquant la fin du processus thermique.

Retrait

Contrairement aux polymères qui se dilatent sous l'effet de la chaleur, les composites à base de fibre, présentent une contraction (Ziegler et al., 2016). Le retrait observé dans les MBC est principalement lié à la perte d'eau survenant au cours de la phase de séchage, entraînant une contraction du matériau (Aiduang et al., 2022). Le retrait des MBC est fortement influencé par plusieurs facteurs, notamment le type de substrat utilisé, l'espèce fongique cultivée, la teneur en humidité du matériau ainsi que la méthode de séchage appliquée (Aiduang et al., 2024).

Selon Holt et al., (2012), un retrait de 6,2 % a été mesuré pour des MBC produits à partir de *Pleurotus sp.* cultivé sur des résidus de blé. En comparaison, Elsacker et al., (2019) ont rapporté des taux de retrait plus élevés, atteignant jusqu'à 15 % pour les composites fabriqués avec *Trametes versicolor* sur substrat de bois de pin tendre et environ 10 % lorsque le même champignon est cultivé sur des fibres de lin.

Résistance à la compression

La résistance à la compression des MBC s'étend généralement de 0,04 à 4,44 MPa, (Annexe 3 : Tableau 22) en fonction du type de substrat, de l'espèce fongique et des conditions de fabrication (Aiduang et al., 2022). Par exemple, *Ganoderma lucidum* cultivé sur sciure de Chinese albizia avec un pressage thermique atteint les valeurs les plus élevées. Elsacker et al. (2019) confirment que le traitement des fibres (hachage, compression préalable) et leur compactage favorisent une meilleure performance mécanique. Toutefois, cette résistance reste faible pour des usages structurels.

Résistance à la traction

Peu élevée, entre 0,01 et 1,55 MPa (Annexe 3 : Tableau 23), la résistance à la traction dépend surtout de la structure du réseau mycélien. Les espèces à hyphes trimitiques comme *Trametes versicolor* offrent de meilleures performances que celles à réseau monomitique (Aiduang et al., 2022). Le traitement thermique et une répartition homogène des fibres améliorent la cohésion interne (Elsacker et al., 2019).

Résistance à la flexion

La résistance à la flexion varie entre 0,024 et 4,4 MPa (Annexe 3 : Tableau 24) et augmente avec le pressage et l'usage de fibres traitées (Aiduang et al., 2022).

Des composites à base de *P. ostreatus* ou *G. lucidum*, cultivés sur substrats comme la sciure ou la paille, montrent les meilleures performances. Le type de traitement des fibres a plus d'impact que leur composition chimique (Elsacker et al., 2019).

Absorption d'eau

Le taux d'absorption d'eau des MBC peut varier considérablement, allant de 24,4 à 560 % à 24h d'immersion (Annexe 3 : Tableau 21), ce qui témoigne de leur forte sensibilité à l'humidité. Cette capacité d'absorption dépend de plusieurs paramètres intrinsèques du matériau :

- La densité du substrat constitue un facteur déterminant : une densité plus élevée est généralement associée à une absorption d'eau réduite (Tacer-caba et al., 2020). Par ailleurs, l'utilisation de substrats à particules fines tend à diminuer la porosité et donc l'absorption d'eau (Appels, 2020). Le procédé de pressage, en augmentant la densité du matériau, conduit également à une baisse du taux d'absorption par rapport aux matériaux simplement séchés (Ziegler et al., 2016).
- La teneur en cellulose influence directement la capacité d'absorption. Une concentration plus élevée en cellulose augmente le taux d'absorption d'eau, en raison de la présence accrue de groupes hydroxyles hydrophiles capables de retenir l'humidité (Aiduang et al., 2022).
- La formation d'une peau mycélienne externe, c'est-à-dire une couche fongique compacte en surface, peut agir comme barrière à la pénétration de l'eau, limitant ainsi l'humidification du matériau (Elsacker et al., 2019).

En dépit de leurs nombreux avantages, la forte capacité d'absorption d'eau des MBC constitue une limitation majeure à leur utilisation dans certaines applications, notamment celles nécessitant une stabilité dimensionnelle ou mécanique en milieu humide (Aiduang et al., 2022).

Biodégradabilité

Les MBC sont entièrement biodégradables, à condition qu'aucun additif non biodégradable ne soit appliqué à leur surface (Girometta et al., 2019). Selon Kjeldsen et al. (2018), un matériau est considéré comme biodégradable lorsqu'il subit une perte de masse comprise entre 60 % et 90 % sur une période allant de 3 à 24 mois.

Le taux de biodégradation dépend de nombreux facteurs, incluant la composition chimique du matériau, ses propriétés physiques et mécaniques, sa résistance aux conditions environnementales (intempéries, humidité), ainsi que l'activité microbienne du sol dans lequel il est enfoui (Aiduang et al., 2024).

Plusieurs études expérimentales ont mis en évidence le fort potentiel de biodégradation des MBC. Zimele et al. (2020) ont observé une perte de masse supérieure à 70 % pour des échantillons cultivés sur substrats de chanvre et de bois. De même, Van Wylick et al. (2022) rapportent des pertes de masse atteignant jusqu'à 50 % en seulement 16 semaines.

Plus récemment, Aiduang et al. (2024) ont mesuré des pertes de masse variant entre 61,31 % et 84,71 % après 90 jours d'enfouissement, selon l'espèce fongique utilisée, telle que *G. fornicatum*, *T. coccinea* ou *L. sajor-caju*.

Malgré ces résultats prometteurs, les données disponibles sur la biodégradabilité des MBC demeurent encore limitées dans la littérature scientifique actuelle (Aiduang et al., 2022 ; Van Wylick et al., 2022).

Résistance aux insectes

Les MBD ne sont pas naturellement résistants aux thermites, en raison de leur composition lignocellulosique. Bajwa et al., (2017) ont montré que le type de substrat influence significativement la résistance, contrairement à l'espèce fongique. Les substrats à base de chanvre, ont présenté la plus faible perte de masse, 16 à 53%, comparés au maïs et au kenaf plus vulnérables.

Capacité d'auto-guérison

La régénération en réponse à des dommages ou des infections est une propriété biologique fondamentale des organismes vivants (Speck & Speck, 2019). Dans ce contexte, Ng et al. (2022) ont étudié le potentiel d'auto-guérison des MBCs à travers une série d'expériences combinant différentes techniques de réparation par soudure biologique et ravaudage, utilisant des cultures solides, du spawn, ainsi que des inoculums liquides. Leur méthodologie a permis d'examiner à la fois la réparation de matériaux vivants en croissance et la régénération de matériaux inactifs, par réactivation sous conditions contrôlées via l'ajout de mycélium vivant. Ces résultats suggèrent le potentiel des MBCs pour des applications adaptatives et prolongées dans le temps.

2.2.3.4. Analyse de cycle de vie et Impact environnemental

Les MBC constituent des illustrations du principe des matériaux « cradle-to-cradle » (McDonough & Braungart, 2002), car leur forte teneur en matière organique en fait un matériau biodégradable, idéal pour le compostage en fin de vie (Bagheriehnajjar et al., 2024). Cette circularité apparente (Figure 23) justifie le recours à l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) afin d'évaluer rigoureusement leurs performances environnementales.

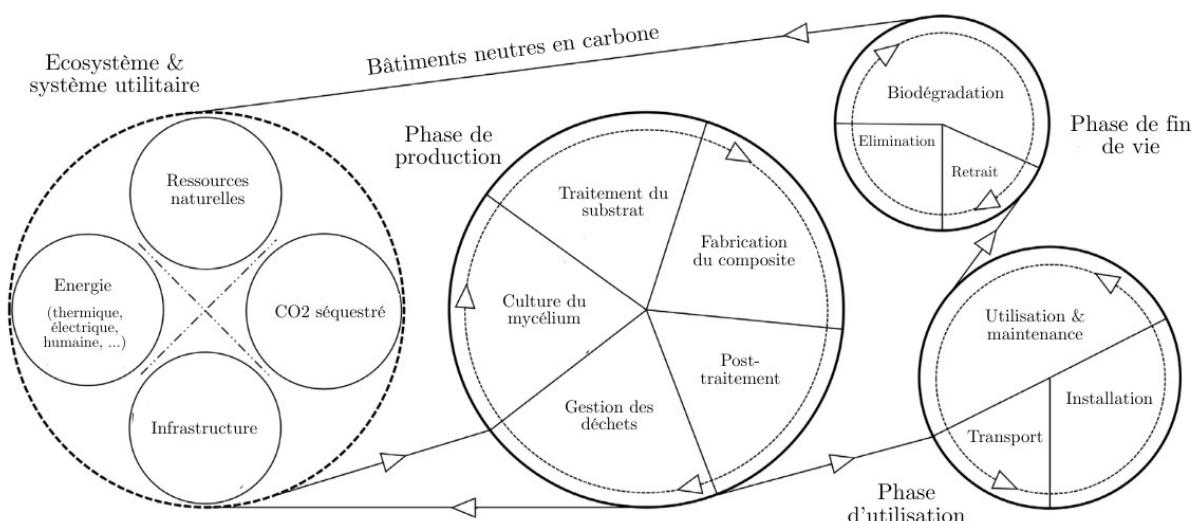


Figure 23 – Cycle de vie des MBC (adapté de Jin et al., 2025, p8)

L'application de l'ACV aux MBC constitue toutefois un champ de recherche encore émergent puisque les premières contributions significatives ne sont apparues qu'à partir de 2021 (Akromah et al., 2023 ; Carcassi et al., 2022 ; Enarevba & Haapala, 2023 ; Livne et al., 2022 ; Ng et al., 2020 ; Stelzer et al., 2021 ; Volk et al., 2024 ; Weinland et al., 2024).

À ce stade, il n'existe pas d'harmonisation méthodologique claire, chaque étude adoptant ses propres hypothèses concernant les substrats, les procédés de séchage, les conditions d'incubation ou la source d'énergie (Alaux et al., 2023). Cette hétérogénéité se traduit par des résultats difficilement comparables : les valeurs rapportées d'émissions de CO₂ équivalent varient par exemple de – 0,245 à 8,585 kg CO₂ eq/m³ (Annexe 3 : Tableau 25).

La spécificité des MBC conduit la plupart des chercheurs à adopter des ACV prospectives, c'est-à-dire orientées vers des technologies encore en développement, par opposition aux ACV rétrospectives appliquées à des produits déjà établis sur le marché (Alaux et al., 2023 ; Arvidsson et al., 2017). La majorité des travaux publiés à ce jour se limitent à une approche « cradle-to-gate », évaluant uniquement la phase de production en laboratoire ou en conditions pilotes (Alaux et al., 2023).

Ainsi, Ng et al. (2020) ont mené la première ACV cradle-to-gate sur des adhésifs fongiques à Singapour, identifiant le transport comme principal point critique mais sans inclure de scénarios de mise à l'échelle. Stelzer et al. (2021) ont ensuite évalué la production de briques fongiques en Allemagne et extrapolé à l'échelle industrielle, montrant que l'électricité, utile à la production des MBC, constituait la principale source d'émissions de gaz à effet de serre et suggérant d'élargir l'analyse vers des approches cradle-to-cradle intégrant le potentiel de recyclage. Carcassi et al. (2022) ont, de leur côté, appliqué une ACV dynamique à un composite bambou-mycélium et montré que la source d'énergie utilisée pour le séchage était déterminante pour l'empreinte environnementale. Livne et al. (2022) ont innové en intégrant dans leur ACV les émissions métaboliques de CO₂ issues de la respiration du mycélium, tout en discutant des perspectives d'industrialisation des procédés. Enfin, Alaux et al. (2023) ont réalisé la première ACV prospective cradle-to-grave, intégrant l'industrialisation et la fin de vie, et montré que les impacts environnementaux étaient probablement sous-estimés en raison du manque de données sur la production à grande échelle et de l'omission de certaines étapes du cycle de vie.

Les résultats disponibles confirment que les MBC présentent un potentiel de décarbonation, en séquestrant du CO₂ issu de résidus agricoles et en affichant globalement des impacts inférieurs à ceux des matériaux conventionnels (Hawkins et al., 2023 ; Jin et al., 2025). Dans certains cas, un potentiel de réchauffement global (GWP) négatif a même été observé en phase de production, grâce à l'incorporation de biomasse résiduelle (Jin et al., 2025). Toutefois, ces bénéfices sont souvent contrebalancés par des étapes particulièrement énergivores comme l'incubation, le séchage ou le post-traitement, qui peuvent annuler une partie du gain climatique (Stelzer et al., 2021 ; Carcassi et al., 2022).

Les GWP négatifs restent rares dans la littérature (Jin et al., 2025 ; Livne et al., 2024), cette rareté révèle une lacune méthodologique : de nombreuses ACV omettent de comptabiliser le carbone biogénique séquestré par le substrat ainsi que les émissions métaboliques issues de la respiration du mycélium. Bien que ces émissions proviennent de sources biogéniques, donc souvent exclues selon les normes ACV, comme l'ISO 14040/44 ou EN 15804 (Livne et al., 2022), elles représentent une part réelle du cycle de carbone des MBC. Leur exclusion peut conduire à une estimation biaisée du bénéfice environnemental de ces matériaux.

2.2.3.5. Architectures fongiques

Au cours des dix dernières années, l'architecture à base de mycélium (Figure 24) a été mise en œuvre en à travers le monde entier, généralement présentée sous forme de construction temporaire. (Aiduang et al., 2022).

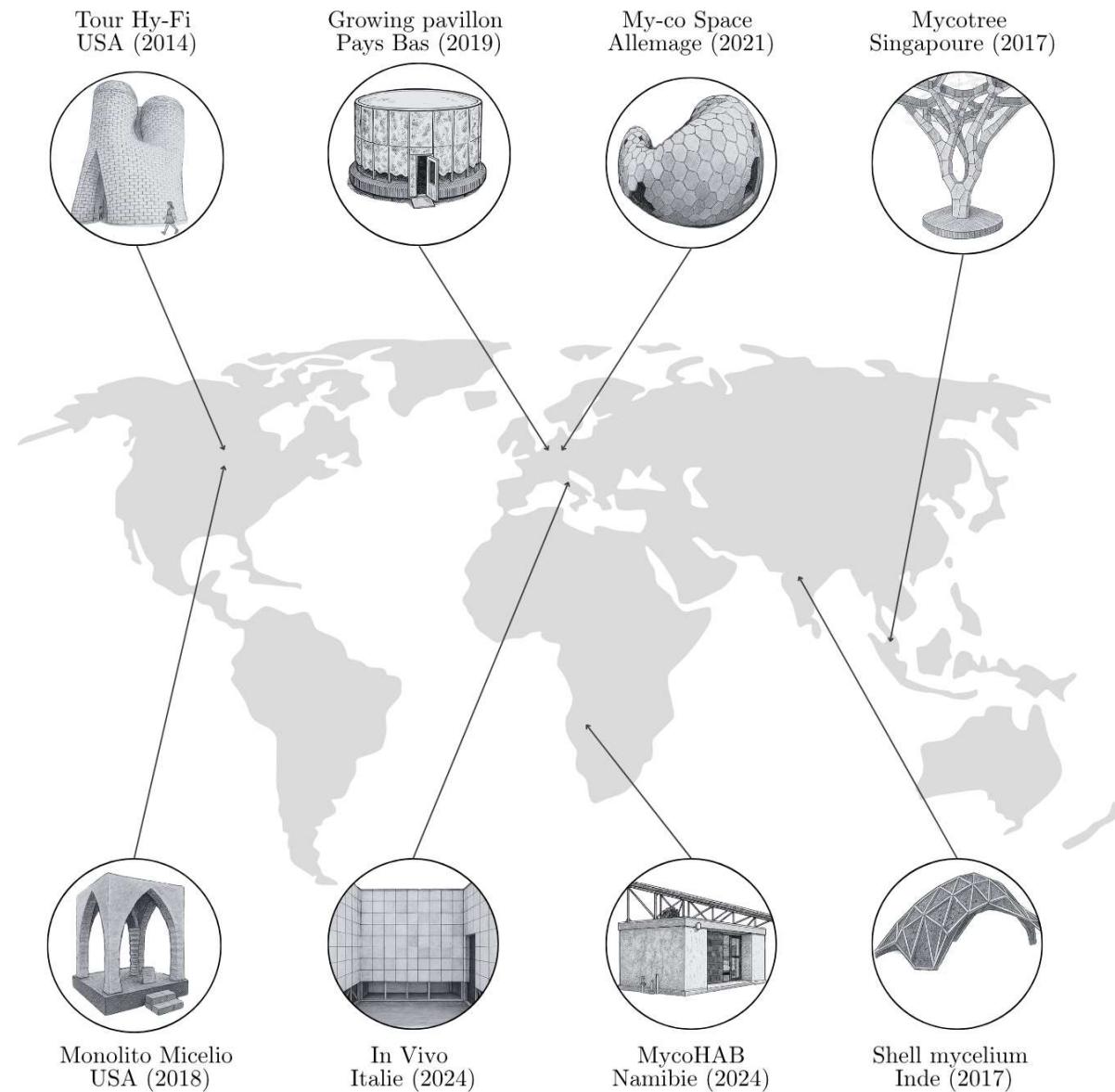


Figure 24 - Projets d'architecture fongique phare à travers le monde (adapté de Aiduang et al., 2022, p17)

Tour Hy-Fi, The living studio (2014)

Le pavillon Hy-Fi, réalisé en 2014 par The Living Studio, a été installé au musée MoMA PS1 à New York. Ce projet emblématique représente la plus grande construction en matériaux composites à base de mycélium jamais réalisée, avec près de 10 000 blocs utilisés. Ces blocs ont été fabriqués à partir de *Ganoderma lucidum*, cultivé sur un substrat de tiges de maïs, puis traités thermiquement pour en assurer la durabilité. Posés comme des briques traditionnelles, ils révélaient le potentiel du mycélium en tant que solution modulaire (Almpani-Lekka et al., 2021).

La structure, réalisée de bois et d'acier, prenait la forme d'un ensemble de cylindres fusionnés, conçus pour offrir de l'ombre et favoriser la ventilation naturelle par des courants d'air ascendants. Des interstices entre les blocs permettaient une aération contrôlée, tandis que le sommet était recouvert d'un film réflecteur développé par la société 3M, optimisant la diffusion lumineuse (Almpani-Lekka et al., 2021).

Le pavillon reposait sur des briques en béton de chanvre, ancrées avec des vis de fondation réutilisables. L'analyse structurelle, menée par le bureau d'ingénieur Arup, a confirmé la capacité des blocs à soutenir la structure jusqu'à 13 mètres de hauteur et résister à des vents supérieurs à 105 km/h. Toutefois, des planches d'échafaudage ont été conservées pour limiter les mouvements liés au vent (Almpani-Lekka et al., 2021).

A la fin de l'exposition, les blocs ont été broyés puis répandus sur le sol, sur lequel ils se sont entièrement biodégradés en 60 jours (Almpani-Lekka et al., 2021).

Shell mycelium, Studio beetles 3.3. et Yassin Arredia Design (2017)

Le pavillon Shell Mycelium, conçu en 2016 par Studio Beetles 3.3. et Yassin Arredia Design, a été réalisé pour la biennale Kochi-Muziris dans le sud-ouest de l'Inde. Il visait à proposer une structure temporaire, légère et facilement démontable (Almpani-Lekka et al., 2021).

La structure portante reposait sur une coque en treillis de bois, avec des connexions assurées par des éléments en acier, au sein de laquelle des cadres en contreplaqué servaient de réceptacles pour un substrat en fibre de coco inoculé de mycélium, placé directement sur le sommet de l'ouvrage (Almpani-Lekka et al., 2021).

Ce projet se distingue par son mode de culture in situ : le mycélium n'a pas été cultivé dans un environnement stérile, mais laissé croître à l'air libre et le séchage a été assuré naturellement par le soleil. Durant l'exposition, une fine couche de mycélium a commencé à se développer, mais le matériau s'est desséché avant de pouvoir se solidifier complètement. Ce projet expérimental met en évidence les défis techniques d'une mise en œuvre non industrialisée du mycélium (Almpani-Lekka et al., 2021).

Mycotree, Sustainable construction, Block research group et Future cities laboratory (2017)

MycoTree, conçu par le Sustainable construction lab de KIT Karlsruhe en collaboration avec le Block research group de l'ETH Zurich et le Future cities Laboratory de Singapore-ETH Center est une structure autoportante réalisée dans le cadre de la biennale d'architecture et d'urbanisme de Séoul.

Cette installation intérieure expérimente l'utilisation du composite de mycélium comme matériau porteur, associé à des techniques de conception paramétrique et de fabrication numérique (Almpani-Lekka et al., 2021).

La structure repose sur du mycélium de *Pleurotus ostreatus*, développé sur un substrat organique mêlant canne à sucre et racine de manioc. Le design s'appuie sur les graphic statics tridimensionnelles, une méthode de recherche de forme générant des structures funiculaires exclusivement soumises à la compression (Lee, 2018 ; Almpani-Lekka et al., 2021).

Pour pallier la faible rigidité du mycélium, un système de connexion composé de plaques de bambou et de chevilles en acier a été mis en place permettant à la structure de résister également à d'autres sollicitations mécaniques (Lee, 2018).

Monolito Micelio, Jonathan Dessi-Olive et Georgia Institute of Technology School of Architecture (2018)

Réalisé pour une exposition à Atlanta, le pavillon mesurait 2,5 mètres de côté et utilisait environ 800 kg de mélange mycélien, à base de *Ganoderma lucidum* et de chanvre. L'objectif était de proposer une solution unique capable de répondre simultanément aux exigences structurelles, d'isolation thermique et acoustique, tout en réduisant les délais de construction. La conception a été optimisée à l'aide d'outils computationnels, permettant au matériau de ne subir que des forces de compression (Almpani-Lekka et al., 2021).

Le moule extérieur, fabriqué en panneaux OSB usinés par CNC, était perforé pour favoriser la croissance du mycélium en assurant une bonne oxygénation. La structure a été désinfectée et le mycélium été contenu contre le cadre en bois à l'aide de géotextile en polypropylène. Un malaxeur à béton a permis de préparer de grandes quantités de mélange mycélien sur site (Almpani-Lekka et al., 2021).

Une caractéristique singulière du projet est que, après le démoulage, le pavillon a séché à l'air libre sans recours à un traitement thermique contrôlé. Ce choix a provoqué, au bout de deux semaines, l'apparition de fissures superficielles ainsi qu'un léger retrait. La structure a finalement été démontée à la fin de l'exposition (Almpani-Lekka et al., 2021).

Growing Pavilion, Company New Heroes E. Klarenbeek (2019)

Conçu comme un espace événementiel temporaire à l'occasion de la Dutch Design Week 2019, le Growing Pavilion est le fruit d'une collaboration entre Company New Heroes, la Dutch Design Foundation et le designer Eric Klarenbeek. Ce projet s'inscrit dans une démarche expérimentale de construction biosourcée, mobilisant un large réseau d'acteurs engagés dans l'économie circulaire (Almpani-Lekka et al., 2021).

La structure du pavillon adopte une forme cylindrique, avec une ossature principale en bois sur laquelle sont fixés des panneaux composites de mycélium. Ces panneaux (200 cm x 70 cm), fabriqués par l'entreprise Grown sous licence Ecovative, sont composés de mycélium *Ganoderma lucidum* cultivé sur un substrat de fibres de chanvre et de résidus agricoles. Fixés de manière à laisser visible leurs surfaces sculpturales, ils donnent au pavillon un aspect à la fois organique et expressif. Deux revêtements naturels (Impershield coating et Xyhlo coating) ont été appliqués pour améliorer la résistance du mycélium à l'humidité et aux conditions extérieures, répondant ainsi à l'un des principaux défis de ce type de matériau.

My-Co space, MY-CO-X Collective (2021)

My-co space est un prototype d'habitat temporaire développé par le collectif berlinois interdisciplinaire MY-CO-X, fondé en 2020 par la biotechnologiste Vera Meyer et l'architecte Sven Pfeifer.

Conçu pour accueillir deux personnes, My-co space fait office à la fois de chambre, de lieu d'apprentissage et d'espace d'exposition. Sa forme, issue d'un diagramme fonctionnel continu, s'étend sur 5,2 mètres de large, 6 mètres de long et 3 mètres de haut. Il a été présenté dans le cadre de l'exposition tinyBE à Francfort.

Le pavillon repose sur une structure paramétrique composée de 300 éléments en mycélium de *Fomes fomentarius*, cultivé sur du chanvre et moulé dans des panneaux préassemblés de contreplaqué de 4,5 cm d'épaisseur. Chaque panneau est conçu de manière à répartir les charges mécaniques sur l'ensemble de la surface de la coque. Pour finir, son assemblage, réalisé avec un minimum de connecteurs métalliques, rend l'ensemble biodégradable.

In Vivo, Bento Architecture, Vinciane Despret (2024)

Présenté par la Belgique lors de la 18^e Biennale d'architecture de Venise, placé sous le thème « Le laboratoire du futur », le pavillon In Vivo explore les potentialités des matériaux vivants.

Conçu comme un pavillon temporaire et évolutif, la structure volumineuse de douze mètres de long, 6 mètres de large et 6 mètres de haut, repose sur une ossature légère en bois issu de la forêt de Soigne, accueillant des panneaux de mycélium développé par l'entreprise bruxelloise PermaFungi, tandis que le sol est réalisé en terre crue issue de déblais locaux (Despret et al., 2024).

In Vivo va au-delà de la simple installation, et propose une réflexion sensible et engagée sur les manières de construire demain, en intégrant le vivant, les ressources locales et la réversibilité comme éléments constitutifs de l'architecture.

MycoHAB, BioHAB (2024)

MycoHAB est un projet pilote développé en Namibie par le Center for Bits and Atoms du MIT, le Standard Bank Group et le studio Redhouse. Il exploite la brousse envahissante, issue de la lutte contre la désertification, comme substrat pour cultiver des champignons comestibles. Les déchets de culture sont ensuite transformés en un matériau composite solide (MycoHAB, s.d.).

Inspiré des recherches de la NASA sur la culture d'habitats sur Mars, le procédé utilise peu d'eau et aucun produit chimique. Au-delà de l'aspect constructif, le projet a aussi une dimension sociale et économique : les champignons produits peuvent être consommés ou vendus par les communautés locales (MIT, 2024).

2.3. La terre crue

2.3.1. La terre crue, matériau d'hier, solution de demain

La construction en terre crue repose sur l'extraction de la terre à une certaine profondeur, puis sur sa mise en forme afin d'en faire un matériau de construction (Guide du bâtiment durable, 2024). Ce matériau, à la fois écologique et sain, requiert une transformation peu coûteuse et constitue un atout majeur pour le confort intérieur (Atoke, 2013).

2.3.1.1. La terre crue, une matière triphasique

Ce matériau est constitué d'un assemblage de grains de tailles variées : les argiles ($< 2 \mu\text{m}$), de forme lamellaire, assurent la cohésion en jouant un rôle de liant comparable à celui du ciment dans le béton, tandis que les silts (entre $2 \mu\text{m}$ et $60 \mu\text{m}$), sables (entre $60 \mu\text{m}$ et 2 mm), graviers (entre 2 mm et 2 cm) et cailloux (entre 2 cm et 20 cm) assurent la structure et confèrent une rigidité croissante à mesure que leur taille augmente (Guide du bâtiment durable, 2024 ; Fontaine & Anger, 2009). Entre ces grains, les vides peuvent être occupés par de l'eau, de l'air ou une combinaison des deux, ce qui confère à la terre crue une organisation triphasique ; solide, liquide (eau) et gazeuse (air). Les proportions relatives de ces phases conditionnent directement les propriétés mécaniques et physiques du matériau (Fontaine & Anger, 2009).

2.3.1.2. Les propriétés de la terre crue

La terre crue possède des caractéristiques physiques, thermiques, mécaniques et acoustiques qui conditionnent son utilisation en construction et mettent en évidence ses avantages comme ses limites :

- Masse volumique : comprise entre 1200 et 1600 kg/m^3 pour de la terre foisonnée, elle augmente après compactage, comme dans la technique du pisé (Atoke, 2013).
- Régulation hygrothermique : grâce à sa teneur en argile, elle absorbe et restitue la vapeur d'eau, ce qui stabilise l'humidité intérieure et contribue à son inertie thermique. Ce mécanisme permet un gain de chaleur en hiver par condensation et un effet rafraîchissant en été par évaporation (Guide du bâtiment durable, 2024).
- Propriétés thermiques : la terre crue n'est pas un isolant, ses performances étant proches de celles du béton. À titre indicatif, une terre de 1500 kg/m^3 présente une conductivité thermique de $0,75 \text{ W/mK}$ et une capacité thermique de $13500 \text{ kJ/m}^3\text{K}$ (Atoke, 2013).
- Comportement mécanique : sa résistance à la compression ne peut être prédite sans essais, en raison de la complexité entre microstructure et propriétés macroscopiques (Guide du bâtiment durable, 2024).
- Comportement au feu : elle est classée ininflammable selon la norme DIN 4102 (Atoke, 2013).
- Comportement face à l'eau : une humidité excessive perturbe ses cycles hygroscopiques, ce qui peut entraîner une perte de cohésion et, dans certains cas, l'effondrement de l'ouvrage (Guide du bâtiment durable, 2024).

2.3.1.3. Les méthodes de production

Les techniques de construction en terre crue présentent une grande diversité (Figure 25). Selon Houben & Guillaud (1989), il est possible d'en distinguer douze principales méthodes, dont le pisé, le torchis, la bauge ou encore l'adobe (Guide du bâtiment durable, 2024) :

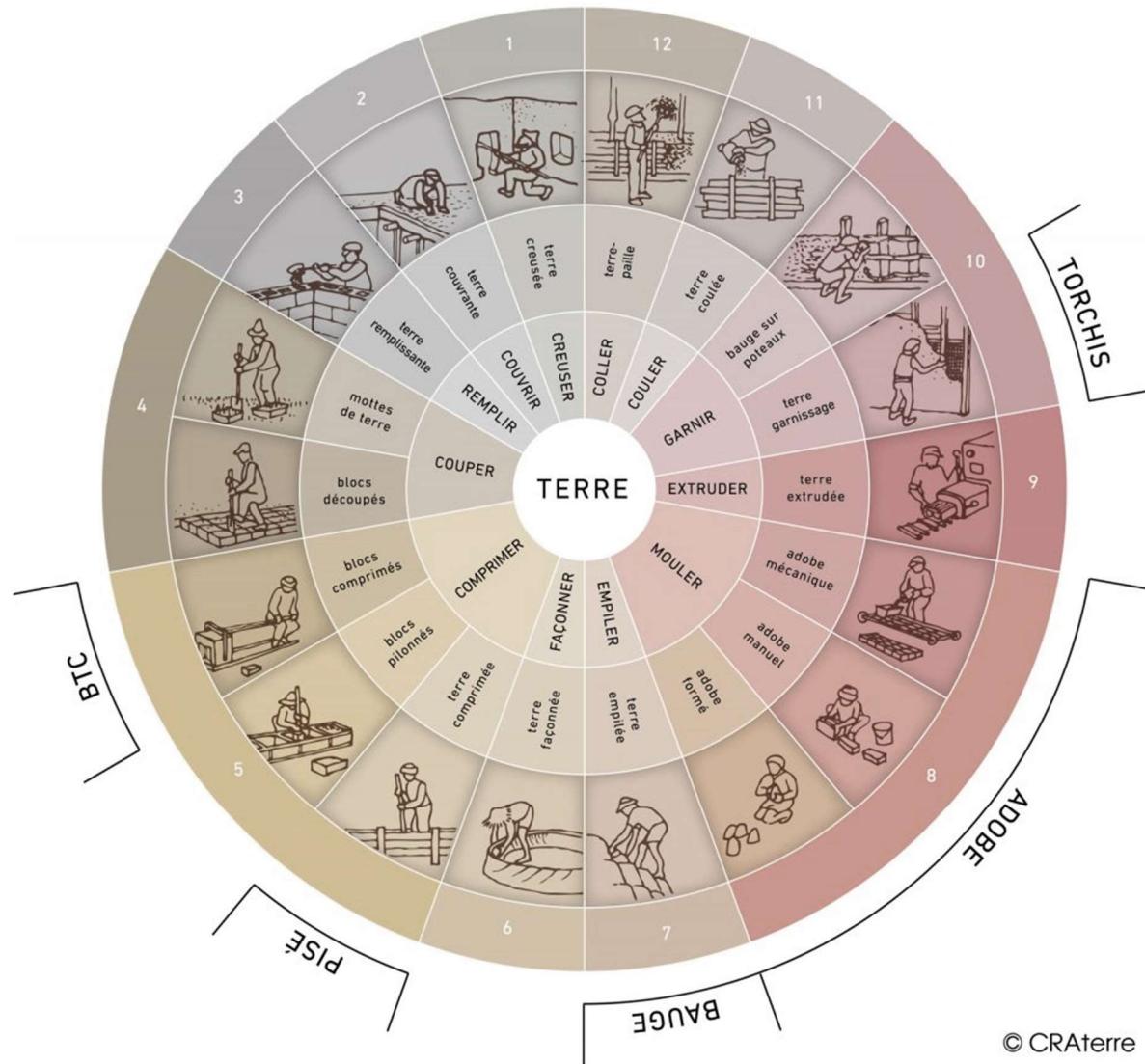


Figure 25 - La roue des techniques de construction en terre crue (Fontain.e & Anger., 2009, p26)

2.3.2. Du sable à l'architecture, les usages de la terre crue

La construction en terre crue, l'une des plus anciennes méthodes de construction, est présente sur tous les continents habités (Figure 26) et reste aujourd'hui encore largement utilisée à travers le monde. On estime que plus de deux milliards de personnes vivent actuellement dans des habitats en terre crue (Fontaine & Anger, 2009 ; Guide du bâtiment durable, 2024). Cette technique, universelle et millénaire, est également représentée dans le patrimoine mondial, avec près de 150 sites inscrits à l'UNESCO construits entièrement ou partiellement en terre crue (Grandreau & Delboy, 2012).

Parmi les réalisations emblématiques en terre crue, figurent les Tulou du Fujian (Chine), vastes habitations collectives circulaires ou carrées en pisé s'élevant sur plusieurs étages, ou la citadelle de Bam (Iran), entièrement construite en adobe maçonné avec un mortier de terre (Grandreau & Delboy, 2012).



Figure 26 - La construction en terre crue à travers le monde (adapté de Fontaine. & Anger., 2009, p14-15)

Aujourd’hui, cette technique attire de nouveau l’attention des architectes contemporains. En Belgique, le projet Fort V à Edegem (Bc architects) constitue le premier bâtiment public moderne en terre crue du Benelux, et the Wall à Tienen (AST77) se distingue par un imposant mur en pisé de 15 mètres qui domine la maison de l’architecte Peter Van Impe (Van der Linden, 2021).

2.3.3. Les briques en terre crue comprimée

Les blocs de terre comprimée (BTC), assimilables à une forme de pisé moulé en brique, sont produits à l’aide de presses mécaniques fonctionnant en conditions humides. Cette technique, relativement récente, présente les mêmes atouts que l’adobe, notamment ceux liés à la modularité et à la mise en œuvre de la maçonnerie en brique (Houben & Guillaud, 2020). La fabrication impose toutefois des contraintes granulométriques : la présence de gros graviers ou de cailloux empêcherait une compression homogène, ce qui limite la taille maximale des grains utilisables. Ainsi, les terres destinées aux BTC doivent présenter un équilibre entre sable, limon et argile. Un excès d’argile entraîne des fissurations au séchage, l’adjonction de sable permet alors de réduire le retrait. Dans la pratique, l’incorporation de liants hydrauliques tels que le ciment ou la chaux est également courante afin d’améliorer la résistance mécanique et la durabilité face à l’eau, les blocs obtenus sont alors désignés sous le terme bloc de terre stabilisé (BTS) (Houben & Guillaud, 2020 : Mahdad et al., 2014).

2.4. L'acceptabilité des matériaux

Malgré leurs avantages écologiques indéniables, les composites à base de mycélium peinent encore à s'imposer comme des matériaux de construction pleinement intégrés dans les pratiques du secteur. L'un des principaux freins à leur adoption à grande échelle réside dans la perception défavorable que le public associe aux produits issus des champignons. (Van den Broek et al., 2024 ; Wang et al., 2024). Leur acceptation reste limitée, notamment en raison de représentations négatives associées à leur origine fongique, à leur aspect visuel non standardisé, à leur odeur caractéristique et à une signature sensorielle parfois jugée désagréable (Abhijith et al., 2018 ; Bonenberg et al., 2023).

Ces freins soulèvent la question de l'identité matérielle, entendue comme la perception partagée d'un matériau à travers ses attributs sensoriels, esthétiques et symboliques (Karana et al., 2015). Dans le cas des composites à base de mycélium, cette identité reste peu construite ou insuffisamment reconnue, ce qui affecte leur lisibilité et freine leur diffusion (Du Bois et al., 2021 ; Veelaert et al., 2020).

Plus globalement, les matériaux émergents comme les biocomposites mycéliens illustrent les difficultés d'acceptabilité auxquelles sont confrontées les innovations biosourcées. Ils invitent à interroger les conditions d'appropriation de ces matériaux par les différents acteurs du secteur.

2.4.1. L'acceptabilité, une notion plurielle et contextuelle

La notion d'acceptabilité ne possède pas une définition unique et figée, mais varie selon les domaines d'application tel que la technologie, le design, l'architecture, la politique publique et les enjeux portés comme l'utilisation, l'adoption la perception, l'intégration sociale (Atarodi et al., 2018).

Dans le champ de l'innovation matérielle, et plus spécifiquement dans l'architecture durable ou le design de matériaux biosourcés, l'acceptabilité ne peut se limiter à des critères purement techniques. Elle englobe un ensemble complexe de dimensions fonctionnelles, esthétiques, sensorielles, émotionnelles, mais aussi symboliques ou encore culturelles. Autrement dit, ce n'est pas seulement la performance d'un matériau qui le rend acceptable, mais aussi la manière dont il est perçu, ressenti, compris et valorisé par ses utilisateurs potentiels (Van den Broek et al., 2024 ; Wang et al., 2024).

2.4.1.1. Modèle théorique de technology acceptance Model

D'un point de vue technologique, le modèle théorique Technology Acceptance Model (TAM) développé par Fred Davis en 1986 explique comment et pourquoi les utilisateurs acceptent une nouvelle technologie (Figure 27). Il identifie deux dimensions fondamentales :

- L'utilité perçue, c'est-à-dire la croyance que le matériau est fonctionnellement bénéfique dans un contexte donné (Davis, 1986).
- La facilité d'usage perçue, ou la croyance qu'il est aisé à mettre en œuvre ou à manipuler (Davis, 1986).

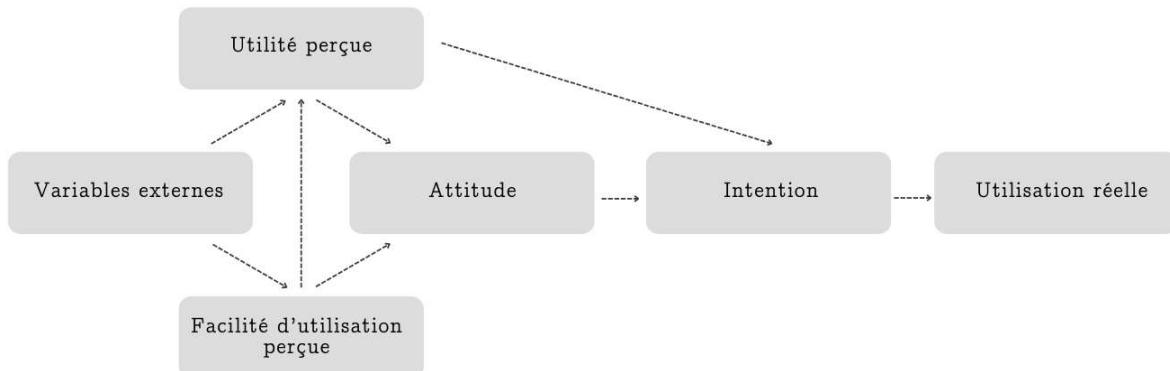


Figure 27 - Technology acceptance Model (Adapté de Davis, 1986, p24)

2.4.1.2. Théorie de diffusion des innovations

La théorie de diffusion des innovations, développée par Rogers (1983) explique comment, pourquoi et à quelle vitesse de nouvelles technologiques se propagent dans la société.

Une innovation correspond à une idée, une pratique ou un objet considéré comme nouveau par un individu ou une communauté. Ce qui importe dans cette théorie, ce n'est pas forcément le caractère objectivement inédit mais bien la perception de nouveauté. Cependant, le fait qu'une innovation soit perçue comme « nouvelle » ou même « utile » ne suffit pas à assurer l'adoption. Pour qu'elle soit réellement intégrée, elle doit être socialement et culturellement acceptable. Cette acceptabilité repose sur la manière dont les individus perçoivent l'innovation à travers cinq attributs :

- L'avantage relatif (relative advantage) est le degré auquel une innovation est perçue comme meilleur que la solution qu'elle remplace.
- La compatibilité (compatibility) correspond à l'adéquation entre l'innovation et les valeurs, les croyances, les normes culturelles, les pratiques habituelles.
- La complexité (complexity) fait référence au niveau de difficulté perçu dans la compréhension et l'utilisation.
- La possibilité d'essai (trial-ability) représente la facilité avec laquelle l'innovation peut être testée à petite échelle avant une adoption complète.
- L'observabilité (observability) désigne le fait que les résultats ou les bénéfices soient visibles aux yeux des autres.

Toutefois, ces cinq critères ne permettent pas, à eux seuls, de rendre pleinement compte du phénomène d'acceptabilité. Celle-ci doit également être appréhendée à travers le rapport que l'individu entretient avec l'objet considéré et la dimension fondamentalement subjective de la perception. En effet, l'acceptabilité ne découle pas uniquement de caractéristiques objectives ou mesurables de l'innovation, mais aussi de la manière dont elle est perçue, interprétée et intégrée dans un cadre culturel, social et personnel donné (Raux et al., 2007).

2.4.1.3. Temporalité et acceptabilité

L'acceptabilité peut aussi être abordée selon deux temporalités complémentaires.

- L'acceptabilité a priori, qui renvoie à l'image mentale construite avant toute interaction directe avec le matériau, influencée par des représentations sociales, culturelles ou symboliques (Mertens, 2019 ; Raux et al., 2007).
- L'acceptabilité a posteriori, qui émerge à partir de l'expérience sensible du matériau dans un espace réel, mobilisant les sens mais aussi le contexte spatial, l'ambiance et les interactions (Pallasmaa, 2014).

2.4.2. Materials benchmarking

Au-delà de l'expérience sensible développée au contact direct du matériau, la compréhension d'un matériau ne peut se faire isolément : elle nécessite de le situer au sein d'un ensemble de matériaux comparables, afin de mettre en évidence ses performances relatives et ses potentialités (Wang et al., 2024). Autrement dit, l'évaluation pertinente d'un matériau passe par une mise en perspective avec d'autres matériaux aux applications similaires, ce qui permet non seulement d'identifier ses avantages et limites, mais aussi de déterminer dans quels contextes il constitue une alternative crédible (Camere & Karana, 2018).

2.4.3. Expérience et identité matérielle

L'identité matérielle d'un matériau se construit donc dans l'interaction entre l'objet, son usage et le contexte dans lequel il s'inscrit et ne peut être réduite à ses seules caractéristiques physiques (Karana et al., 2015). Elle ne peut être dissociée de la manière dont il est perçu, accepté et finalement adopté par les différents acteurs (Wang et al., 2024).

Doordan (2003) propose une approche tripartite de l'identité matérielle, articulée autour de trois dimensions interdépendantes : la fabrication (origine et composition), l'application (mise en forme et usage) et l'appréciation (perception et réception par les usagers). Ces trois dimensions n'évoluent pas de manière linéaire mais s'influencent mutuellement dans un processus dynamique. Comprendre un matériau, c'est donc à la fois saisir ce qu'il est, ce que l'on en fait et ce qu'il représente pour les individus.

Karana et al., (2015) ont enrichi la notion d'identité matérielle en y intégrant la notion d'expérience du matériau, qui se définit comme l'expérience que les gens vivent à travers les matériaux (Karana et al., 2008). Cette expérience englobe les perceptions sensorielles, les significations attribuées ou encore les émotions ressenties ainsi que les performances.

Karana et al., (2015) intègre donc trois nouvelles dimensions, qui offrent un cadre d'analyse pertinent pour comprendre comment l'identité matérielle prend forme à travers l'expérience vécue :

- L'esthétique : qui concerne la perception sensorielle directe du matériau. Les qualités telles que la douceur, la chaleur, la rugosité, le son ou le poids génèrent une expérience esthétique immédiate et omniprésente, fondée sur l'interaction sensorielle.

- La signification : qui fait référence aux valeurs et représentations que l'utilisateur attribue à un matériau dans un contexte donné. Ces significations sont influencées par des facteurs culturels, sociaux et individuels, et naissent de l'interprétation personnelle de la matière.
- L'émotion : qui désigne les réactions affectives, souvent spontanées, qu'un matériau peut susciter. Certaines textures, couleurs ou sensations peuvent générer un effet émotionnel fort, comme ce que Donald Norman nomme le "facteur wow", c'est-à-dire une réponse émotionnelle immédiate et viscérale.

Les propriétés sensorielles jouent à ce titre un rôle fondamental dans la manière dont les matériaux sont perçus et interprétés. Elles regroupent les qualités perceptibles par les cinq sens, la vue, le toucher, l'ouïe, l'odorat et le goût, et peuvent évoquer des souvenirs, des émotions ou des valeurs sociales (Karana et al., 2009 ; Wang et al., 2024). Ces dimensions sensorielles participent activement à la construction de l'identité du matériau, en offrant un profil sensoriel qui informe directement la perception qu'en a l'usager (Georgi & Nagai, 2011).

Ainsi l'identité apparaît comme relationnelle, évolutive et située, car un même matériau peut véhiculer des significations différentes selon l'époque, la culture, la classe sociale ou la génération (Karana et al., 2015). Les matériaux ne présentent donc pas une identité intrinsèque, puisque qu'elle se construit dans l'interaction avec l'usager (Karana, 2009).

Développement d'un isolant mycélien pour une brique en terre crue



Ce deuxième volet, en lien avec la première question de recherche, rend compte de la phase expérimentale menée pour produire des MBC ainsi que des composites terre crue–mycélium. Il décrit à la fois le protocole suivi et les essais réalisés, tout en intégrant une enquête par interview visant à mieux comprendre les méthodes de production et la place actuelle du mycélium dans le secteur de la construction.

3.1. Stratégie de fabrication des échantillons

Dans le cadre de ce travail, différents échantillons (Figure 28) ont été cultivés afin d'explorer plusieurs configurations et de répondre aux exigences spécifiques des essais destinés à caractériser les propriétés.

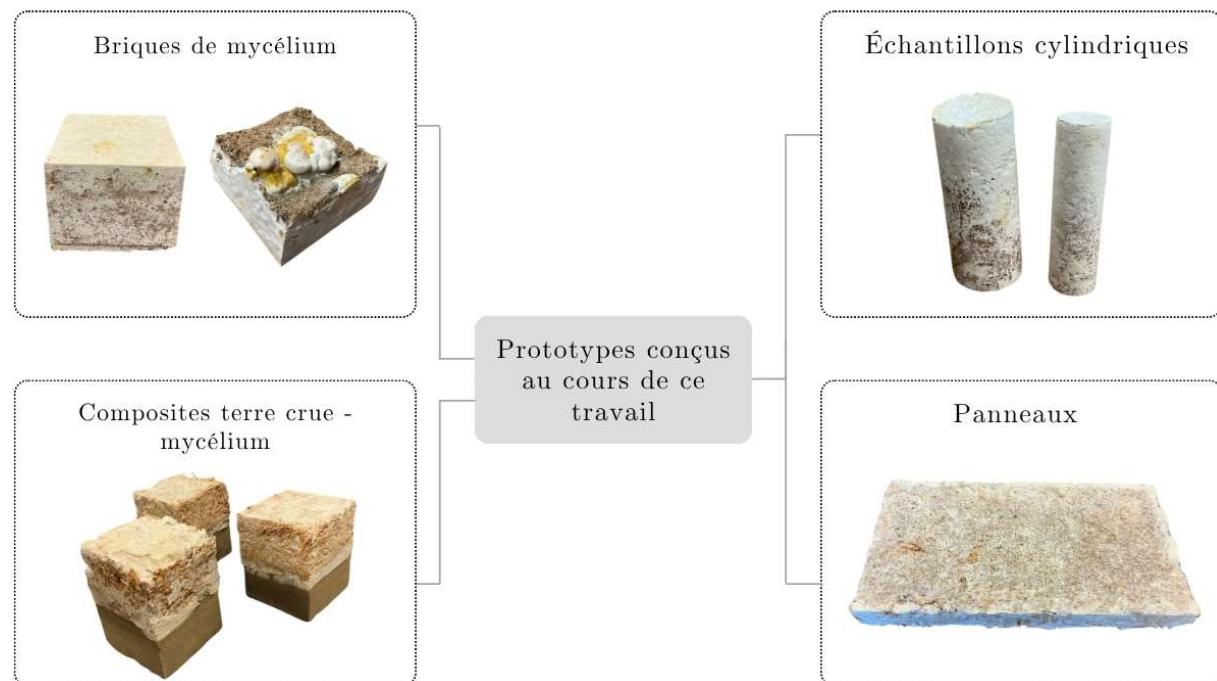


Figure 28 - Prototypes des échantillons

Les briques de mycélium ont servi à tester divers paramètres, tels que le choix du substrat ou de l'espèce fongique, à déterminer la densité ainsi que de suivre l'évolution de la masse au cours de différentes phases de développement. Des prototypes associant terre crue et mycélium ont été développés afin d'étudier l'adhérence entre ces deux matériaux, dans la perspective de fabriquer un composite sans adhésif chimique. En complément, pour caractériser la conductivité thermique, des panneaux et des échantillons cylindriques ont été réalisés.

3.2. Protocole de préparation des BTC

La préparation des briques en terre crue s'est déroulée en deux phases : la préparation des mélanges de terre crue et la fabrication des briques.

3.2.1. Matériaux (briques)

Afin de tester l'impact de certains composants dans la terre crue, trois mélanges différents (Figure 29 et Tableau 2) ont été réalisés.

Tableau 2 - Composition des mélanges de terre crue utilisés pour fabriquer les briques

Type de mélange	Composition
Mix enduit	Terre limoneuse + terre argileuse + sable 0-4 + 2 % de paille hachée
Mix pisé	Terre limoneuse + terre argileuse + fines calcaires + 1 % de chaux aérienne
Mix paillé	Terre limoneuse + terre argileuse + sable 0-4 + 10 % de paille hachée

L'objectif est donc de déterminer dans quelle mesure l'ajout de paille ou de chaux influence l'adhérence entre la terre crue et le composite mycélien.

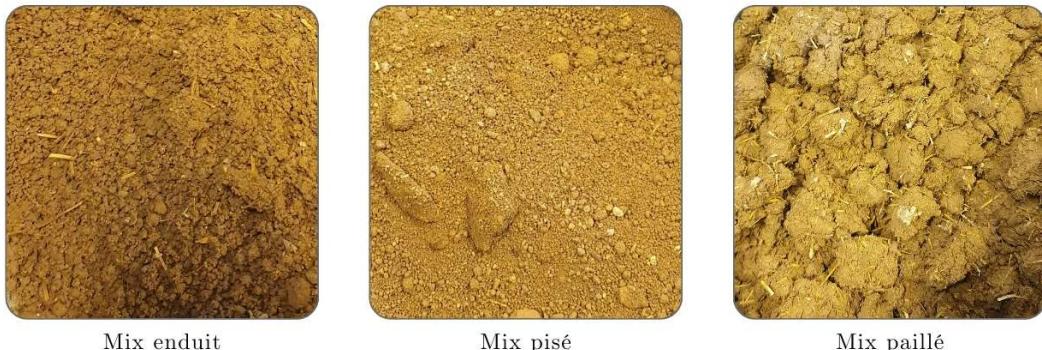


Figure 29 - Types de mélange de terre utilisés dans l'étude

3.2.2. Préparation des mélanges

Les mélanges ont été réalisés dans un atelier mis à disposition par Elémenterre (RenoCopro, s.d.). Un malaxeur adapté a permis d'assurer une homogénéisation efficace des différents composants, notamment la paille, la chaux et l'eau. L'ajout d'eau a été incorporé progressivement, selon une approche exploratoire.

Le taux d'humidité est évalué de manière empirique à l'aide d'un test inspiré du test Carazas (Fontaine & Anger, 2009) : une boule du mélange est façonnée manuellement puis laissée tomber d'une hauteur d'environ un mètre. Si la boule reste pratiquement intacte après l'impact, le mélange est jugé excessivement humide. Si elle se désagrège complètement, le mélange est considéré comme trop sec. L'humidité optimale correspond à une fragmentation en petits amas cohésifs, suggérant un bon équilibre hydrique pour la mise en forme des briques.

3.2.3. Pressage de la brique

Les briques sont fabriquées à l'aide d'une presse mécanique manuelle Terstaram (Figure 30), équipée d'un moule interchangeable permettant d'obtenir des briques de forme carrée de 14 cm de côté pour une hauteur d'environ 10 cm (Figure 31).



Figure 30 - Presse Testaram



Figure 31 - Briques en terre comprimée

Le processus de fabrication se déroule en deux étapes : une première quantité de mélange est introduite dans le moule puis pressée en actionnant la presse dans le sens horaire (Figure 33). La surface est ensuite piquée une dizaine de fois (Figure 32) avant qu'une seconde couche de mélange ne soit ajoutée. Le second pressage permet de former la brique finale.



Figure 33 - Sens d'activation
mécanique de la presse



Figure 32 - Piquetage

Dans le but d'évaluer l'influence de la géométrie de la surface de contact sur l'adhérence du mycélium, certaines briques sont moulées en intégrant au fond du moule une plaque imprimée en 3D (Figure 34). Cette plaque, munie de neuf cônes tronqués, est destinée à augmenter la surface spécifique et la rugosité de contact en produisant des briques avec des creux en surface (Figure 35).

Ce dispositif vise à améliorer l'ancrage du mycélium en maximisant l'interaction entre le substrat fongique et le support en terre comprimée.



Figure 34 - Plaque imprimée en 3D



Figure 35 - Brique avec creux en surface

La surface en contact avec le mycélium dans une brique classique vaut :

$$S_1 = L * l = 14 * 14 = 196 \text{ cm}^2$$

Pour un cône tronqué, les surfaces sont déterminées comme suit :

$$A_{lat} = \pi * (R + r) * \sqrt{(R - r)^2 + h^2} = \pi * (1 + 0,4) * \sqrt{(1 - 0,4)^2 + 0,9^2} = 4,757 \text{ cm}^2$$

$$A_{petite \ base} = \pi * r^2 = \pi * 0,4^2 = 0,503 \text{ cm}^2$$

$$A_{grande \ base} = \pi * R^2 = \pi * 1^2 = 3,141 \text{ cm}^2$$

Où R correspond au rayon de la grande base, r au rayon de la petite base et h la hauteur verticale du cône tronqué.

Lorsque la surface est perforée, la surface totale en contact avec le mycélium est définie comme

$$S_2 = S_1 + n * (A_{lat} + A_{petite \ base}) - n * A_{grande \ base} = 215,071 \text{ cm}^2$$

Où n représente le nombre de perforation.

L'ajout de neuf cônes tronqués, augmente donc la surface de contact de 9,73 %.

Dans le cadre de ce travail, seule la géométrie avec creux, en plus de la surface lisse, a été retenue pour les essais. Toutefois, il serait pertinent d'explorer d'autres types de géométrie de surface, tels qu'une surface striée ou en relief, afin d'évaluer leur influence sur les propriétés d'adhérence entre le mycélium et la terre crue. Une telle démarche permettrait de mieux comprendre les mécanismes d'ancrage et d'optimiser la cohésion interfaciale au sein du composite.

3.3. Protocole de préparation des MBC

3.3.1. Cultiver le MBC

Bien que les études existantes fassent appel à une grande diversité d'approches expérimentales et de protocoles non standardisés (Elsacker et al., 2020), la fabrication des MBC repose néanmoins sur une séquence procédurale, structurée en étapes récurrentes observées dans la majorité des études (Figure 36) :

0. Sélection de la souche fongique et du substrat
1. Stérilisation du substrat
2. Inoculation du substrat
3. Phase d'incubation, comprenant la mise en moule
4. Traitement thermique
5. Traitement post production

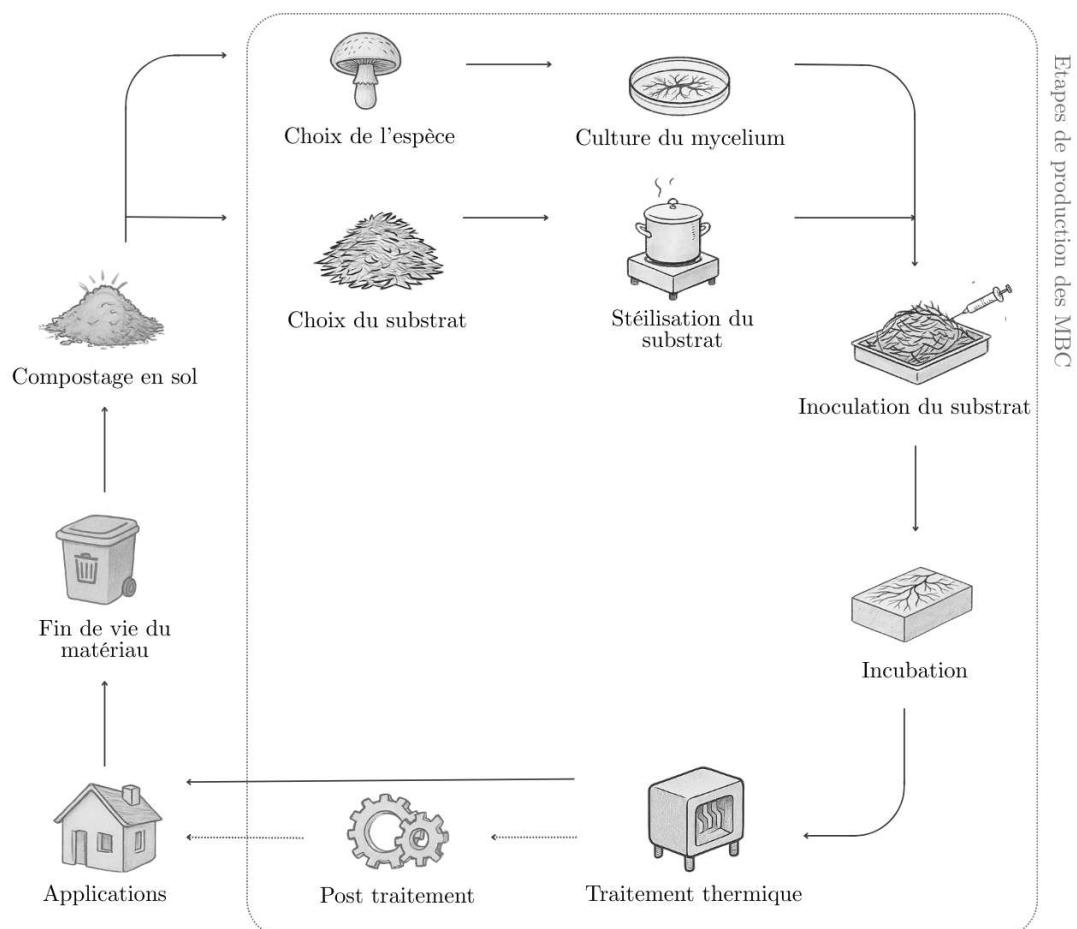


Figure 36 - Diagramme de préparation des MBC

L'Annexe 4 : Méthodologie de fabrication des MBC dans la littérature scientifique compile l'ensemble des particularités de la production des MBC, propres à chaque étude, décrites dans la littérature scientifique. Il convient de souligner que les conditions expérimentales spécifiques en laboratoire ne sont pas systématiquement documentées de manière exhaustive (Elsacker et al., 2020). Le présent chapitre expose les fondements théoriques de chaque phase du processus de conception.

3.3.1.1. Sélection de la souche fongique et du substrat

Les MBC reposent principalement sur deux composants essentiels : un substrat qui sert de matériau de remplissage et le mycélium, qui agit comme liant. Cette configuration peut être comparée à celle du béton, où les granulats sont liés par le ciment. A cela s'ajoutent des compléments et des additifs dont le rôle est comparable à celui des plastifiants et accélérateurs de prise utilisés dans les bétons (Ghazvinian & Gursoy, 2022a).

Le choix de l'espèce de champignon et du type de substrat conditionne les propriétés du biocomposite (Attia et al., 2019). Les sections 2.2.3.1 et 2.2.3.2. présentent en détail les différentes espèces fongiques et substrats les plus fréquemment décrits dans la littérature scientifique pour la fabrication des MBC.

3.3.1.2. Culture du mycélium – Préparation de l'inoculum

La préculture du mycélium peut être réalisée selon différentes approches (Figure 37), en fonction des objectifs de recherche ou des contraintes techniques spécifiques. Le mycélium peut être cultivé en boîte de Petri, contenant de l'agar au malt ou à la peptone, dans des milieux liquides enrichis en nutriment ou sur des substrats céréaliers ou encore sur des substrat pré-cultivé et homogénéisé (Vanden Elsacker, 2021).

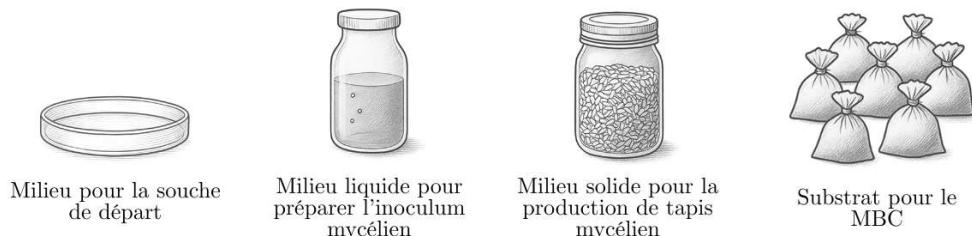


Figure 37 - Production de l'inoculum (Mycosphere sd. ; Shin et al., 2025)

3.3.1.3. Stérilisation / pasteurisation du substrat

Cette phase est primordiale pour garantir le développement du mycélium et éliminer les agents pathogènes pouvant infecter les champignons (Ghazvinian & Gursoy, 2022a). Deux techniques principales se distinguent : la pasteurisation et la stérilisation. Bien que visant tous deux à réduire ou éliminer les agents pathogènes, ces procédés se distinguent nettement par leurs principes de fonctionnement, les équipements nécessaires et leurs domaines d'application respectifs (Mycosphère, sd. ; Vanden Elsacker, 2021).

La pasteurisation est un procédé thermique qui consiste à maintenir le substrat à une température comprise entre 60°C et 100°C pendant plusieurs heures. Cette méthode permet de réduire efficacement la charge microbienne sans pour autant atteindre une stérilisation complète. Elle présente l'avantage de conserver certaines bactéries thermophiles bénéfiques, capables de freiner le développement d'agents pathogènes. Elle s'avère particulièrement adaptée aux substrats peu riches en nutriments, tels que la paille ou les copeaux de bois. Parmi les différentes techniques figurent la pasteurisation à la vapeur, à l'eau chaude, à la chaux ainsi que le traitement en conditions anaérobies (Mycosphère, sd.).

La stérilisation vise à éliminer tous les micro-organismes, y compris les spores résistantes, généralement par autoclave entre 115°C et 121°C sous 1 bar pendant au minimum 15 minutes (Elsacker et al., 2020). Ce traitement essentiel pour les substrats riches en nutriments comme les grains, est particulièrement adapté aux espèces sensibles aux contaminations. Cependant, il requiert un équipement spécialisé et impose des conditions strictes d'asepsie après traitement, le substrat devenant très vulnérable aux contaminations exogènes (Mycosphère, sd.).

Avant l'inoculation, il est essentiel de s'assurer que le substrat soit correctement humidifié, en particulier si la phase de désinfection ne l'a pas suffisamment hydraté (Vanden Elsacker, 2021).

3.3.1.4. Inoculation du substrat

L'inoculation consiste à introduire le mycélium fongique, dans le substrat préalablement préparé, afin d'initier la phase de colonisation (Alaneme et al., 2023).

Différentes approches sont référencées dans la littérature en fonction du type d'inoculum (Elsacker et al., 2020) :

- Inoculation par plugs d'agar : Une fois la boîte complètement colonisée, des fragments d'agar, environ 10 mm x 10 mm, sont découpés et incorporés directement dans le substrat à inoculer (Gou et al., 2021 ; Jose et al., 2021 ; Moser et al., 2017 ; Teeraphantuvat et al., 2024).
- Inoculation par culture liquide : Dans certains cas, un inoculum liquide, généralement inférieur à 20% du volume total, est utilisé pour assurer une répartition homogène du mycélium et des spores fongiques dans le substrat. Cette méthode permet une meilleure uniformité de la colonisation (Agustina et al., 2019 ; Cai et al., 2023).
- Inoculation par grain spawn : Le mycélium est cultivé sur des grains, généralement de seigle, de millet ou de maïs, qui servent ensuite d'inoculum solide. Ce grain colonisé est intégré au substrat à raison de 10 à 20 % de son poids total (Aiduang et al., 2024 ; Holt et al., 2012). Dans de nombreuses études, le spawn de mycélium est acquis auprès de fournisseurs locaux spécialisés (Ghazvinian & Gursoy, 2022a ; Hu & Cao, 2025 ; Jones et al., 2018).

La quantité d'inoculum est un paramètre critique influençant directement la vitesse de colonisation et le risque de contamination. Les valeurs rapportées dans la littérature varient de 3 à 20 % en poids sec du substrat (Attias et al., 2019a ; Elsacker et al., 2018 ; Etnosa et al., 2019). Une proportion plus élevée d'inoculum favorise une colonisation rapide, en réduisant le temps d'exposition aux agents contaminants et en assurant une couverture homogène du substrat (Jones et al., 2018). Toutefois, un excès de mycélium peut affecter négativement certaines propriétés finales du matériau (Alemu et al., 2022).

3.3.1.5. Phase d'incubation : croissance du mycélium

La croissance du mycélium constitue l'étape centrale dans le processus de fabrication des MBC. Elle s'opère en plusieurs phases distinctes, chacune jouant un rôle spécifique dans le développement du composite.

Toutefois, ces phases ne sont pas systématiquement présentes dans toutes les méthodologies de production décrites dans la littérature, chaque protocole présentant ses propres spécificités (Figure 38).

- Croissance en sac : La première phase de croissance se déroule typiquement à l'intérieur de sacs de stérilisation, dans lesquels le substrat inoculé est incubé dans des conditions contrôlées. Cette phase permet l'initiation de la colonisation, les hyphes fongiques commencent à se ramifier, principalement à la surface du mélange (Attias et al., 2019b ; Ghazvinian & Gursoy, 2022a).
- Croissance en moule : La deuxième phase de croissance débute lorsque le substrat colonisé est transféré dans un moule. Un léger tassement du substrat est recommandé afin d'optimiser la densité du matériau tout en maintenant les échanges gazeux suffisants pour soutenir l'activité métabolique fongique (Ghazvinian et al., 2019).
- Croissance hors moule : Il est recommandé de poursuivre temporairement la croissance hors du moule, dans un environnement contrôlé, afin de permettre le développement homogène de la couche externe du mycélium, appelée peau, qui confère des propriétés mécaniques et esthétiques supplémentaires (Gauvin et al., 2022 ; Vanden Elsacker, 2021).

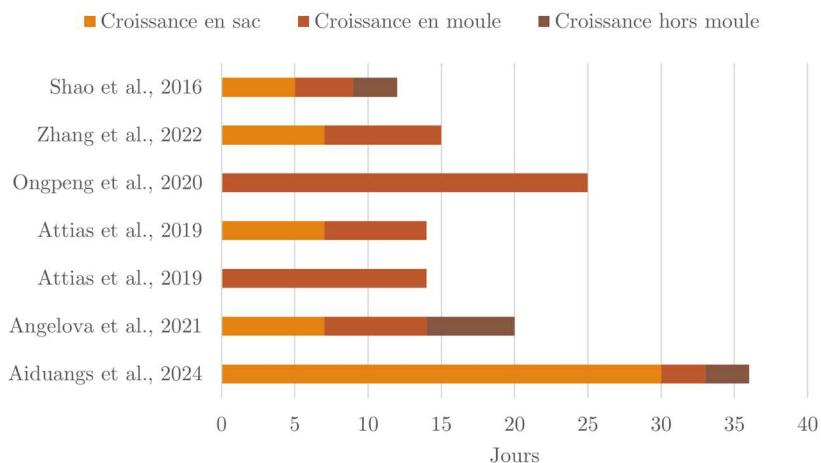


Figure 38 - Illustration de la durée de croissance observée dans la littérature scientifique

Le succès de cette phase dépend étroitement des conditions environnementales. Chaque espèce fongique possède un profil de croissance spécifique (Holt et al., 2012), mais la majorité des espèces utilisées se développent de manière optimale à des températures comprises entre 20 et 30°C, une humidité relative de 70 à 95 % et un pH compris entre 5 et 8, dans des environnements sombres et ventilés (Haneef et al., 2017 ; Vandeloek et al., 2021).

3.3.1.6. Phase d'incubation : mise en forme dans un moule

La phase de moulage joue un rôle déterminant dans la structuration et les propriétés finales des MBC. En effet, la forme, la densité ou encore la rigidité du matériau dépendant étroitement des conditions dans lesquelles le substrat inoculé est mis en forme et incubé (Alaneme et al., 2023 ; Elsacker et al., 2020).

Etant donné que les hyphes fongiques dégradent la matière organique pour l'incorporer à la matrice du matériau final, les matériaux utilisés pour la conception du moule doivent être inertes et non biodégradables. Le plastique constitue le matériau de référence pour la fabrication des moules. Des alternatives comme le bois ou le carton peuvent également être employées, à condition d'être protégés par un revêtement non digestible (Ghazvinian & Gursoy, 2022a).

Divers types de moules ont été expérimentés dans la littérature scientifique tels que des moules en acier de 200 x 90 x 60 mm permettant de faire 4 briques en même temps (Ongpeng et al., 2020), des impression 3D en PLA, acide polylactique, (Angelova et al., 2022), ou des cubes en MDF plastifiés (Ghazvinian et al., 2019).

Le moule doit impérativement être stérile et conçu de manière à permettre un équilibre entre confinement et aération (Ghazvinian et al., 2019). Les moules peuvent être traité en autoclave ou stérilisé avec une solution alcoolisée, comme l'éthanol 70% (Jiang et al., 2017 ; Elsacker et al., 2019). Cette deuxième option pourrait ralentir le développement fongique (Elsacker et al., 2020). Pour maintenir des conditions de croissance optimale, les moules sont généralement scellés à l'aide de couvercles filtrants ou de membranes perméables à l'air, qui créent un microclimat favorable à la croissance tout en limitant les risques de contamination (Alaneme et al., 2023 ; Elsacker et al., 2020).

3.3.1.7. Traitement thermique

La croissance fongique est interrompue lors de la dernière phase du procédé de fabrication des MBC (Ghazvinian & Gursoy, 2022a). Cette phase vise à stabiliser le matériau en interrompant temporairement ou définitivement le développement du champignon. Deux approches techniques sont couramment utilisées :

- Le séchage, réalisé à l'air libre ou au four à basse température, permet de retirer l'humidité du substrat et des cellules fongiques. Cette méthode induit un état de dormance chez le mycélium, sans toutefois entraîner sa mort (Appels, 2020). En conséquence, le champignon est placé en hibernation, ce qui signifie que sous certaines conditions favorables d'humidité une reprise de la croissance est théoriquement possible (Fairus et al., 2022).
- Le chauffage, à l'inverse, permet de tuer la souche fongique (Alaneme et al., 2023). Cette méthode provoque la dénaturation de l'ADN et des protéines du champignon, ainsi qu'une déshydratation complète du substrat et des cellules fongiques (Jones et al., 2018 ; Moser et al., 2017). En plus d'empêcher la reprise de croissance, le chauffage permet de détoxifier le matériau en désactivant d'éventuels composés fongiques potentiellement nocifs (Alemu et al., 2022).

3.3.1.8. Post traitement

A l'issue de la phase de croissance, les MBC peuvent subir divers traitements post production afin d'améliorer leurs performances mécaniques, leur stabilité dimensionnelle et leur durabilité.

Parmi ces traitements, le pressage constitue l'une des méthodes les plus influentes sur les propriétés finales (Jones et al., 2019). Le pressage peut être réalisé à basse ou haute température, selon les objectifs visés (Ghazvinian & Gursoy, 2022a). Le pressage à chaud permet de faire évoluer le comportement du matériau, passant d'une texture de type mousse à une structure plus rigide et compacte, comparable à celle du bois (Appels et al., 2018 ; Ghazvinian & Gursoy, 2022a).

Outre le pressage, des traitements de surface ou des revêtements peuvent être appliqués pour renforcer la résistance du matériau aux agressions extérieures. Ces finitions permettent de sceller les pores, de limiter l'absorption d'eau, d'améliorer l'esthétique du produit final ou de le protéger contre les micro-organismes (Elsacker et al., 2020). Les solutions les plus couramment utilisées incluent des huiles naturelles, de lin ou de coco, des cires, de carnauba ou d'abeille ou encore des résines biosourcées (Elsacker et al., 2021 ; Jiang et al., 2017).

3.3.2. Influence des étapes de production sur les propriétés

Comme le décrit le point 2.2.3.3, les propriétés des MBC présentent une grande variabilité et dépendent étroitement des paramètres retenus lors de l'élaboration de la méthodologie. Chaque étape du procédé influe de manière significative sur les caractéristiques finales du matériau (Figure 39).

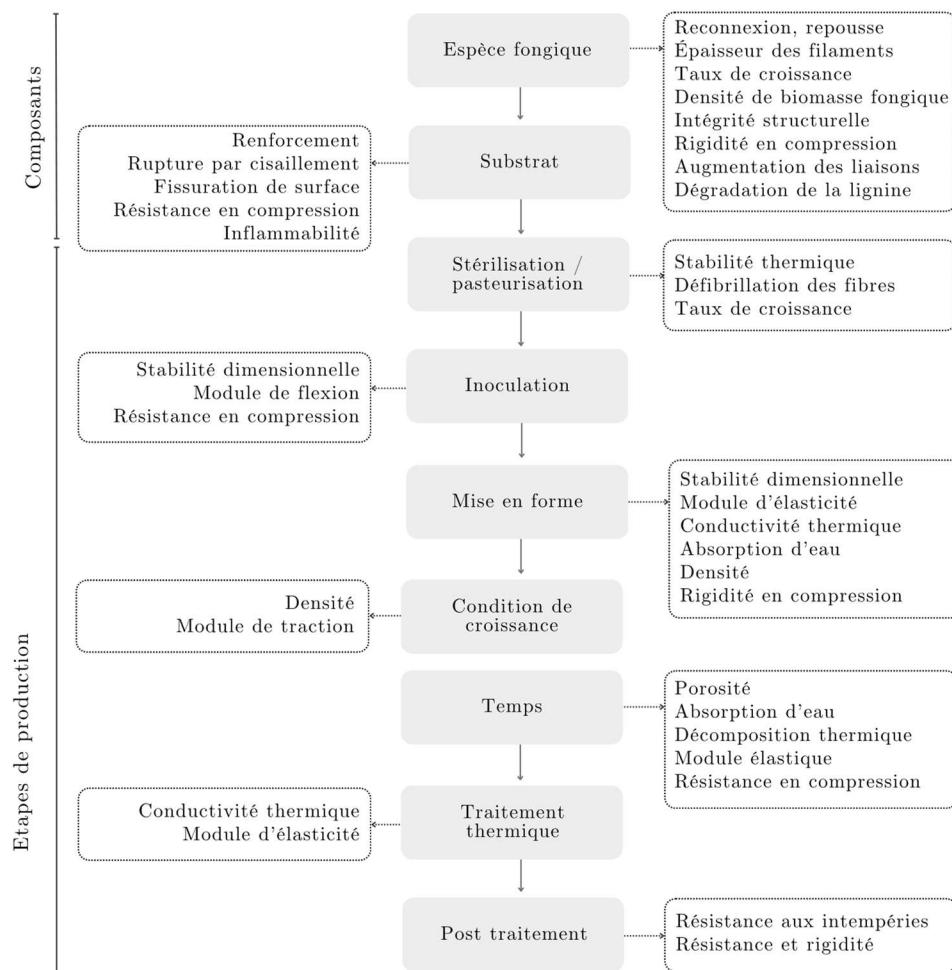


Figure 39 - Influences des étapes de la production sur les caractéristiques du MBC (adapté de Elsacker et al., 2020)

3.3.3. Méthodologie de production des MBC retenue pour l'étude

Sur la base de l'état de l'art méthodologique présenté au point précédent, un procédé de production commun, explorant plusieurs orientations, a été défini. Dans le cadre de la fabrication des MBC, cette phase revêt un caractère crucial et est appelée à évoluer de manière itérative jusqu'à l'aboutissement d'un protocole optimal.

Bien que les moules utilisés présentent des géométries variées, le protocole de préparation (Figure 40) des MBC demeure identique pour l'ensemble des configurations. Les étapes du protocole, de la stérilisation du substrat aux traitements thermiques, sont appliqués de manière constante assurant la reproductibilité et la comparabilité entre les échantillons. En cas de modification dans le protocole de base, les détails sont spécifiés au point 3.4. Caractéristiques des échantillons.

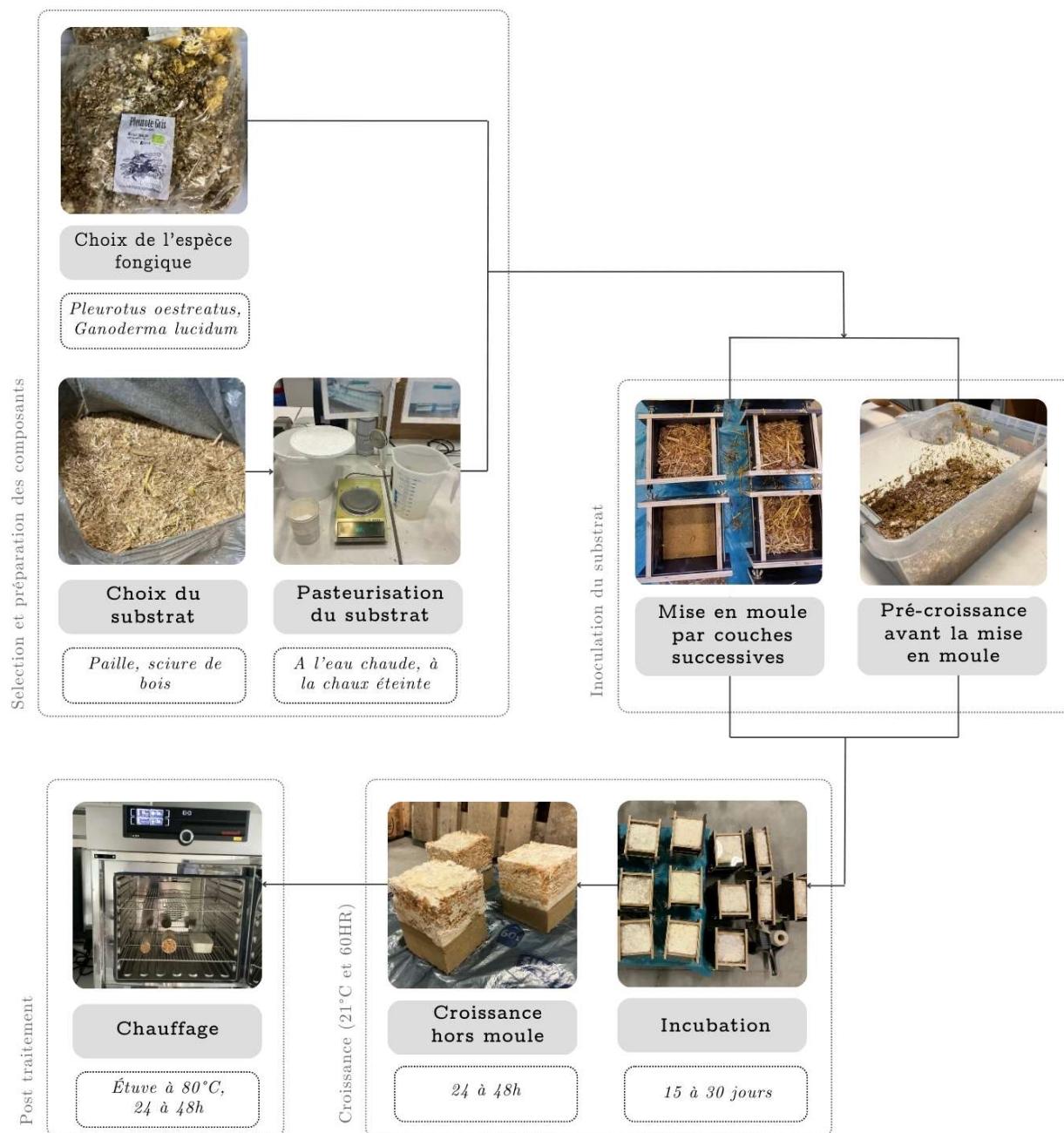


Figure 40 - Vue d'ensemble du processus de production des MBC

3.3.3.1. Matériaux (isolant)

Dans le cadre de cette étude, deux espèces fongiques commercialement disponibles en Belgique et fréquemment citées dans la littérature scientifique sont sélectionnées pour la fabrication des MBC :

- *Pleurotus oestratus* (pleurote en huître) est choisie pour sa croissance rapide, sa bonne résistance à la contamination microbienne, et sa capacité à se développer dans une plage de température modérée.
- *Ganoderma lucidum* (reishi noir) quant à elle, est retenue pour sa capacité à former un réseau mycélien trimitique.

Le mycélium de ces deux espèces a été utilisé sous forme de spawn sur grains, c'est-à-dire, un support organique (céréales) déjà pré-colonisé par le mycélium. Ce spawn, prêt à l'emploi, a été obtenu auprès de la Mycosphère, une structure belge spécialisée dans la culture de champignons et de mycélium pour la culture.

Quatre substrats (Figure 41) ont été utilisés pour accueillir la croissance microbienne :

- Paille hachée manuellement
- Paille broyée
- Sciure de hêtre non traité, enrichie avec des céréales et des minéraux
- Mélange de paille et de sciure

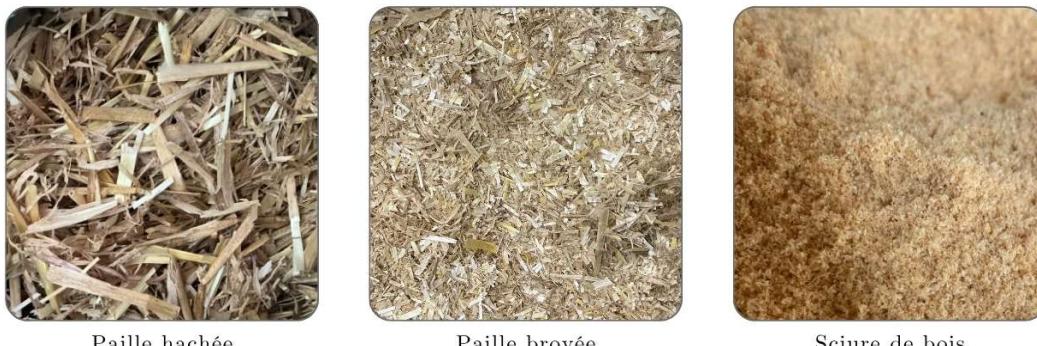


Figure 41 - Types de substrat utilisés dans l'étude

La sciure de bois est issue de la production de la Mycosphère. La paille hachée est préalablement fragmentée à l'aide d'un sécateur afin de réduire la taille des fibres à moins de 10 cm. Elle subit ensuite un broyage mécanique, suivi d'un tamisage, permettant l'obtention de particules inférieures à 1 cm qui constituent le substrat paille broyée.

3.3.3.2. Préparation des substrats

La sciure de hêtre est conditionnée dans des sacs Unicorn XLS munis de filtres de type « A ». Ces sacs sont à 100% stérilisés par le fournisseur, afin de garantir un substrat sans contaminants externes.

La paille hachée est pasteurisée à l'eau chaude. Elle est enveloppée dans un tissu, puis immergée dans de l'eau bouillante pendant 15 minutes. Après cela, elle est laissée à sécher pendant 1 heure avant d'être inoculée.

Enfin, la paille broyée subit une pasteurisation alcaline à l'aide de chaux éteinte $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Elle est incorporée à une solution contenante 1 % de chaux puis immergée dans le mélange chaux-eau durant 24 heures. Cette étape permet de réduire la charge microbienne avant l'inoculation du substrat.

3.3.3.3. Préparation des composites mycéliens

Après la désinfection des moules et de l'ensemble des outils à l'éthanol, deux méthodologies distinctes de préparation des MBC sont explorées. Les préparations sont réalisées en laboratoire, dans un environnement non stérilisé (Figure 42) afin d'étudier la reproductibilité dans des environnements extérieurs au laboratoire.



Figure 42 - Environnement de travail pour la production des MBC

La première méthode (Figure 43) repose sur un assemblage successif en couches, réalisé directement dans le moule. Elle consiste à alterner des couches de spawn et de substrat en veillant à démarrer et à terminer par une couche de spawn.

La seconde approche (Figure 44) implique une phase préalable de pré-colonisation. Le substrat de paille broyée est tout d'abord mélangé au spawn puis transféré dans un bac stérilisé afin de permettre une colonisation complète en conditions contrôlées. Après propagation complète du réseau fongique dans le substrat, le mélange est émiétié manuellement puis compacté dans le moule pour former la forme finale du biocomposite. Cette méthode permet d'assurer une croissance mycélienne plus dense et uniforme.



Figure 43 - Assemblage successif en couche



Figure 44 - Pré-colonisation

3.3.3.4. Conditions d'incubation

Les moules sont transférés dans la chambre climatique du laboratoire mortier à conditions contrôlées, visant à optimiser la croissance du mycélium. La température est régulée à 21°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) et l'humidité relative à 60 % ($\pm 5\%$).

3.3.3.5. Durée de croissance

Ce travail a permis d'explorer différents modes de croissance du mycélium (Figure 45), incluant des cultures en sac, en moule ainsi que des durées de croissance variées.

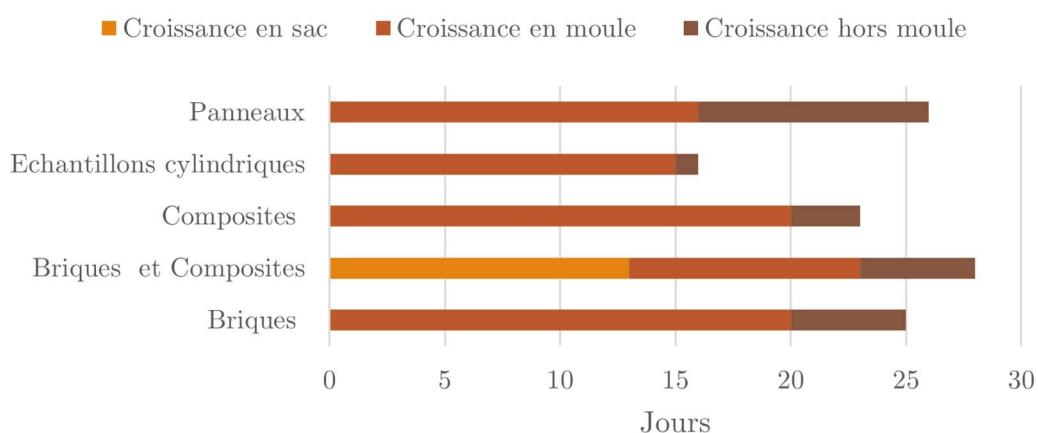


Figure 45 - Durée d'incubation selon le type d'échantillon

3.3.3.6. Suivi et mesures

Tout au long de la durée de l'expérience, un suivi régulier est effectué sur les conditions environnementales (température et humidité relative) accompagné d'observations visuelles relatives à la croissance mycélienne, à l'évolution de la teinte et à la détection éventuelle de contaminations.

3.3.3.7. Traitement thermique

A l'issue de la phase de développement, les échantillons sont placés dans une étuve Memmert Universel U à 80°C pendant 48h, afin d'interrompre la croissance du mycélium. Ce traitement thermique entraîne la mort de l'organisme vivant.

3.4. Caractéristiques des échantillons

3.4.1. Briques de mycélium

Les briques (14 cm x 14 cm x 10 cm) de mycélium sont cultivées dans des moules similaires à ceux utilisés pour les composites terre crue – mycélium, à la différence qu'ils possèdent un fond permettant une contenance du substrat (Figure 47).

Les moules ont été réalisés en bois bakélisé, un matériau couramment utilisé pour les panneaux de coffrage en raison de sa résistance mécanique et de sa faible sensibilité à l'humidité. Le choix d'un matériau traité s'explique par la capacité du mycélium à décomposer les composés organiques, cette précaution vise à garantir l'intégrité des moules durant toute la période d'incubation.

Dans un premier temps, les moules ont été conçus sans plexiglas de couverture, laissant une face du MBC exposé à l'air libre. Cette configuration a compromis la formation complète de la peau fongique sur la surface concernée et a favorisé la fructification (Figure 46). Pour remédier à cette problématique, les moules ultérieurs ont été modifiés afin d'intégrer une coulisse permettant l'insertion d'une plaque de plexiglas dans le but de maintenir un environnement contrôlé pour le développement fongique.



Figure 46 - Fructification de BRI-GL-SB-1

La conception modulaire des moules permet un démontage facile, facilitant le démoulage du MBC sans détérioration ainsi que le réemploi des moules, après nettoyage, pour la production d'autres échantillons.

Tableau 3 - Nomenclature des briques de mycélium

Espèce fongique	Substrat	Echantillon
<i>Ganoderma lucium</i>	Sciure de bois	BRI - GL - SB - 1
	Paille hachée	BRI - GL - SB - 2
<i>Pleurotus oestratus</i>	Paille hachée	BRI - GL - PA
	Sciure de bois	BRI - PL - SB
	Paille broyée	BRI - PL - PA
		BRI - PL - PA - 2

3.4.2. Composites terre crue – mycélium

Les composites terre crue – mycélium s'inspirent du principe des systèmes constructifs conventionnels, qui associent généralement un matériau porteur, tel que le béton avec un isolant, souvent issu de l'industrie pétrochimique.

Cette recherche s'intéresse à des matériaux pouvant servir d'alternatives aux matériaux conventionnels : le composite repose sur une stratification en deux couches complémentaires, alliant performances mécaniques et propriétés thermiques.

La première couche est constituée d'une brique en terre crue comprimée (14 cm x 14 cm x 10 cm) jouant le rôle de masse thermique et de structure. La seconde couche est composée d'un MBC de même dimension agissant comme matériau isolant biosourcé.

Tableau 4 - Nomenclature des composites

Espèce fongique	Substrat	Mélange brique	Humidité	Type d'interface	Echantillon
<i>Ganoderma lucium</i>	Mélange paille hachée et sciure	Mix enduit	Humide	Lisse	COM - GL - EN - L - 1 COM - GL - EN - L - 2 COM - GL - EN - L - 3
		Mix enduit	Humide	Perforée	COM - GL - EN - P - 1 COM - GL - EN - P - 2 COM - GL - EN - P - 3
		Mix pisé	Humide	Lisse	COM - GL - PI - L - 1 COM - GL - PI - L - 2 COM - GL - PI - L - 3
	Mix paillé	Mix paillé	Humide	Lisse	COM - GL - PA - L - 1 COM - GL - PA - L - 2 COM - GL - PA - L - 3
		Mix paillé	Sèche	Lisse	COM - PO - PA - L - 1 COM - PO - PA - L - 2 COM - PO - PA - L - 3
		Mix enduit	Sèche	Perforée	COM - PO - ZN - P - 1 COM - PO - EN - P - 2 COM - PO - EN - P - 3
	Paille broyé	Mix pisé	Sèche	Lisse	COM - PO - PI - P - 1 COM - PO - PI - P - 2 COM - PO - PI - P - 3
		Mix enduit	Sèche	Perforée	COM - PO - ZN - P - 1 COM - PO - EN - P - 2 COM - PO - EN - P - 3
		Mix enduit	Sèche	Perforée	COM - PO - ZN - P - 1 COM - PO - EN - P - 2 COM - PO - EN - P - 3

En complément des différents paramètres décrits dans le Tableau 4, deux configurations de moules ont été testés afin d'analyser l'impact des conditions de mise en forme sur l'adhérence et le comportement du composite terre crue – mycélium.

La première configuration consiste en un moule ouvert (Figure 47) positionné uniquement sur la partie supérieure de la brique en terre crue. Ce dispositif permet au mycélium de se développer directement à la surface de la brique tout en laissant celle-ci sécher librement. Cette configuration favorise une bonne évacuation de l'humidité de la terre. La seconde configuration repose sur un moule complet et fermé (Figure 47), qui englobe à la fois la brique en terre crue et le MBC. Dans ce cas, l'ensemble est maintenu dans un environnement plus confiné pendant la phase de croissance du mycélium. Ce mode permet de ne pas placer un moule directement sur la brique mais peut aussi ralentir le séchage de la terre et modifier les conditions d'interaction entre les deux matériaux.

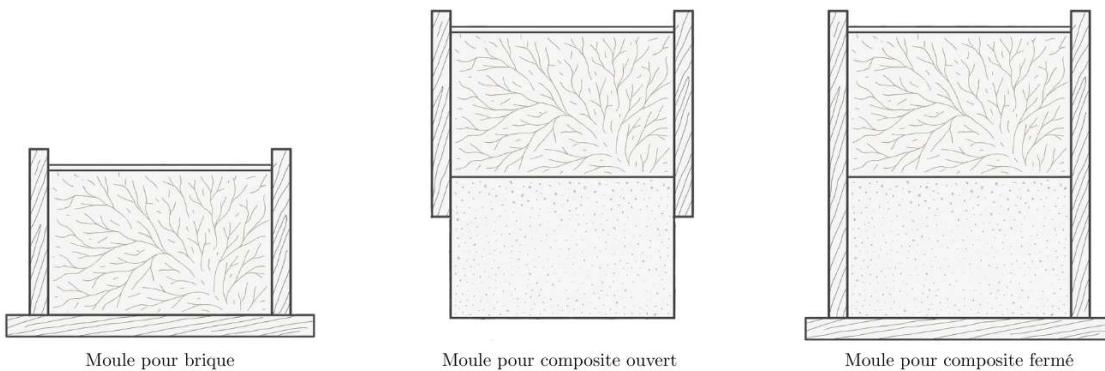


Figure 47 - Caractéristiques des moules employés

3.4.3. Echantillons cylindriques

Les échantillons ont été cultivés directement à l'intérieur de tube en PVC, de deux diamètres distincts : 50 mm et 75 mm. Ces tubes ont fait office de moules rigides, permettant de former des échantillons directement dans la géométrie souhaitée pour les essais, évitant ainsi l'étape de carottage. Afin de maintenir un environnement propice au développement du mycélium et d'éviter toute contamination extérieure, les extrémités des tubes ont été soigneusement fermées à l'aide de film plastique.

Tableau 5 - Nomenclature des échantillons cylindriques

Spécies fongiques	Substrats	Diamètre	Echantillons
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Sciure de bois	50 mm	CYL - PO - SB - D1
		75 mm	CYL - PO - SB - D2
	Paille broyée	50 mm	CYL - PO - PA - D1
		75 mm	CYL - PO - PA - D2

3.4.4. Panneaux

Les panneaux, quant à eux, ont été façonnés à l'aide de moules en bois (33 cm x 58 cm x 6,5 cm) récupérés d'un précédent projet. Afin de préserver l'intégrité des moules et d'éviter que le mycélium ne colonise directement le bois, l'intérieur a été recouvert d'un film plastique. Cette barrière temporaire empêche le mycélium d'adhérer au support, facilitant le démoulage et l'assemblage mécanique par des vis permet une réutilisation des moules.

Tableau 6 - Nomenclature des panneaux

Spécies fongiques	Substrats	Echantillons
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Paille hachée	PAN - PO - PA
	Sciure de bois	PAN - PO - SB

3.5. Propriétés physiques et mécaniques

3.5.1. Densité

La densité est évaluée à partir des échantillons secs de MBC, utilisés pour les tests d'absorption d'eau. Elle est déterminée en pesant les échantillons puis en calculant leur volume selon la norme ISO 9427 : 2003. La formule utilisée pour le calcul de la densité sèche est :

$$\rho [\text{kg/m}^3] = m/V$$

Où m [kg] la masse du composite et V [m^3] de volume de l'échantillon.

3.5.2. Retrait

Le taux de retrait est évalué à partir des volumes à l'état humide sorti du moule et sec, conformément à la méthode décrite par Aiduang et al., (2022). Il est calculé à l'aide de la formule suivant :

$$\text{Pourcentage de retrait [%]} = \frac{V_w - V_d}{V_w} * 100$$

Où V_w représente le volume humide et V_d le volume sec.

3.5.3. Observation microscopique

Les échantillons ont été observés au microscope binoculaire de la marque Zeiss, modèle STEMI 508 doc + Strand M LED couplé à une caméra DELTAPIX (Figure 48). Cette observation a, notamment, permis d'évaluer la croissance du mycélium ou encore l'interface entre la terre crue et le MBC.

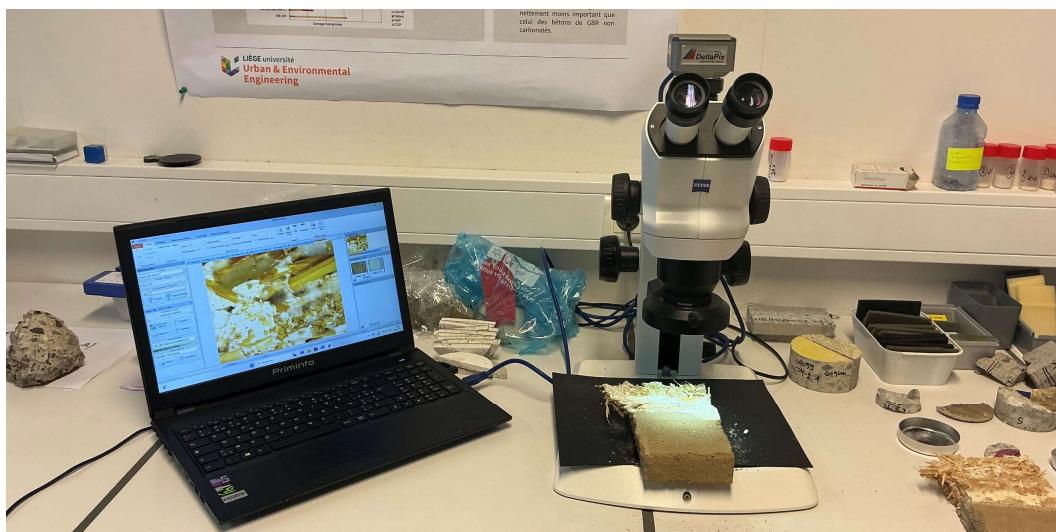


Figure 48 - Microscope binoculaire

3.5.4. Teneur en humidité

La teneur en humidité est déterminée selon la norme ISO 16979 : 2003 par la formule suivante :

$$Teneur en humidité [\%] = \frac{W_w - W_d}{W_d} * 100$$

Où W_w est le poids humide [g] et W_d est le poids sec après le passage en étuve [g].

3.5.5. Conductivité thermique : essai de diffusion par aiguille

L'essai est effectué sur une éprouvette cylindrique d'une hauteur minimale de 150 mm suivant les normes ASTM D5334 – 00 et D5930-97. Une source de chaleur d'une puissance connue est appliquée axialement, au centre de l'éprouvette, via une sonde thermique de type TP02 équipée de thermocouples intégrés. Une fois la sonde insérée et que la condition d'équilibre de température est atteinte, le processus de mesure est lancé (Figure 49). Lorsque le diagramme température – temps révèle une phase linéaire, indiquant un régime de conduction stable, le courant absorbé par l'élément chauffant est relevé. Cette lecture marque la fin de l'essai, permettant le calcul précis de la conductivité thermique du matériau.

La conductivité thermique λ est déterminée via la formule :

$$\lambda [W/mK] = \frac{q}{4 * \pi * \Delta T} \Delta L n(t) = \frac{R * I^2}{4 * \pi * L pente}$$

Où R est la résistance de la sonde [ohm], L est la longueur de la sonde [m] et I est le courant absorbé par la résistance chauffante [A].



Figure 49 - Appareil de test thermique de diffusion par aiguille

3.5.6. Absorption d'eau par capillarité et par immersion

L'absorption d'eau et le gonflement sont des propriétés importantes pour l'utilisation de composites mycéliens en tant que panneaux ou éléments isolants intérieurs, car ils déterminent la durabilité du matériau.

Essai d'absorption d'eau par capillarité

L'absorption capillaire est mesurée par immersion partielle (hauteur de la lame d'eau = 1cm). Les échantillons sont placés sur une grille permettant la libre circulation de l'eau sous la surface (Figure 50). Après avoir essuyé la surface avec un chiffon humide, la masse de chaque échantillon est pesée à intervalle régulier.

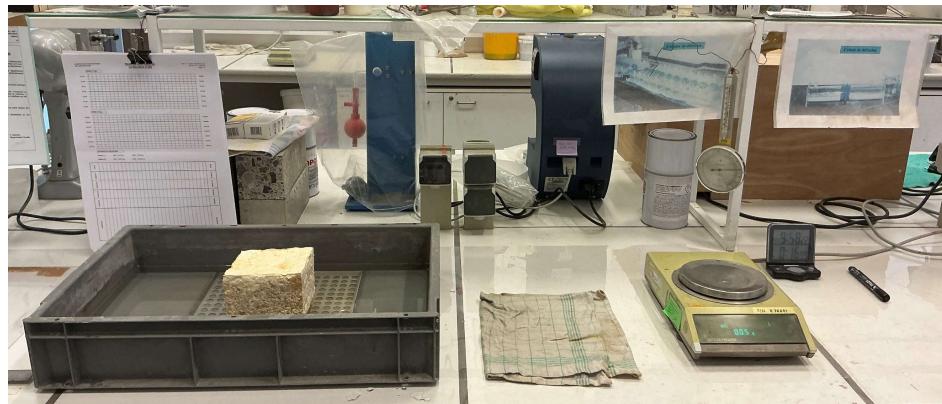


Figure 50 - Installation du dispositif pour tester l'absorption d'eau par capillarité

L'absorption d'eau est évaluée en mesurant l'écart de masse par rapport à la masse initiale selon la norme EN 13057 :

$$m = \frac{M_t}{a * d}$$

Où M_t est la variation de masse de l'échantillon [kg], a est la surface de la section transversale exposée [m^2] et d la densité de l'eau [kg/m^3].

Essai d'absorption d'eau par immersion

Avant le test, la masse initiale et le volume initial des échantillons ont été mesurés et calculés. Chaque spécimen a ensuite été placé dans un récipient contenant de l'eau (Figure 51) pendant une durée totale de 96 heures.

Pour chaque mesure l'échantillon est retiré du bac, l'eau superficielle de surface est essuyée et l'échantillon est pesé dans la minute suivant son retrait de l'eau.

L'échantillon est pesé à intervalle régulier : 24h, 48h, 96h.



Figure 51 - Installation du dispositif pour l'essai d'absorption d'eau par immersion

L'augmentation de masse est déterminée via la formule :

$$\eta = \frac{W - D}{D} * 100$$

Où η [%] représente le pourcentage d'augmentation de masse, W [g] la masse après immersion et essuyage et D [g] la masse avant immersion.

3.5.7. Adhérence par Dynastest et Instron

Afin de réaliser les essais d'adhérence, des pastilles métalliques de 10 cm x 10 cm sont fixées sur les échantillons à l'aide d'un adhésif époxydique bi-composant à viscosité thixotrope (Figure 52). L'assemblage est ensuite laissé durcir par polymérisation durant 24 heures avant la mise en essai.

Dynastest

Avant d'être fixées aux échantillons, les pastilles sont soumises à un soulèvement préliminaire à l'aide de l'appareil Dynastest. Cette opération permet de déterminer leur résistance propre, de manière à pouvoir en soustraire l'influence dans la mesure finale de l'arrachement.



Figure 52 - Application de l'adhésif époxydique bi-composant sur les échantillons



Figure 53 - Mise en place du Dynastest

Une fois l'adhésif polymérisé, les échantillons sont positionnés sous l'appareil d'essai (Figure 53). Le crochet de traction est alors inséré dans l'encoche de la pastille métallique. L'actionnement progressif de la manivelle provoque le soulèvement de la pastille, ce qui permet d'enregistrer la force nécessaire à l'arrachement. Cette valeur est ensuite corrigée en fonction de la résistance initiale de la pastille seule.

Instron 5585

La deuxième campagne d'essais mécaniques a été réalisée à l'aide d'une machine de traction Instron 5585 (Figure 54). Les échantillons ont été fixés sur la partie inférieure à l'aide d'un système de maintien composé d'un support en L et de serre joints, afin d'éviter la mise en suspension de l'échantillon. Les tests ont été conduits dans des conditions environnementales contrôlées, à une température de 23,1 °C et une humidité relative de 49,1%. Un taux de déplacement constant de 10 mm/min a été appliqué, permettant d'assurer un compromis entre la durée des essais et l'observation détaillée des modes de rupture.



Figure 54 - Instron 5585

3.6. Résultats

L'Annexe 6 : présente un tableau de synthèse indiquant l'ensemble des essais réalisés ainsi que les échantillons correspondants. Ce tableau permet d'identifier précisément quel échantillon a été mobilisé pour chaque type de test, offrant ainsi une vision claire de la répartition et de l'utilisation des échantillons au cours de l'étude. Le Tableau 7, quant à lui présente une synthèse des valeurs obtenues au cours de cette étude.

Tableau 7 – Valeurs moyennes des propriétés mesurées

Propriétés	Résultats
Densité	146,74 à 293,38 kg/m ³
Retrait	9,56 à 10,47 %
Conductivité thermique	0,41 à 0,45 W/mK
Absorption d'eau par capillarité	16,61 à 31,4 kg/m ²
Augmentation de masse par immersion	Jusque 327 %
Charge de rupture	19,62 à 20,22 N
Contrainte de rupture	0,0019 à 0,0021 N/mm ²

3.6.1. Observation macroscopique de la colonisation fongique

L'observation régulière des échantillons a permis de constater que le développement fongique de la couche superficielle est particulièrement rapide au cours des premiers jours d'incubation, avant de ralentir progressivement par la suite (Figure 55).



Figure 55 - Evolution de la croissance mycélienne de l'échantillon PAN - PO - PA

L'utilisation de moules en bois présente une limitation notable : leur opacité empêche toute visualisation de l'intérieur des échantillons, restreignant l'observation du développement fongique ainsi que la détection des contaminations internes potentielles. Par conséquence, seules les contaminations superficielles supérieures peuvent être identifiées visuellement, ce qui limite la capacité à évaluer l'état sanitaire global du matériau durant la phase de croissance.

3.6.2. Contamination

Tableau 8 - Types de contamination et causes probable (Gobert, 2025)

Couleur	Nom le plus courant	Cause probable	Observé dans le travail
Vert	<i>Trichoderma</i>	Surcharge d'humidité, Grain mal stérilisé	Observé
Rose / orange	Bactéries (<i>bacillus</i>)	Température trop élevée, Filtre obstrué	Non observé
Noir / bleu	Moisissures compétitrices	Poussière aéroportée Moule mal fermé	Observé (rarement)

Près de 50 % des échantillons se sont révélés être contaminés par des agents pathogènes externes, notamment par le *Trichoderma*, identifiable par une pourriture verte (Figure 57). Les échantillons de *Ganoderma lucidum* (Figure 56), en particulier ceux cultivés sur substrat de paille, ont été systématiquement affectés par ces contaminations. En raison de cette récurrence, le développement de cette combinaison substrat-champignon a été interrompu.

La contamination observée semble principalement liée aux conditions de culture non stériles. Contrairement à la plupart des protocoles décrits dans la littérature, les substrats n'ont pas été autoclavés à 121°C ce qui limite l'élimination efficace des micro-organismes concurrents. De plus, les moules utilisés ont été désinfectés à l'éthanol, une méthode qui peut s'avérer insuffisante pour garantir une stérilisation complète ; un autoclavage des moules pourrait ainsi être envisagé pour renforcer les conditions d'asepsie.



Figure 56 - Contamination par *Trichoderma*
de l'échantillon COM - GL - EN - L - 2



Figure 57 - Contamination par *Trichoderma*
de l'échantillon BRI - PL - PA - 2

3.6.3. Densité

La densité humide avant la mise en étuve est logiquement plus élevée, en raison de la présence d'eau au sein du matériau. Cette eau est ensuite évaporée lors du séchage en étuve, ce qui entraîne une réduction de la masse et par conséquent la densité.

Tableau 9 - Densité sèche et humide des échantillons

Echantillons	Temps en étuve [h]	Poids [kg]	Volume [m ³]	Densité [kg/m ³]
BRI - PL - SC	0 h	0,517	0,0015	344,67
	48 h	0,398	0,0013566	293,38
BRI - PL - PA	0 h	0,288	0,0018876	152,57
	48h	0,248	0,00169	146,74

La différence marquée entre les densités des échantillons analysées s'explique principalement par la nature du substrat utilisé lors de la culture. Les échantillons BRI-PL-SC ont été cultivé sur de la sciure de bois à granulométrie fine, tandis que les échantillons BRI-PL-PA l'ont été sur de la paille hachée, caractérisée par des particules de tailles plus importante. Cette différence de granulométrie a un impact direct sur la porosité de la structure finale.

En effet, la sciure fine permet un compactage plus dense du substrat, réduisant les espaces interarticulaires et conduisant à une structure plus compacte. A l'inverse, la paille, en raison de sa taille plus importante et de sa forme allongée, génère un matériau plus aéré et donc plus poreux, ce qui se traduit par une densité apparente plus faible.

3.6.4. Retrait

Conformément à la littérature, un retrait tridimensionnel a été observé lors de la phase de séchage en étuve. Les échantillons à base de paille ont présenté un taux moyen de retrait volumétrique de 10,47%, tandis que ceux élaborés à base de sciure de bois ont montré un retrait légèrement inférieur, estimé à 9,56%. Cette différence peut s'expliquer par la structure fibreuse de la paille, qui entraîne une contraction plus marquée, lors de la perte d'humidité dans la direction transversale des fibres. Ce retrait est un paramètre important à considérer pour la stabilité dimensionnelle des MBC en conditions d'utilisation.

3.6.5. Observation microscopique

L'observation microscopique du cœur du MBC (Figure 58) révèle la composition hétérogène du matériau, constitué des fibres végétales, sciure de bois et paille et de la matrice fongique occupant les espaces interstitiels, agissant comme un agent de liaison tridimensionnel.

À un grossissement correspondant à une échelle de 1 mm, la structure des hyphes devient nettement identifiable. Ces filaments fongiques forment une microstructure interconnectée et à organisation aléatoire. Ils enveloppent et pénètrent les fibres végétales, assurant leur intégration au sein de la matrice.

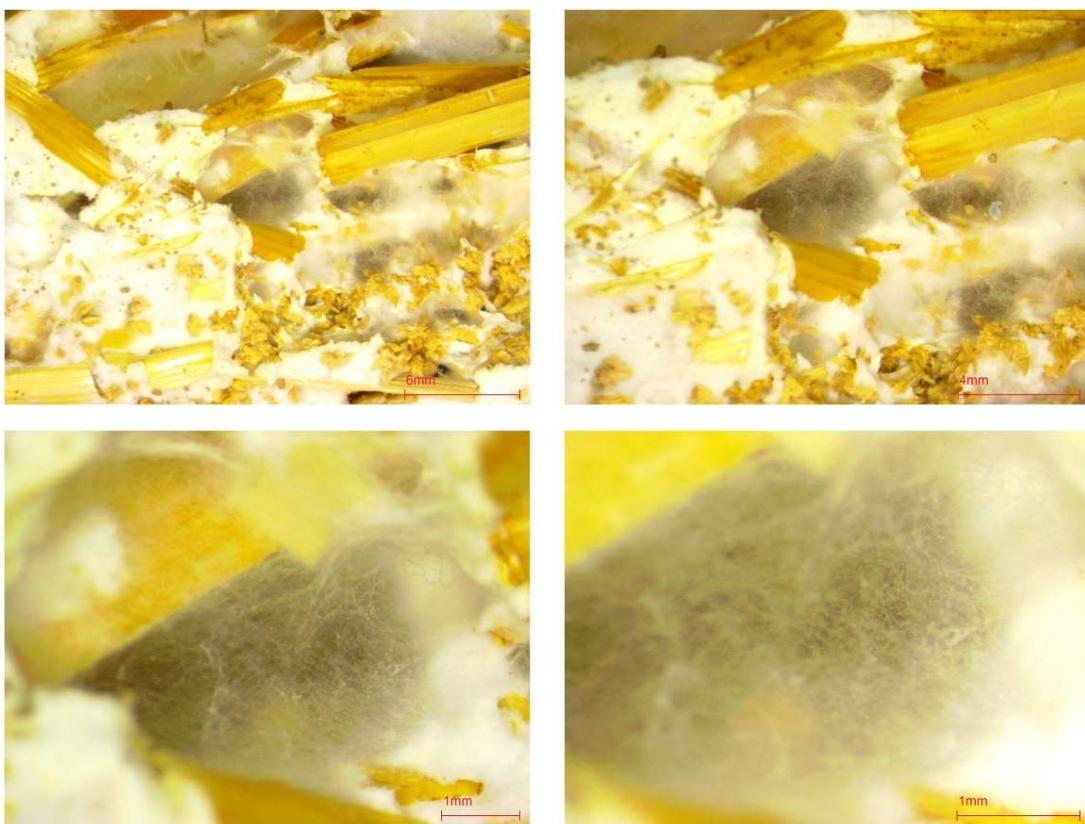


Figure 58 - Observations microscopiques du MBC

L'analyse met ainsi en évidence le rôle central du mycélium, comme liant, mais aussi comme élément architectonique vivant, capable de transformer un ensemble de particules hétérogènes en un matériau cohérent.

3.6.6. Teneur en humidité

À la fin de la phase de croissance, la teneur en humidité des échantillons se situe entre 3,9 % et 17,48 %, indiquant une variabilité notable du taux d'eau résiduelle selon les conditions de culture ou la nature des échantillons.

3.6.7. Conductivité thermique

Tableau 10 - Conductivité thermique déterminée par essai de diffusion par aiguille

Echantillon	Temps de séchage	Conductivité thermique
CYL - PO - SB - D1	24h	0,045 W/mK
CYL - PO - SB - D2	24h	0,283 W/mK
CYL - PO - SB - D2	72h	0,041 W/mK

Bien que certaines applications puissent tolérer la présence d'humidité résiduelle dans le matériau, un séchage complet s'avère indispensable lorsqu'il s'agit d'optimiser les performances thermiques. En effet, la présence d'eau, même en faible quantité, augmente significativement la conductivité thermique du matériau en raison de la conductivité thermique de l'eau plus élevée.

L'augmentation du temps de séchage a permis de réduire la conductivité thermique d'un facteur 6, dans le cas de l'échantillon CYL - PO - SB - D2.

Par ailleurs, les essais expérimentaux montrent que le diamètre du cylindre utilisé pour les mesures n'influence pas de manière significative la valeur du coefficient de conductivité thermique.

3.6.8. Absorption d'eau

La courbe d'absorption d'eau par capillarité des MBC (Figure 59) débute par une phase d'absorption primaire rapide, observée au cours des 50 à 100 premières minutes de l'essai. Cette phase se caractérise par une forte pente, traduisant une forte absorption. Par la suite, la pente de la courbe s'atténue progressivement, indiquant le passage à la phase d'absorption secondaire, plus lente. Après 350 minutes d'essai, le plateau de saturation n'est toujours pas entièrement atteint, ce qui met en évidence la capacité notable des MBC à absorber l'eau au fil du temps, traduisant une porosité importante et une capillarité prolongée.

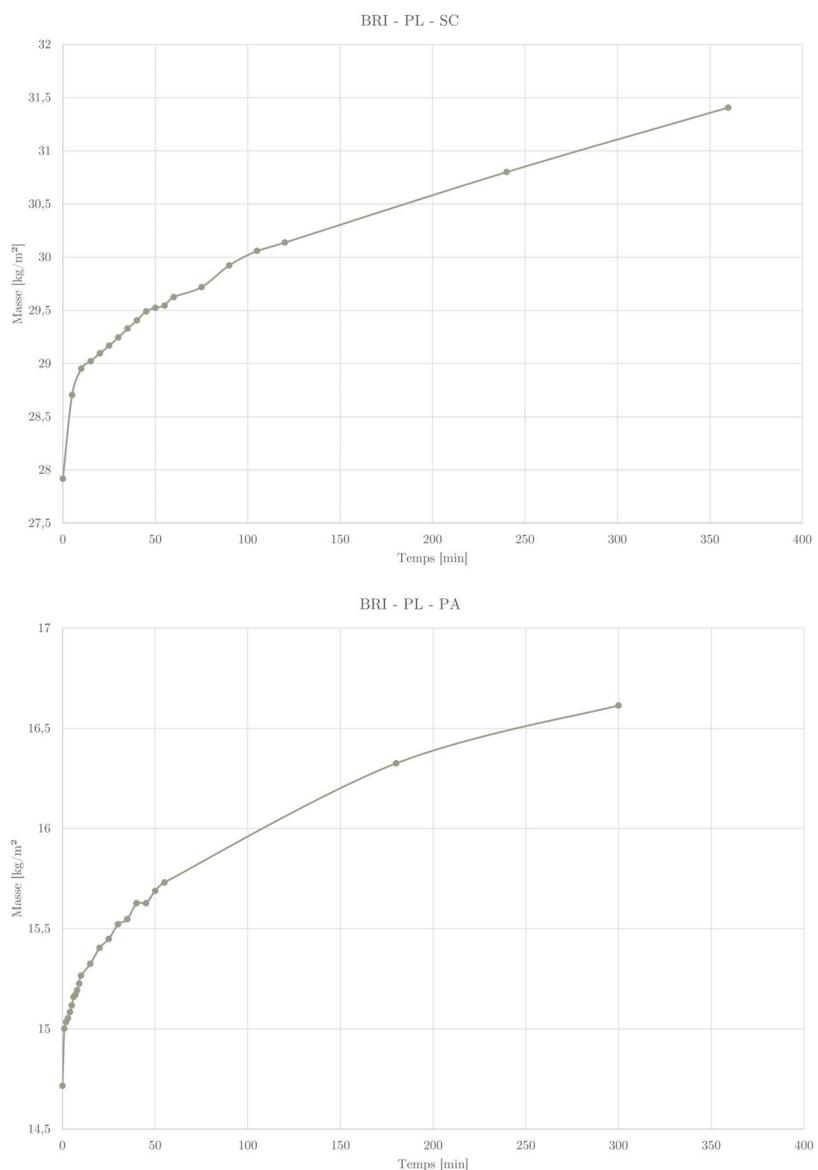


Figure 59 - Masse d'eau absorbée par capillarité en fonction du temps

Un fait intéressant a été observé au moment de l'immersion des échantillons dans la lame d'eau : une légère déformation de la surface de l'eau, traduisant un effet de tension superficielle. Ce comportement suggère une certaine hydrophobie de la peau fongique en surface, malgré la capacité globale du matériau à absorber l'eau.

La non-linéarité observée d'absorption peut être attribuée à une interaction multifactorielle entre plusieurs propriétés physico-chimiques : d'une part, l'hydrophobicité intrinsèque du réseau mycélien limite l'absorption d'eau dans les phases initiales ; d'autre part, la forte affinité hydrique des fibres cellulosiques induit une dynamique d'imbibition progressive. Par ailleurs, les interactions structurales entre la matrice superficielle et le cœur fibreux végétal influencent la répartition et la rétention de l'eau au sein du matériau composite.

Tableau 11 - Pourcentage d'augmentation de masse pour 24, 48 et 96h d'immersion

Echantillons	24h	48h	96h
BRI - PL - SC	198 %	225 %	246 %
BRI - PL - PA	275 %	301 %	327 %

Le gonflement volumétrique mesuré reste faible, ce qui suggère que l'absorption d'eau a un impact limité sur les dimensions globales du matériau. Cette stabilité dimensionnelle peut probablement s'expliquer par sa faible densité et sa porosité élevée, qui permettent une absorption d'eau sans provoquer de déformation significative.

Au cours de l'essai d'absorption par immersion, plusieurs phénomènes ont été observés. Tout d'abord, les échantillons ont montré une perte progressive de rigidité en surface, corrélé à l'absorption d'eau. Par ailleurs, pour l'échantillon BR-PL-PA, certains composants du matériau se sont désolidarisés. Enfin la libération de pigments issus de la fibre végétale a contribué à un assombrissement visuel de l'eau.

3.6.9. Adhérence

Afin de réaliser les essais mécaniques en traction, il a été nécessaire de découper les MBC afin d'obtenir des dimensions plus adaptées aux dispositifs de test. Cette étape de découpe a non seulement permis d'étudier le comportement du matériau à la découpe, mais a également offert l'opportunité d'observer la structure interne, révélant des informations sur leur homogénéité, leur cohésion et la répartition du mycélium dans la matrice.

Plusieurs méthodes de découpe ont été testées. L'utilisation d'une carotteuse (Figure 60) s'est révélée totalement inadaptée : cette méthode a entraîné une destruction complète des échantillons, probablement en raison des contraintes mécaniques trop importantes appliquées à un matériau à faible cohésion interne. En revanche, la découpe à la scie circulaire mécanique (Figure 61) a permis d'obtenir des échantillons aux dimensions correctes et exploitables pour les essais.



Figure 60 - Carottage



Figure 61 - Découpe à la scie circulaire

Cependant, il convient de noter que la découpe des échantillons altère localement leur intégrité. En effet, la surface exposée après coupe n'est plus protégée par la couche externe fongique, qui joue un rôle de peau structurante et protectrice. L'absence de la peau, rend les zones fraîchement découpées plus friables et sensibles à l'effritement ou à l'endommagement mécanique.

L'observation microscopique de la zone d'interface entre le mycélium et la terre crue met en évidence une infiltration relativement profonde du réseau mycélien au sein du substrat (Figure 62). Cette pénétration est rendue possible par la porosité intrinsèque de la terre crue, qui facilite la progression des hyphes fongiques dans la matrice minérale. Ce comportement suggère une bonne compatibilité physico-structurale entre les deux matériaux, favorable à l'adhérence et à l'ancrage du mycélium dans la phase terreuse du composite.

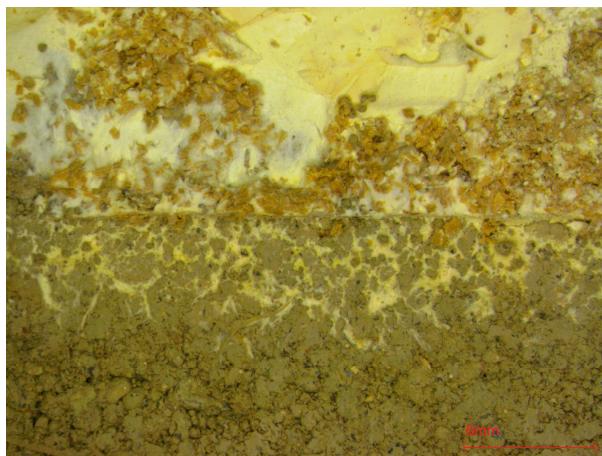


Figure 62 - Pénétration des hyphes fongiques dans la porosité de la terre crue

3.6.9.1. Essai d'adhérence avec le Dynastest

Le collage de la pastille métallique a fragilisé la structure entraînant la rupture prématurée de certains échantillons durant la phase d'attente avant même la réalisation de l'essai.

Lors de la tentative de mesure, l'appareil a atteint sa limite maximale de 50 tours sans qu'aucun décollement ne soit observé, bien qu'une légère élongation de l'échantillon ait pu être constaté, suggérant un comportement ductile localisé.

Bien que la force d'arrachement n'ait pu être quantifiée dans ce cas, l'observation post destruction révèle une ligne de rupture irrégulière (Figure 63), localisée dans la partie inférieure de la partie MBC.



Figure 63 - Ligne de rupture de COM - PO - PA - L - 2

Il est à noter que la rupture ne s'est pas produite au niveau de la jonction entre la terre crue et le mycélium, ce qui indique que cette interface ne constitue pas la zone la plus faible du matériau.

3.6.9.2. Essai d'adhérence avec l'Instron 5585

L'hétérogénéité structurale du matériau, telle qu'observée par analyse microscopique, semble être un facteur déterminant dans la réduction de sa résistance à la traction. L'élément le plus faible étant le mycélium, la rupture a lieu dans cet élément (Tableau 12). Les briques de terre crue seule ont été également testées.

Tableau 12 - Paramètres mécaniques obtenus lors des essais de traction (Instron 5585)

Echantillons	Charge de rupture [N]	Contrainte de rupture [N/mm ²]	Largeur [mm]	Longueur [mm]	Type de rupture
COM - PO - EN - P - 2	19,62	0,0019	99,6	95,6	90% à l'interface et 100% dans le MBC
COM - PO - PA - L - 4	20,22	0,0021	98,2	99,8	100 % dans le MBC
COM - PO - PA - L - 5	20,14	0,0020	98,4	100,3	100 % dans le MBC
Mix enduit	833,29	0,0856	99,4	98	-
Mix pisé	835,87	0,083	99,6	101,2	-
Mix paillé	722,31	0,0698	100,8	102,7	-

L'analyse mécanique des échantillons soumis à un essai de traction sur la machine Instron révèle des comportements distincts en termes de modes de rupture.

Dans le cas de COM-PO-EN-P-2 (Figure 64), la rupture a initialement été amorcée à l'interface entre les différentes phases du matériau, ce qui aurait pu suggérer une faiblesse au niveau de l'adhérence. Toutefois, la fissuration s'est ensuite propagée dans la masse même du matériau, entraînant une rupture intramatrice. Ce comportement indique que la cohésion au sein du matériau a été dépassée avant que l'interface ne cède totalement, traduisant une certaine efficacité de l'adhésion interfaciale, bien que partiellement sollicitée.



Figure 64 - Rupture de COM-PO-EN-P-2



Figure 65 - Rupture COM-PO-PA-L-4

En revanche, pour les échantillons COM-PO-PA-L-4 (Figure 65) et 5, la rupture s'est produite exclusivement au sein du matériau composite lui-même, sans amorce visible à l'interface. Ces ruptures entièrement intracomposites suggèrent une perte de cohésion interne plutôt qu'un défaut d'adhérence entre le composite et la terre crue. Ce type de comportement peut résulter d'une répartition inhomogène de la charge au sein de la matrice, d'une densité insuffisante ou encore essentiellement d'une hétérogénéité du matériau.

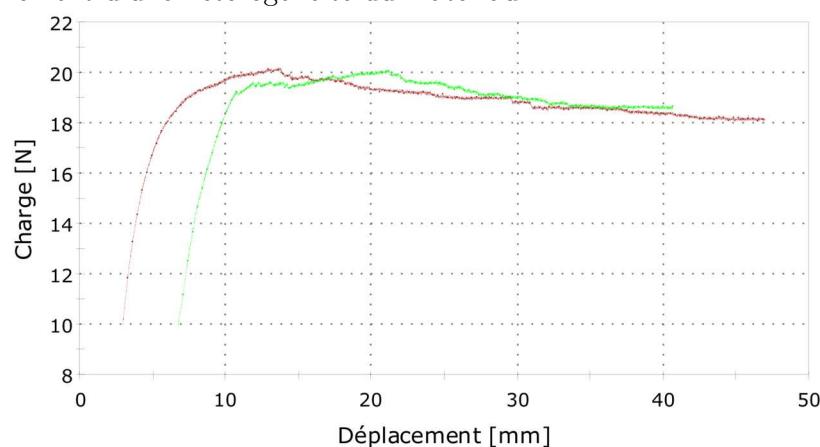
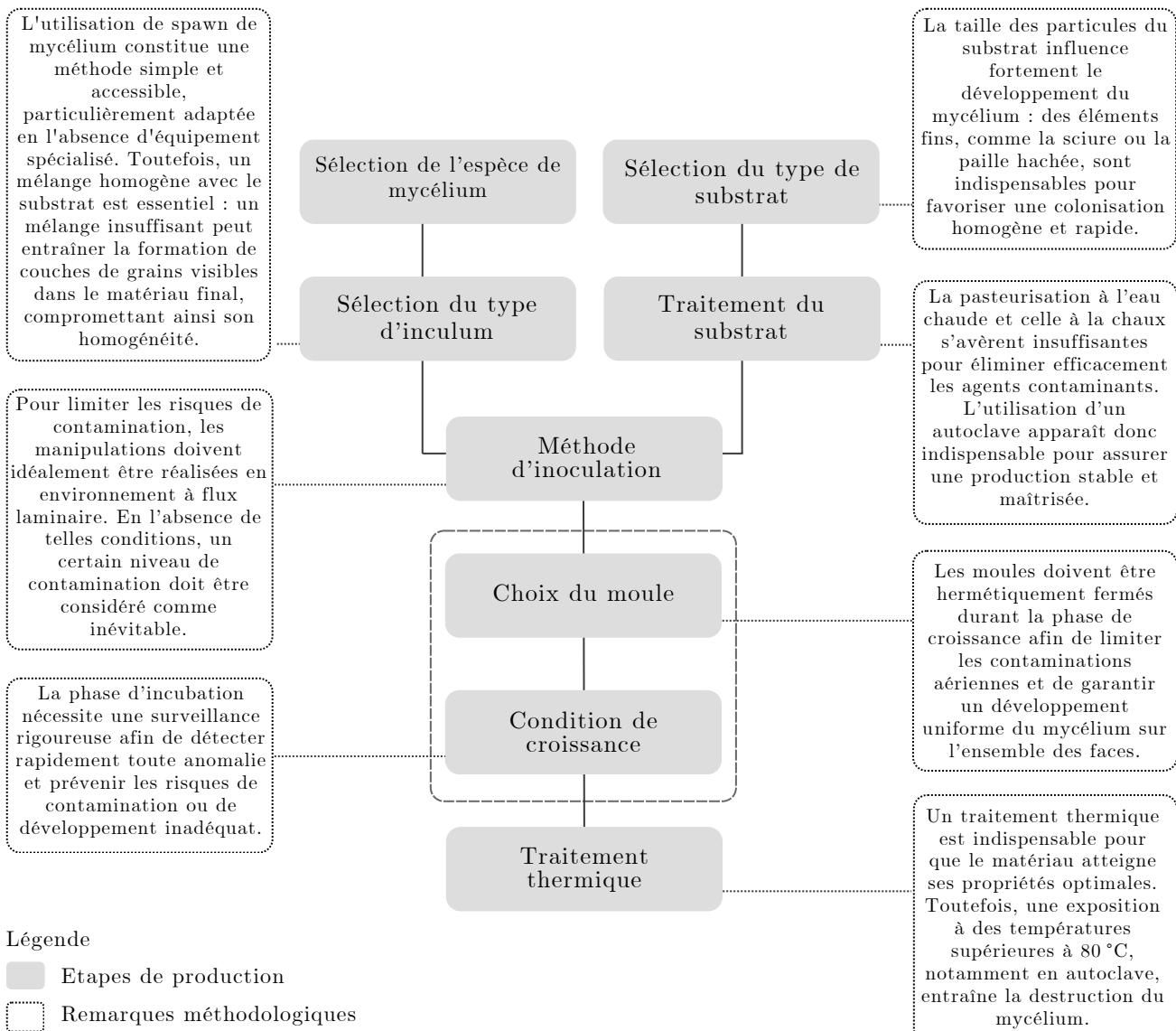


Figure 66 - Courbe charge-déplacement

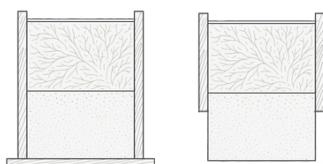
Par ailleurs, lors du premier essai, une anomalie de paramétrage a été constatée. Le seuil de mise en charge configuré sur la machine Instron était trop élevé, ce qui a empêché l'enregistrement de l'essai dès le début de l'application de la charge. En conséquence, aucune courbe de contrainte-déformation n'a été générée pour cet essai (Figure 66). Ce problème technique souligne l'importance d'un ajustement rigoureux des paramètres expérimentaux, d'autant plus crucial dans le cas des MBC, pour lesquels il n'existe pas encore de références normalisées. Le paramétrage s'effectue ainsi de manière itérative et évolutive, en s'adaptant progressivement aux caractéristiques spécifiques du matériau au fil des essais.

Sous-question de recherche 1a : Quels paramètres de culture influencent la production d'isolant à base de mycélium ?



Sous-question de recherche 1b : Comment les conditions environnementales et techniques influencent l'adhérence entre le biocomposite mycélien et la brique en terre crue ?

Type de moule



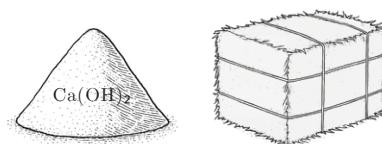
--

+

Le moule complet empêche la brique de sécher correctement ce qui crée un environnement trop humide.

Le moule serré sur le haut de la brique permet un bon développement du mycélium mais peut dans certains cas (brique paille) présenté un risque de mouvement lié au retrait de la brique lors du séchage.

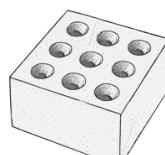
Composition des briques



++

La présence de chaux n'a pas inhibé la formation du bioadhésif entre la matrice argileuse et le mycélium. En revanche, l'incorporation de paille dans le mélange de terre ne contribue pas à l'amélioration de l'adhérence. Ce constat est favorable, dans la mesure où la paille tend à réduire les propriétés mécaniques intrinsèques des briques.

Type de surface



-

La modification de la surface de contact n'a pas produit l'effet attendu : au mieux, elle n'a eu aucune incidence. Remarque : le mycélium a colonisé les cavités dans certains cas, tandis que dans d'autres, aucune croissance n'a été observée.

3.7. Protocole d'interview

3.7.1. Les Interviews

L'interview constitue l'une des méthodes fondamentales de collecte de données. Bien qu'il soit souvent associé aux approches qualitatives, il convient de souligner que son utilisation dépasse largement ce cadre. En effet, les entretiens sont également mobilisés dans des traditions de recherche plus quantitatives ou mixtes, illustrant ainsi leur polyvalence méthodologique (Ciesielska & Jemielniak, 2017).

Malgré l'asymétrie apparente dans la circulation de l'information entre l'intervieweur et l'interviewé, le premier posant les questions, le second y répondant, l'entretien demeure une interaction dynamique, fondée sur un échange réciproque d'informations. Comme le souligne Czarniwska (2004, p. 49), « un entretien est défini comme une forme spécifique de conversation où la connaissance est produite à travers l'interaction entre un intervieweur et un interviewé ». Cette définition met en évidence la dimension co-constructive du savoir généré par l'entretien.

3.7.2. Interview non structurée et non standardisée

Dans le cadre de ce travail, l'entretien mené s'inscrit dans une logique non standardisée. L'ordre des questions, bien qu'élaboré en amont, est adapté en fonction du déroulement de l'échange et du contexte conversationnel, ce qui permet une plus grande souplesse méthodologique. Ce choix vise à favoriser une exploration plus approfondie des thématiques abordées, en laissant la place à l'imprévu et à la spontanéité dans les réponses (Ciesielska & Jemielniak, 2017).

Par ailleurs, l'entretien non structuré a été privilégié. Selon Gillham (2000), ce type d'entretien repose sur l'utilisation de questions ouvertes et l'écoute attentive de la parole de l'autre. Il s'agit d'une forme d'observation verbale, où la conversation naturelle constitue le vecteur principal de l'exploration des représentations, des pratiques ou des expériences des participants. Ce format offre ainsi un cadre propice à l'émergence de discours riches et nuancés, tout en préservant une posture d'écoute active de la part du chercheur (Ciesielska & Jemielniak, 2017).

La durée de l'entretien est d'environ deux heures. La sélection du participant s'est fondée sur la pertinence de ses compétences et de son expérience en lien avec les thématiques étudiées, dans une logique d'échantillonnage raisonné.

Bien que l'entretien réalisé constitue un cas singulier et ne puisse être généralisé à l'ensemble de la population étudiée, il présente néanmoins un intérêt heuristique majeur. En effet, il a contribué à enrichir la compréhension des mycomatériaux en apportant un éclairage complémentaire, orienté vers les sciences sociales et humaines. L'entretien a permis d'intégrer un nouveau point de vue, mettant en évidence des dimensions parfois négligées dans d'autres sources de données. De plus, les récits relatifs aux interactions du participant avec les praticiens fournissent un apport empirique précieux pour explorer les dynamiques concrètes liées à la création de MBC. Ainsi, au-delà de sa singularité, cet entretien constitue une ressource utile pour affiner l'analyse et ouvrir de nouvelles pistes de réflexion dans le cadre de l'étude.

3.8. Résultats de l'interview

3.8.1. Participant

Juliette Salme est doctorante en anthropologie à l'Université de Liège, rattachée au Laboratoire d'Anthropologie Sociale et Culturelle. Sa recherche doctorale explore les pratiques et savoirs liés à la fabrication de biomatériaux, notamment ceux issus du mycélium de champignons, dans les champs du design, de l'architecture et des sciences amateurs (biologie/mycologie do-it-yourself). Elle s'intéresse plus particulièrement aux dimensions de perception, de sensorialité et d'affects.

3.8.2. Le moment champignon

Le développement récent des matériaux à base de mycélium s'inscrit dans un contexte d'intérêt croissant que l'on pourrait qualifier de « moment champignon », marqué par une visibilité médiatique accrue et une intensification des initiatives artistiques et industrielles. Ce phénomène correspond à une phase de forte attractivité pour de nouveaux produits, caractérisée par un sentiment d'urgence à se positionner avant une éventuelle saturation du marché ou une perte de nouveauté perçue.

Si, pour certaines communautés expertes impliquées depuis longtemps, cet engouement peut déjà sembler en déclin, il demeure néanmoins très présent auprès du grand public et dans les milieux institutionnels à fort potentiel d'investissement. On observe, notamment dans les contextes artistiques, architecturaux ou de designs internationaux, que les perceptions de ce « pic » d'intérêt varient selon l'ancienneté et l'implication des acteurs.

Les indicateurs actuels tendent à privilégier la première hypothèse. La multiplication des dépôts de brevets, la croissance d'entreprises spécialisées, l'émergence de produits commercialisés, ainsi que l'intérêt manifesté par des secteurs tels que la mode et le luxe, avec des applications allant de la haute couture à des produits grand public, suggèrent qu'un processus de normalisation est déjà amorcé.

3.8.3. Les biocomposites en Belgique

En comparaison avec certains pays voisins, la Belgique accuse un certain retard dans le développement et la diffusion des techniques liées aux mycomatériaux. Les Pays-Bas, par exemple, disposent depuis plusieurs années d'infrastructures dédiées à l'initiation et à la formation dans ce domaine. Sur le plan de la commercialisation et de l'industrialisation, l'Europe dans son ensemble semble toutefois moins avancée que les États-Unis, où des acteurs majeurs, tels que Phil Ross, mènent depuis de nombreuses années des projets structurants. L'histoire particulière des États-Unis, marquée par un intérêt précoce pour la culture des champignons et par la valorisation de leur potentiel, a contribué à cet écart. Des figures influentes comme Paul Stamets ont joué un rôle déterminant dans la popularisation de la mycologie, initialement à travers les champignons psychédéliques, puis par d'autres applications.

En Belgique (Figure 67), des disparités régionales sont observables. La Wallonie apparaît moins développée que la Flandre, où ont émergé les premières initiatives artisanales pionnières, telles que celles du collectif Glim's. Actuellement, la région de Bruxelles-Capitale constitue le principal pôle d'activité. Les acteurs identifiés à l'échelle nationale incluent notamment PermaFungi et Bento, ainsi que les travaux universitaires sur le mycélium initiant des collaborations interdépartementales entre l'ingénierie architecturale, la microbiologie et la chimie physique, d'Élise Vanden Elsacker et de son équipe, qui constituent une référence dans le domaine. Bento s'oriente davantage vers l'architecture, tandis que PermaFungi adopte un positionnement plus proche de la production à moyenne ou grande échelle, du moins dans le contexte de la Biennale de Venise de 2018. Sur le plan entrepreneurial, Audrey Speyer de Purifungi se distingue par une approche originale et durablement performante, de recyclage de mégots de cigarettes par la bioremédiation.

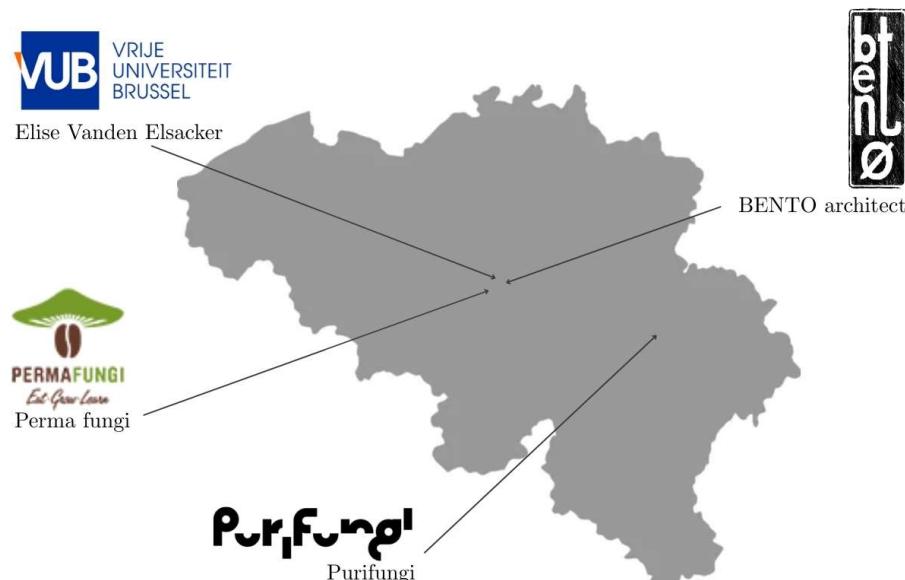


Figure 67 - Carte non exhaustive des acteurs liés à la production de MBC en Belgique

Les initiatives artisanales, souvent moins visibles, demeurent peu nombreuses. Le Fungalab asbl de Bruxelles, aujourd'hui disparu, illustre l'existence passée de lieux expérimentaux atypiques. Cette configuration reflète la structure particulière du secteur belge : un nombre limité d'acteurs, mais un réseau interconnecté, où les collaborations et recouplements entre projets sont fréquents. L'évolution respective de ces structures dépend fortement des projets en développement et des stratégies mises en œuvre.

3.8.4. Savoirs ouverts et procédés confidentiels

La production artisanale de micro-matériaux, s'est historiquement donc développée au sein de communautés ouvertes, caractérisées par un partage informel mais intense de connaissances, de procédés et de protocoles techniques. Ce transfert de savoirs s'opérait principalement via des forums et autres plateformes en ligne, favorisant l'émergence d'une culture collaborative fondée sur la générosité, l'entraide et la transparence.

Toutefois, lorsque les praticiens franchissent le stade expérimental pour concevoir leurs propres matériaux et envisagent leur valorisation, par exemple dans un cadre artistique ou commercial, la question de la divulgation des protocoles devient plus complexe.

En effet, le partage d'informations qui a nécessité plusieurs années de recherche et de mise au point expose au risque que d'autres acteurs réutilisent, adaptent, voire diffusent ces procédés avec une visibilité ou une rentabilité supérieure à celles de leurs concepteurs initiaux.

Cette tension est d'autant plus marquée que ces communautés demeurent, dans leur grande majorité, économiquement précaires : les acteurs mobilisent leurs propres ressources, travaillent en dehors de cadres salariés, et investissent un temps considérable dans des activités non rémunérées et techniquement exigeantes. Dans ce contexte, l'utilisation non concertée de procédés partagés à l'origine dans un esprit open source, notamment à des fins contraires aux valeurs initialement portées, telles que les impératifs écologiques, soulève des enjeux éthiques et économiques significatifs pour les communautés concernées.

3.8.5. Modèle de production des produits mycéliens

Dans le passage à l'industrialisation à grande échelle du mycélium, la question des normes et celle du brevetage du vivant se retrouvent inévitablement au premier plan. Les deux dimensions sont liées, mais elles mobilisent des logiques différentes : les normes renvoient à des exigences techniques et réglementaires, tandis que le brevetage touche à la propriété intellectuelle et à la marchandisation de la vie elle-même.

Pour les praticiens et praticiennes du mycélium, ce second aspect est souvent délicat. Beaucoup perçoivent le mycélium non pas comme une simple ressource ou matière première, mais comme un véritable partenaire de projet, doté d'une forme d'agentivité. Travailler avec lui implique de composer avec ses réponses, parfois inattendues, ce qui atteste de son caractère vivant et autonome. Le réduire à un objet de propriété intellectuelle revient, pour certains, à nier cette relation et cette complexité.

Pourtant, dans un contexte industriel, le brevetage devient presque incontournable, en particulier pour sécuriser des procédés de fabrication ou des applications commerciales. Certains refusent catégoriquement cette démarche, par conviction. D'autres l'acceptent, mais seulement après une réflexion approfondie sur ses implications éthiques et philosophiques.

Et puis, un certain nombre, malgré leurs réticences, finissent par déposer des brevets par nécessité économique ou stratégique, conscients qu'il s'agit souvent d'une condition d'accès aux marchés à grande échelle.

Ainsi, l'industrialisation du mycélium ne se résume pas à un simple changement d'échelle technique : elle engage des choix lourds, où la conformité aux normes et la protection juridique se confrontent à des visions plus relationnelles et respectueuses du vivant. Ce passage oblige à arbitrer entre impératifs économiques et fidélité à une certaine éthique du travail avec le mycélium, un équilibre que chacun construit à sa manière, souvent au terme de longs débats et compromis.

Trois trajectoires distinctes dans les pratiques de production de matériaux à base de mycélium sont identifiables, différenciées par leur rapport à l'échelle, à la standardisation et au vivant :

- Le modèle industriel-standardisé : Ce modèle correspond à une logique de production à grande échelle, orientée vers l'intégration dans les marchés établis et le respect strict des normes techniques et réglementaires. Il repose sur une standardisation élevée des procédés et des produits, ce qui conduit généralement à atténuer, voire à éliminer, les manifestations visibles du caractère « vivant et réactif » du matériau. L'objectif principal est la régularité des performances et la reproductibilité, conditions nécessaires à l'industrialisation. Sur le plan théorique, ce modèle illustre une tension entre optimisation économique et préservation de l'identité biologique des matériaux vivants.
- Le modèle artisanal-expérimental : À l'autre extrême, ce modèle valorise l'expérimentation directe et la dimension processuelle de la production. Il se définit par une faible échelle de fabrication, une absence d'objectif commercial et un ancrage hors des logiques de marché. Les finalités sont essentiellement exploratoires (étude des comportements de croissance) ou expressives (création artistique, installation, objet unique). Ce modèle met l'accent sur la relation entre l'humain et le matériau vivant, privilégiant la variabilité et la singularité plutôt que la standardisation.
- Les modèles hybrides : Situés entre ces deux pôles, les modèles hybrides combinent des objectifs créatifs et des considérations productives. Deux sous-variantes peuvent être identifiées :

Hybridation par externalisation : la culture du mycélium est déléguée à des structures spécialisées comme celles des producteurs de champignons comestibles, permettant de concentrer les efforts sur la conception, le design ou l'architecture.

Hybridation par « montée en capacité » : extension progressive des moyens de production tel que les ateliers ou les laboratoires pour passer d'unité unique à de petites séries, tout en conservant une expressivité biologique perceptible dans le matériau.

Sur le plan conceptuel, ces modèles hybrides incarnent une position médiane qui cherche à concilier viabilité technique et économique avec le maintien d'une identité matérielle liée au vivant.

Les choix de trajectoire ne relèvent pas uniquement de contraintes techniques ou économiques. Un facteur récurrent est le rejet de l'entrepreneuriat en tant qu'activité éloignant du travail manuel et de la manipulation directe du matériau, au profit de tâches administratives et commerciales. Pour de nombreux praticiens, l'intérêt premier réside dans l'expérimentation, le contact sensoriel et l'observation du vivant. La dimension affective et esthétique, ainsi que la satisfaction issue de la réussite après plusieurs échecs expérimentaux, sont fréquemment évoquées comme moteurs de l'engagement dans cette activité. Cette expérience d'interaction avec le mycélium est décrite comme un processus incertain : les conditions environnementales proposées peuvent ou non convenir à l'organisme, et les signes de réussite ne sont perceptibles qu'après un certain temps. L'apparition visible d'une croissance réussie constitue alors un moment marquant, souvent vécu comme un événement, renforçant le lien entre le praticien et le matériau.

3.8.6. Economie circulaire

La compétitivité du mycélium repose sur un postulat de circularité : un cycle localisé de production et de réintégration des déchets organiques permettant une réutilisation potentiellement infinie des ressources. Cependant, dans la pratique, la mise en place et le maintien de chaînes de production stables requièrent des investissements importants, tant en infrastructures qu'en main-d'œuvre spécialisée. Contrairement aux laboratoires institutionnels, rarement dédiés à la production à grande échelle de tels matériaux, de nombreux praticiens opèrent dans des structures indépendantes ou collectives. Ils doivent ainsi créer leurs propres laboratoires, un processus coûteux qui nécessite un investissement initial élevé et des ressources financières constantes pour assurer la continuité des cultures et des procédés.

Le coût de la main-d'œuvre constitue un facteur déterminant. Même si certaines phases de la production peuvent sembler peu techniques comme la surveillance des cultures, le contrôle des conditions de croissance, elles exigent une présence continue pour garantir la qualité et la régularité du matériau final. L'optimisation de ces étapes conditionne directement la rentabilité, encore jugée fragile par les acteurs du secteur. Les interruptions de production, causées par des événements extérieurs, comme la pandémie de COVID-19 ou des contraintes professionnelles, peuvent avoir des effets drastiques : perte de cultures, altération des performances des matériaux, et nécessité de relancer l'ensemble du processus.

Ainsi, malgré des avantages environnementaux indéniables et un coût matière première attractif, le prix de revient des matériaux à base de mycélium reste sensiblement plus élevé que celui de matériaux industriels établis, en raison de coûts fixes et variables liés à la production. L'atteinte d'une compétitivité pleine et entière suppose des avancées techniques : automatisation, optimisation des rendements et une structuration économique permettant de sécuriser les investissements et de stabiliser la production.

3.8.7. Habiter avec le vivant

L'usage du mycélium en architecture introduit une rupture profonde avec la manière dont nous concevons habituellement les matériaux de construction. Il est rare, dans nos intérieurs ou nos espaces bâtis, d'avoir conscience de cohabiter avec quelque chose de vivant, et de le percevoir comme tel. Il ne s'agit pas ici d'une plante verte posée dans un coin, mais d'objets, de surfaces, de structures dont la caractéristique première est précisément d'être issus du vivant.

Dans le monde du mobilier et de la construction, la norme est à l'inerte : bois, béton, acier, plastique. Même lorsque ces matériaux proviennent de sources naturelles, on les appréhende comme figés, déconnectés du cycle vital. Certes, ils se transforment avec le temps, se patinent, se fissurent, mais cette évolution n'est pas perçue comme un signe de vie. Avec le mycélium, au contraire, la dimension vivante est centrale et assumée.

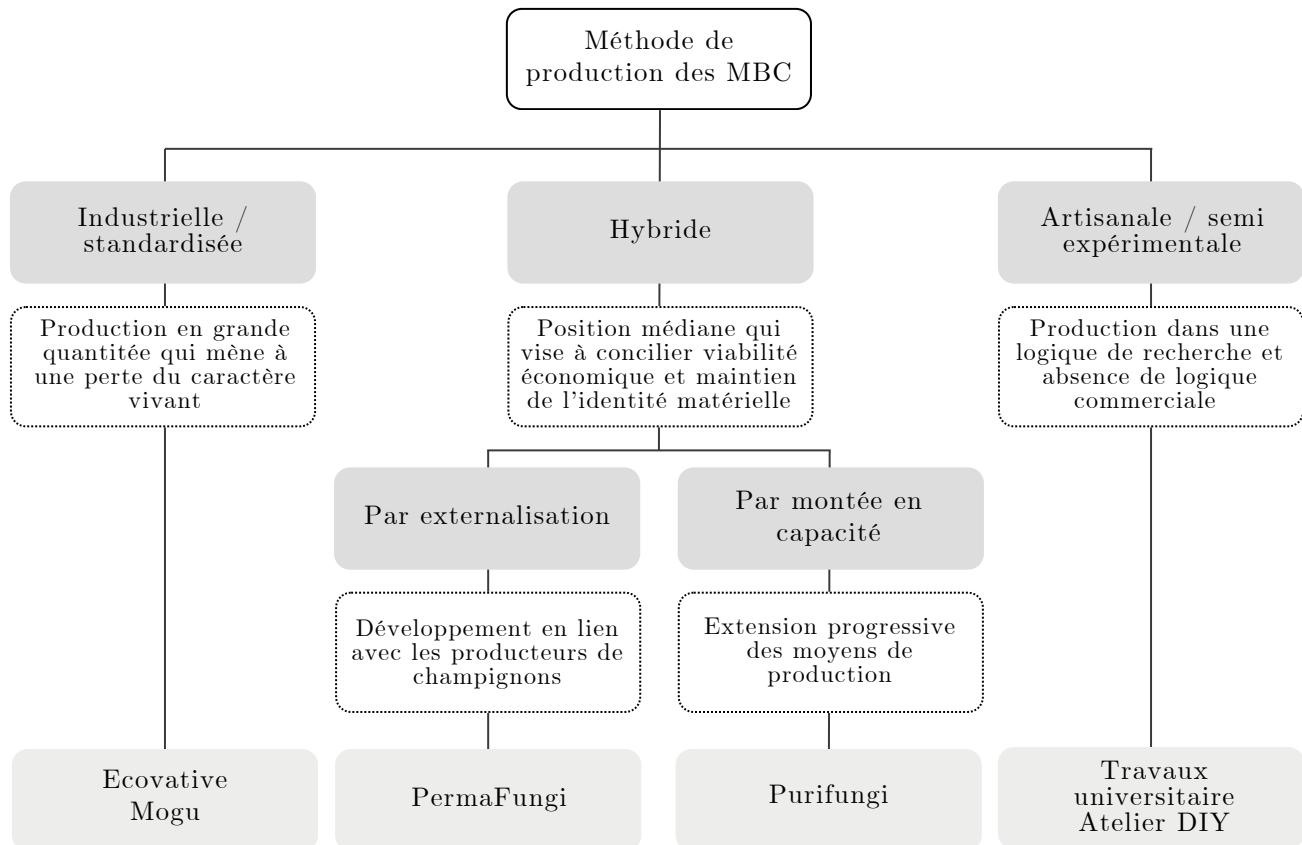
Cet aspect peut être déstabilisant, pour des raisons à la fois culturelles et symboliques. Les champignons eux-mêmes portent une charge imaginaire ambivalente : mystérieux, fascinants, mais aussi sources d'inquiétude. Dans l'univers de la construction, champignon rime le plus souvent avec dégradation ou pathologie du bâtiment. Associer l'idée de « champignons » à celle d'architecture bouscule donc fortement les représentations.

Le travail esthétique joue un rôle déterminant dans cette dynamique. En modulant l'apparence visuelle et tactile du mycélium, il est possible de réduire les connotations négatives liées à sa nature biologique. Par exemple, l'entreprise italienne Mogu illustre cette transition : initialement orientée vers une esthétique brute mettant en valeur la fructification et la morphologie organique des champignons, elle s'est progressivement tournée vers des produits finis hautement standardisés, tels que des panneaux d'isolation au design épuré. Dans ces dernières productions, l'origine fongique du matériau est imperceptible.

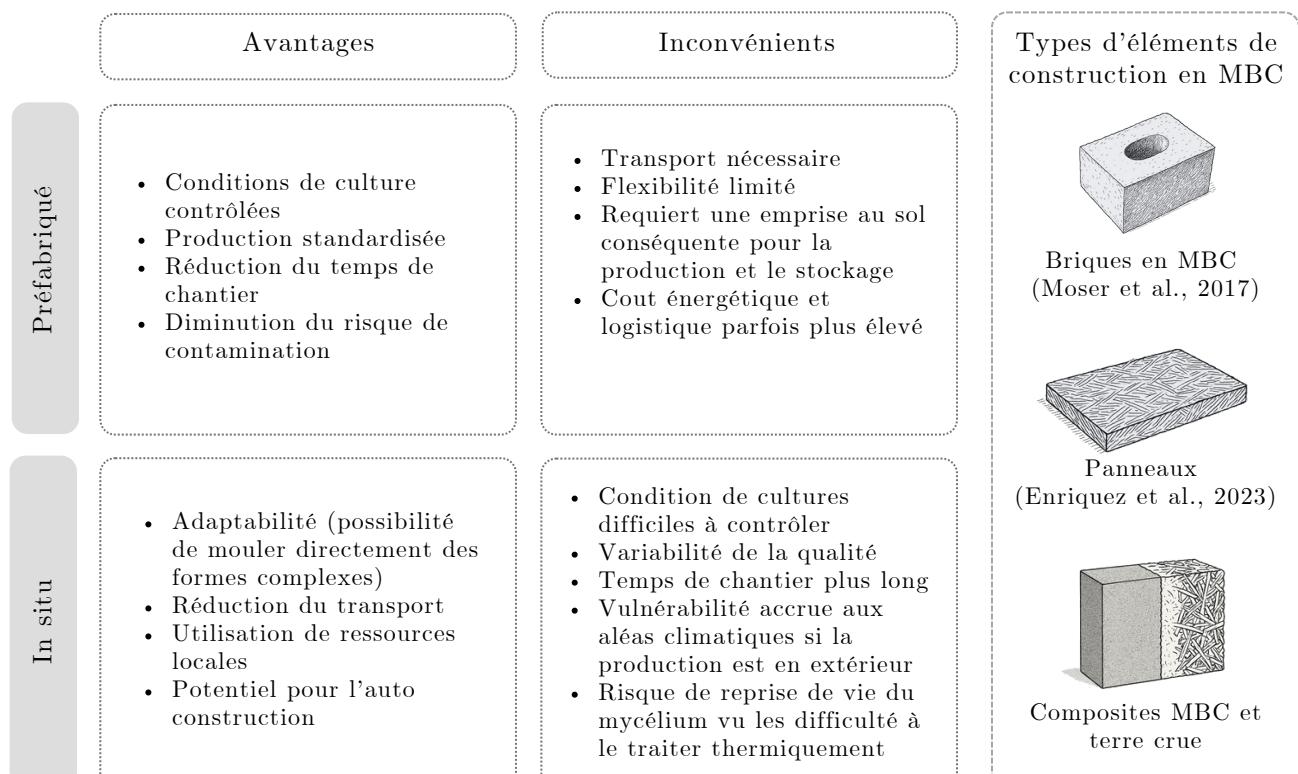
Cette évolution soulève une tension inhérente au design des matériaux vivants : comment accroître leur acceptabilité et leur intégration dans les marchés tout en préservant leur caractère biologique perçu ? L'atténuation de l'expressivité organique, bien qu'efficace pour élargir la base d'acheteurs potentiels, peut impliquer une perte symbolique, celle de la visibilité du vivant et ainsi transformer la nature de la relation entre l'usager et le matériau.

Sous-question de recherche 1c : Comment intégrer le mycélium dans les pratiques de construction courantes ?

Méthode de production des MBC



Mise en œuvre des MBC en construction



Exploration de l'acceptabilité du mycélium



Ce troisième volet s'attache à la deuxième question de recherche, centrée sur l'acceptabilité du mycélium en tant que matériau de construction. Il présente la méthodologie élaborée pour l'organisation des focus groups, puis expose les principaux résultats obtenus, permettant de mieux comprendre la perception et la réception de ce matériau par des professionnels du secteur.

4.1. Méthodologie des Focus group

4.1.1. Le focus group

La méthode des focus groups est une approche semi-structurée de la recherche qualitative, visant à collecter des données à travers l'interaction entre participants.

Comme d'autres méthodes qualitatives, elle cherche à explorer des perceptions, opinions, croyances ou attitudes sur un sujet donné, privilégiant les dynamiques collectives plutôt que les réponses individuelles isolées (Kitzinger, 2004 ; Morgan, 2002) Le focus group permet la collecte de données grâce à l'interaction de groupe sur un sujet déterminé. Par essence, c'est l'intérêt du chercheur qui fournit le focus, là où les données elles-mêmes émergent de l'interaction de groupe » (Morgan, 2002, p. 6).

Le focus group se distingue des entretiens individuels par la richesse de l'interaction sociale, et des enquêtes quantitatives par la liberté d'expression accordée aux participants, sans contraintes de réponses fermées.

La méthode repose sur de petits échantillons non représentatifs, mais sélectionnés de manière raisonnée, dans le but d'approfondir la compréhension des phénomènes sociaux. Contrairement aux enquêtes standardisées, l'échange est guidé par un modérateur à l'aide d'un scénario souple, laissant place à l'expression libre et spontanée (Ciesielska & Jemielniak, 2018).

Spécificités du focus group

Une caractéristique centrale du focus group est l'effet de groupe, qui agit comme un stimulant pour les participants (Ciesielska & Jemielniak, 2018) :

- Il favorise l'engagement et facilite l'expression grâce au sentiment de sécurité collective.
- Il stimule la mémoire et permet l'émergence d'idées ou d'expériences souvent négligées

Cependant, cet effet peut aussi entraîner une cristallisation des opinions, pouvant conduire soit à l'uniformisation des points de vue, soit à l'émergence de divergences significatives (Ciesielska & Jemielniak, 2018).

Le rôle du modérateur est donc déterminant pour faciliter les échanges, stimuler la discussion sans imposer de direction, réguler les interactions pour éviter la domination de certains participants, et préserver la diversité des points de vue (Ciesielska & Jemielniak, 2018).

Étapes de mise en œuvre d'un focus group

La conduite d'un focus group suit généralement plusieurs étapes méthodologiques fondamentales (Brunet & Delvenne, 2010 ; Kitzinger et al., 2004) :

1. Définition du thème : Le chercheur délimite les axes de réflexion en fonction des objectifs de l'étude.
2. Élaboration du guide d'entretien : Un scénario souple est conçu pour orienter la discussion sans la figer, permettant aux participants de s'exprimer librement.

3. Définition de la population cible : Les groupes peuvent être homogènes ou hétérogènes selon les besoins de l'étude.
4. Recrutement des participants : Il s'effectue via invitation ciblée, réseautage ou annonces publiques. La taille optimale d'un groupe se situe généralement entre 4 et 10 participants.
5. Conduite de la discussion : Le modérateur anime la session en favorisant l'expression spontanée, en limitant les biais et en encourageant l'interaction.
6. Analyse des données : Basée sur la transcription des échanges et l'observation des dynamiques sociales, l'analyse vise à identifier les thèmes récurrents, les tensions, et les mécanismes de construction collective du sens.

4.1.2. Collecte de données

4.1.2.1. Définition du thème

Dans le cadre de cette recherche, le thème du focus group est défini autour de l'acceptabilité du mycélium comme matériau de construction.

4.1.2.2. Elaboration du guide d'entretien

Les ateliers sont organisés en six phases successives, chacune visant à explorer le matériau sous toutes ses formes.

L'objectif est d'observer l'évolution de l'opinion des participants au fil de leur interaction avec le matériau, ainsi que d'explorer ses usages potentiels à travers diverses mises en situation concrètes.

Phase 0 : Formulaire de consentement et questionnaire de référence

Un formulaire de consentement (Annexe 8) ainsi qu'un questionnaire de référence sont complétés à l'arrivée des participants. Le questionnaire de référence (Annexe 9) a pour objectif d'établir le genre, l'âge et la profession des participants ainsi que leurs connaissances sur l'utilisation du mycélium dans la construction.

Phase 1 : Introduction et avis a priori sur le mycélium

L'atelier débute par un mot de bienvenue, suivi d'une présentation succincte du programme et des objectifs de la session. Ce temps introductif permet de poser le cadre, de créer un climat de confiance et de favoriser l'implication active des participants.

Dans un second temps, les participants sont invités à échanger autour de leurs connaissances et représentations du mycélium. L'objectif de cette phase est double : d'une part, cerner les idées préconçues et les perceptions spontanées associées à ce matériau ; d'autre part, amorcer une réflexion collective sur son potentiel dans le domaine de la construction durable.

La discussion s'ouvre par une question générale : « *Que vous vient-il à l'esprit lorsque l'on évoque le mycélium ?* »

Cette question permet de recueillir les premières impressions, sans jugement ni nécessité de connaissances techniques préalables. Elle donne la parole à chacun et met en lumière la diversité des représentations spontanées sur le sujet.

Pour approfondir et nourrir les échanges, plusieurs questions de relance sont proposées au fil de la discussion :

- « *Si vous deviez imaginer ce matériau, à quoi ressemblerait-il ?* » (en termes de texture, couleur, densité, etc.)
- « *À quoi associez-vous spontanément le mycélium ?* » (autres matériaux, environnements, usages, etc.)
- « *Quelles pourraient être, selon vous, ses qualités et ses limites ?* » (solidité, durabilité, esthétique, etc.)

Cette phase exploratoire vise à faire émerger les imaginaires liés au mycélium. Elle sert également de base pour déconstruire les éventuels préjugés au fil de l'atelier.

Phase 2 : Découverte du matériau

Les participants enchaînent ensuite avec une phase de découverte sensorielle du matériau. À partir d'un échantillon de mycélium, ils sont invités à l'observer, le toucher et le sentir. Cette exploration multisensorielle constitue un moment clé de l'atelier : elle permet de susciter des réactions spontanées et d'instaurer un premier contact concret avec ce biocomposite.

Au cours de cette étape, le modérateur guide la réflexion à l'aide de questions structurées selon les trois niveaux d'appréciation des matériaux définis par Karana et al., (2015) :

Sensoriel (perception physique) :

- « *Comment décririez-vous l'apparence de ce matériau ? (forme, couleur, structure, etc.)* »
- « *Quelle est votre impression au toucher ? Est-ce que c'est doux, rugueux, friable, compact ?* »
- « *Qu'est-ce que vous ressentez en le manipulant ? Est-il léger ou lourd ? Fragile ou résistant ?* »
- « *Percevez-vous une odeur particulière ? Si oui, à quoi cela vous fait-il penser ?* »
- « *Quel adjectif vous vient spontanément au contact de ce matériau ?* »

Emotionnel (ressenti affectif) :

- « *Ce matériau vous inspire-t-il une émotion particulière ?* »
- « *Est-ce que son contact vous est agréable ou au contraire perturbant ? Pourquoi ?* »
- « *Quelles émotions ce matériau vous évoque-t-il ?* »

Symbolique (valeurs et significations attribuées) :

- « *Ce matériau correspond-il à ce que vous aviez imaginé ?* »
- « *À quoi associeriez-vous ce matériau ? À quel univers, quel secteur, quelle utilisation ?* »
- « *Selon vous, quel message ou quelle image véhicule-t-il ?* »

Cette phase permet d'établir un lien plus personnel avec le matériau et d'observer l'évolution des perceptions par rapport aux représentations initiales. Le modérateur s'appuie sur ces questions pour recueillir les premières impressions et amorcer un échange collectif sur l'expérience vécue.

Phase 3 : Informations

Lors de cette phase, les participants assistent à une présentation synthétique visant à leur transmettre les informations fondamentales concernant les matériaux composites à base de mycélium. Cette présentation comprend une définition claire du matériau, une description des caractéristiques techniques et fonctionnelles, ainsi que des exemples concrets.

L'objectif principal de cette étape est d'approfondir la compréhension des participants en leur fournissant un cadre de référence commun, leur permettant d'aborder les phases suivantes de l'atelier avec une meilleure connaissance du matériau.

Phase 4 : Scénario d'usage et projection – imaginaires d'usage

Dans cette quatrième phase, les participants sont invités à collaborer autour des enjeux liés à l'intégration des matériaux à base de mycélium, en explorant divers scénarios d'usage dans le cadre d'un habitat. À partir d'un plan de maison imaginaire annoté (Figure 68), ils discutent ensemble des potentiels usages de ces matériaux dans les différentes composantes de l'habitation: mobilier, luminaires, cloisons, isolants, revêtements intérieurs ou extérieurs, etc.

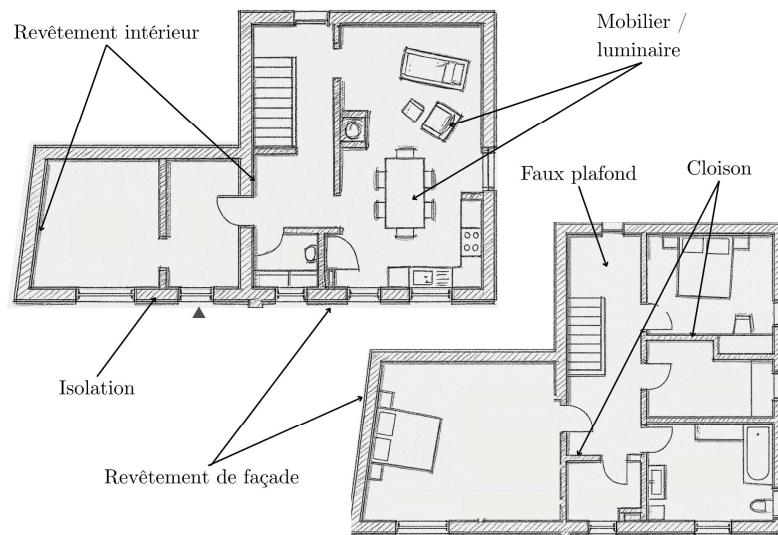


Figure 68 - Support visuel présenté aux participants pour orienter les discussions

L'objectif est d'explorer les usages potentiels du mycélium comme matériau de construction tout en évaluant les freins, les motivations et les projections des participants en s'appuyant sur les dimensions du modèle TAM.

L'animation des échanges repose sur une série de questions structurées selon les axes suivants :

Utilité perçue (perception de l'intérêt du matériau) :

- « Si vous deviez intégrer ce matériau, dans quelles parties de l'habitat vous semblerait-il le plus utile ? »
- « À quelles fonctions vous paraît-il le mieux adapté ? »

Facilité d'usage (contraintes techniques ou pratiques) :

- « Comment imaginez-vous la mise en œuvre ? »
- « Quelles contraintes techniques ou pratiques imaginez-vous dans l'utilisation de ce matériau ? »

Intention d'usage (propension à adopter le matériau) :

- « Seriez-vous curieux ou prêt à intégrer ce matériau dans un projet ? »
- « Sous quelles conditions envisageriez-vous son utilisation ? »

Phase 5 : Materials benchmarking

A l'aide de supports (Figure 69) composés d'échantillons physiques et de fiches techniques descriptives (Annexe 12 : Fiches techniques matériaux isolants), les participants sont invités à classer différents types de matériaux isolants, regroupant :

- des isolants biosourcés (ouate de cellulose, fibre de chanvre, liège expansé, fibre de bois)
- des isolants d'origine minérale (laine de verre, laine de roche)
- des isolants d'origine pétrochimique (polystyrène extrudé, PIR, PUR, EPS)



Figure 69 - Supports matériels de l'activité

L'objectif de cette phase est double : évaluer la position attribuée au mycélium parmi les autres matériaux isolants habituels et comprendre les critères qui sous-tendent le choix des participants en matière d'isolant.

Afin de relancer et d'approfondir la discussion, plusieurs questions de soutien sont prévues, à savoir :

- « Sur quels critères vous êtes-vous appuyés pour réaliser ce classement ? »
- « Quel matériau vous inspire le plus confiance, et pour quelles raisons ? »

Phase 6 : Conclusion

Pour conclure ce focus group, il est proposé à chaque participant de formuler un mot-clé qui synthétise sa perception du matériau mycélien, à l'issue de son exploration à travers les différentes dimensions abordées lors des ateliers.

Le modérateur clôture ensuite la séance en remerciant l'ensemble des participants pour leur implication et la richesse de leurs échanges tout au long du processus.

4.1.2.3. Définition de la population cible

Dans le cadre de cette étude, un échantillonnage raisonné (purposive sampling) a été adopté (Ciesielska & Jemielniak, 2018).

Cette méthode, couramment utilisée en recherche qualitative, consiste à sélectionner délibérément les participants sur la base de critères précis en lien avec les objectifs de la recherche, et non de manière aléatoire (Ciesielska & Jemielniak, 2018).

Elle vise à constituer un échantillon restreint, non pas pour assurer une représentativité statistique, mais pour choisir des profils capables de fournir des avis riches, pertinents et directement utiles à la problématique étudiée.

La population cible regroupe des acteurs du secteur de la construction, tels que des architectes, des ingénieurs, des gestionnaires de chantier et des chercheurs spécialisés.

L'objectif est de recueillir à la fois des avis techniques sur l'utilisation potentielle du mycélium comme matériau de construction et des points de vue plus larges. L'acceptabilité d'une telle innovation ne repose pas uniquement sur la maîtrise des matériaux, les contraintes réglementaires ou les exigences pratiques du terrain, bien que ces éléments exercent néanmoins une influence importante sur la manière dont est accepté un nouveau matériau. Elle est aussi façonnée par d'autres dimensions comme les dimensions sociales (image auprès des usagers, habitudes professionnelles) ou culturelles (rapport à l'innovation, valeurs esthétiques).

Ainsi, la composition du panel a pour objectif de garantir que les données recueillies seront pertinentes, fiables et directement exploitables, contribuant à éclairer les perspectives de développement du mycélium en tant que matériau innovant dans le domaine de la construction.

4.1.2.4. Recrutement des participants

Les participants à cette étude ont été recrutés par invitations (Annexe 10 : Invitation au focus group) diffusées via plusieurs canaux, dans le but de constituer un panel diversifié.

- Une série de courriels a été envoyée à différents bureaux d'architectes de la province de Liège ainsi qu'à un réseau direct d'acteurs du secteur de la construction.
- Des affiches ont été placées aux alentours des bureaux des chercheurs de la faculté afin de toucher le public académique.
- Une publication a été diffusée sur les réseaux sociaux afin d'élargir la portée de l'appel à candidatures et de mobiliser des profils variés.

Afin de maximiser la participation, croiser les perceptions, éviter les biais liés à un unique groupe et ainsi renforcer la fiabilité des résultats obtenus, deux séances de focus group ont été organisées : l'une sur le temps de midi, l'autre en fin de journée.

L'objectif du recrutement est d'obtenir entre 4 et 10 participants par séance.

4.1.2.5. Conduite de la discussion

Le focus group dure environ 1h30, avec une marge supplémentaire de 15 minutes prévue pour offrir une certaine flexibilité.

Afin de faciliter le travail du modérateur, le scénario d'entretien est présenté sous forme de diaporama PowerPoint (Annexe 11 : Présentation focus group) permettant de structurer les échanges et d'assurer un déroulement fluide. L'ensemble des ateliers se déroule en français, langue maternelle des participants.

4.1.2.6. Analyse des données

L'analyse du focus group a été conduite selon les principes de l'analyse thématique réflexive (Braun & Clarke, 2019a). Cette méthode a été choisie en raison de sa souplesse, de sa clarté méthodologique et de sa pertinence pour l'exploration de représentations sociales, de perceptions et de discours autour d'un matériau encore émergent comme le MBC. Contrairement à d'autres approches plus ancrées dans des cadres théoriques stricts, comme la grounded theory, l'analyse thématique réflexive permet une construction inductive tout en assumant la subjectivité du chercheur dans le processus interprétatif (Braun & Clarke., 2019a ; Byrne et al., 2021)

Une grille thématique de départ (Tableau 13) a été élaborée à partir du guide de discussion du focus group. Cette grille organise les données autour des phases de la séance, en intégrant les questions-clés posées aux participants. Elle a permis de guider la lecture et l'extraction des données significatives en facilitant la mise en lien entre les verbatims et les objectifs de recherche. Toutefois, cette structure initiale est restée ouverte à l'évolution, les catégories pouvant être ajustées ou complétées en fonction de ce qui émerge réellement des échanges.

Tableau 13 - Grille thématique d'analyse des focus group

Phase	Thème principal	Questions	Sous-thèmes émergents	Verbatim	Commentaires analytiques
-------	-----------------	-----------	-----------------------	----------	--------------------------

En cohérence avec les critiques formulées par Braun et Clarke (2019b), le concept de saturation des données n'a pas été retenu comme critère de validité. Dans cette approche, la richesse analytique et la profondeur des thèmes sont jugées plus pertinentes que la répétition des mêmes idées. Ainsi, le nombre de participants ou de verbatims n'est pas un gage de représentativité, mais plutôt un levier pour faire émerger des perspectives diverses et parfois contradictoires.

Ce protocole a permis d'identifier des thèmes transversaux liés à la perception des mycomatériaux, aux émotions et associations symboliques qu'ils suscitent, ainsi qu'aux freins et leviers de leur intégration dans des projets de construction.

4.2. Résultats

4.2.2. Participants

Un total de dix participants a pris part aux différents focus groups, organisés en deux séances de cinq personnes chacune. Le panel était composé de deux femmes et huit hommes.

Les tranches d'âges représentées (Figure 70) allaient de 18-24 ans à 45-54 ans avec une proportion notable de participants plus expérimentés : 50% d'entre eux étaient âgés de plus de 45 ans.

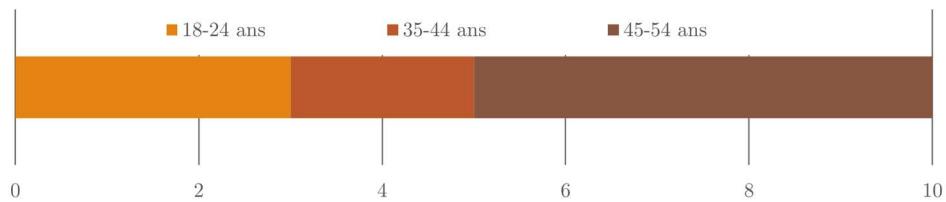


Figure 70 - Répartition par âge des participants au focus group

Le recrutement a été réalisé sur la base de critères professionnels ciblés, afin de garantir une représentativité des principaux métiers du secteur. Ainsi le panel réunissait :

- Architectes (n=4)
- Gestionnaires de chantier (n=2)
- Ingénieurs (n=3)
- Gérant d'entreprise de construction (n=1)

Afin de déterminer si les participants du focus group étaient déjà sensibilisés à l'utilisation du mycélium, deux questions ont été intégrées dans le questionnaire de référence. Les réponses (Figure 71) révèlent que seuls 40% des participants avaient déjà entendu parler des biocomposites fabriqués à partir de mycélium. En revanche 60% des participants ont répondu par l'affirmative à la question : avez-vous déjà entendu parler du mycélium dans le milieu de la construction.

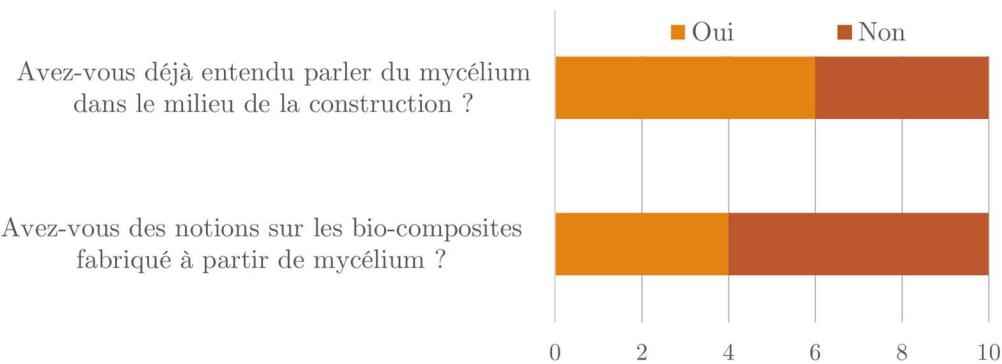


Figure 71 - Résultats du questionnaire de repérage des connaissances des participants

4.2.3. Analyse transversale des deux focus groups

Les résultats issus des deux focus groups sont présentés de manière conjointe, en suivant les quatre grandes activités proposées. Ce chapitre met en évidence les principaux thèmes transversaux identifiés au cours de l'analyse. L'analyse détaillé des focus group figure en annexe : Annexe 16 : Grille d'analyse focus group A et Annexe 17 : Grille d'analyse focus group B.

4.2.3.1. Avis a priori sur le mycélium

L'objectif de cette première phase exploratoire était de recueillir les représentations initiales et les associations spontanées liées au mycélium sans introduire de cadre préalable, afin d'identifier les perceptions a priori.

Dans les deux focus group, le terme mycélium est spontanément et quasi-unaniment associé au champignon, souvent dans un sens biologique :

Champignon. (Participants a.1, a.2, a.3, a.5)
Réseau du champignon et non le fruit. (Participant a.4)
Réseau [...] Un peu des racines. (Participant b.2)
Une toile d'araignée filamenteuse blanche. (Participant b.3)

Cependant, cette image du champignon évoque rapidement des connotations négatives, en particulier dans le domaine de la construction :

[...] Si j'entends parler de champignons dans la construction pour moi, c'est plus un problème nuisible [...] (Participant a.1)
Mérule. (Participant b.4)
Au premier abord champignon, on pense à pourriture [...] (Participant a.5)

Ces représentations sont profondément ancrées et suscitent une méfiance immédiate, voire un rejet réflexe du matériau. Malgré cela, certains participants manifestent une forme de curiosité ou d'ouverture en s'autorisant à penser le mycélium autrement :

Maintenant c'est naturel aussi. (Participant b.1)
Autant la paille, la terre crue, le bois tout ça on se dit ok il y a un moment ça a existé pourquoi pas, ça pourrait revenir, le champignon [...] c'est plus une réelle innovation, plus que quelque chose qui revient de pratique ancestrale. (Participant a.4)

Ce pas de côté suggère une capacité à dépasser les représentations traditionnelles pour envisager de nouveaux usages.

Au cours de cette première activité, un premier frein à l'innovation est mis en évidence :

Des nouveautés en matière de matériaux de construction, il y en a très régulièrement [...] pour être tout à fait franc des nouveautés j'en ai vu depuis 30 ans tout un tas [...] mais je n'ai jamais rien vu qui a vraiment dépassé le stade de l'expérimentation ou du show, un petit peu artisanal, un petit peu exceptionnel. Au final dans ma pratique de tous les jours, c'est toujours resté les matériaux traditionnels qui se sont développés qui se sont implantés [...] (Participant a.3)

Cette difficulté à faire passer l'innovation du stade expérimental à une application concrète et durable traduit un certain conservatisme pragmatique du secteur de la construction.

4.2.3.2. Découverte sensorielle du mycélium

Dans cette seconde phase, les participants ont été invités à manipuler directement des échantillons de MBC, permettant une première confrontation concrète et sensorielle avec le matériau.

D'emblée les réactions sont globalement positives. Les participants expriment une forme de satisfaction sensorielle à travers plusieurs canaux : la texture douce au toucher, l'odeur jugée neutre, la légèreté relative, la couleurs rassurante, ...:

C'est doux au toucher. (Participants a.5, b.3, b.1)

La texture est sympa. (Participant a.2)

C'est super léger [...] (Participant a.4)

[...] Ça ne sent pas rien mais ce n'est pas une odeur inquiétante, ce n'est pas une odeur de moisissure [...] (Participant a.2)

C'est un beau blanc /beige [...] (Participants b.2 et b.3)

Cette dimension sensorielle favorable tranche nettement avec les représentations négatives en phase 1. Là où le mycélium évoquait auparavant la moisissure ou la dégradation, son contact direct suscite cette fois de la curiosité, de l'étonnement, voire un certain enthousiasme :

C'est curieux en tout cas. (Participant b.2)

A la limite si on ne disait pas que c'est à base de champignons, on ne le sait pas. Ce qui en soit n'est pas une mauvaise chose si on veut l'utiliser dans le bâtiment. (Participant a.3)

[...] A la limite c'est presque un aspect rassurant [...] ça n'a pas d'odeur, le toucher est confortable, donc voilà moi je trouve en première vue comme ça, c'est tout à fait positif. (Participant a.1)

Un autre phénomène marquant est l'usage spontané des métaphores issues du quotidien. Les participants comparent les MBC à des objets familiers :

J'ai un peu l'impression d'un fromage qui est resté au frigo [...] (Participant a.2 et b.3)

[...] Comme une peau de pêche. (Participant b.2)

On dirait un petit pavé. (Participant b.1)

Ces analogies visuelles et tactiles servent à rendre le matériau plus intelligible et à un construire une représentation fonctionnelle et sensorielle accessible. Elles facilitent ainsi une forme d'appropriation cognitive du matériau.

Enfin, les membres du focus group A soulignent un point particulièrement pertinent : la perception d'un matériau dépend non seulement de sa texture ou de son odeur, mais aussi de sa forme et de sa couleur :

La perception elle est liée au fait que c'est un petit élément carré. [...] Un cylindre aurait été complètement différent. (Participant a.3)

On aurait eu des cylindres noirs, [...] on aurait dit que ce sont des cylindres de sidérurgie. (Participant a.1)

Un même matériau peut être perçu comme rassurant ou au contraire inquiétant selon son apparence visuelle. Ce retour met en lumière l'importance esthétique, de la mise en forme et de la teinte dans le processus d'acceptation et de valorisation d'un matériau alternatif comme le mycélium.

4.2.3.3. Scénario d'usage : application dans le secteur de la construction

Cette troisième activité avait pour objectif d'explorer comment les participants projettent l'utilisation des MBD dans des applications concrètes (Figure 72).

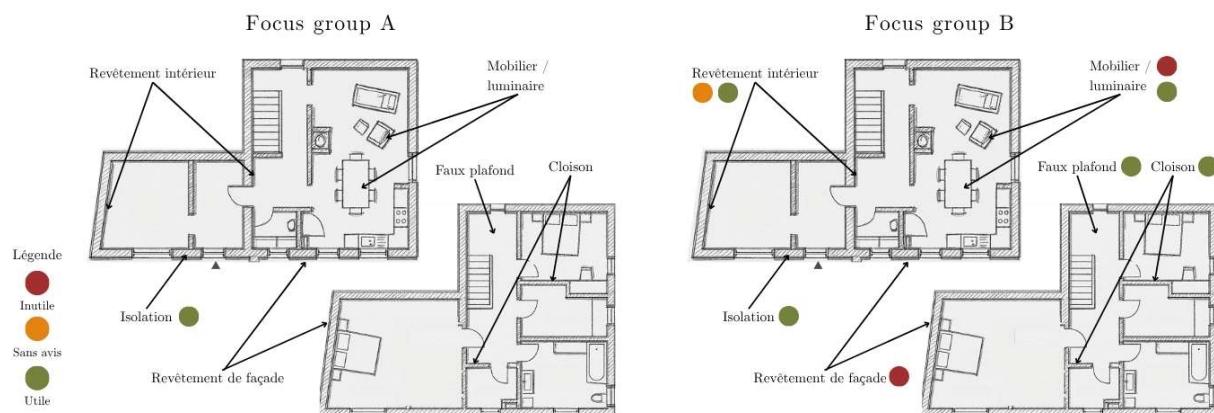


Figure 72 - Traces d'annotations produites lors des focus groups A et B

Un consensus net apparaît autour de certaines fonctions, considérée plus pertinentes : l'isolation (notamment des murs ou des plafonds) et les éléments de cloisonnement. Ces usages sont perçus comme adaptés aux propriétés du mycélium, notamment ses performances thermiques et acoustiques mais aussi parce qu'il est peu soumis aux sollicitations mécaniques importantes :

Donc comme isolant ça fonctionne bien. (Participant a.4)

Je pense que dans la cloison légère type Metal Stud, ça peut être vraiment pas mal. (Participant b.5)

Je pensais plutôt au plafond. Des dalles 60-60. (Participant b.3)

D'autres usages, plus visibles et en contact direct avec les usagers, suscitent davantage d'ambivalence. Le mobilier et les objets de design, comme les luminaires, sont perçus comme des espaces d'expérimentation prometteurs pour lesquels le mycélium peut se démarquer par sa capacité à être moulé dans des formes complexes :

[...] Si tu moules une chaise, ok tu dois attendre un mois mais après tu as une chaise. Tu n'as rien fait, tu as juste mis en pousse et après cela, tu as fait une forme. Donc je trouve qu'il y a quand même un intérêt là-dedans. (Participant b.3)

On met bien des lambris en bois à l'intérieur, alors pourquoi on ne mettrait pas cela ? (Participant b.2)

Cependant, ces potentiels sont tempérés par des freins d'ordre esthétique et symbolique. Les représentations mentales associées au champignon et une certaine méfiance face à l'apparence organique suscitent des réserves :

Peut-être pas dans le mobilier [...] Je ne suis pas sûr que tout le monde soit prêt à manger dessus si on lui dit que sa table est faite en champignon. Faut peut-être une autre interface. (Participant a.5)

Mobilier, luminaire, il ne faut pas exagérer. (Participant b.4)

Certaines applications font quant à elles l'objet d'un rejet quasi unanime. Les utilisations en façade extérieure ou dans des milieux humides comme les salles de bain sont jugées inadaptées. L'exposition à l'eau est perçue comme un risque majeur, en raison de la sensibilité du matériau à l'humidité et de l'incertitude sur sa durabilité :

Oui dans un local humide, ce n'est jamais bien d'avoir un matériau qui absorbe l'humidité. (Participant b.5)

C'est aussi pour ça que je n'y crois pas trop moi en revêtement de façade. Parce qu'il y aura de l'eau. (Participant b.3)

La crainte d'un « matériau vivant », qui pourrait potentiellement se réactiver ou se développer de manière incontrôlée renforce cette méfiance. Les participants insistent sur la nécessité absolue d'un traitement garantissant la neutralisation complète du champignon avant toute mise en œuvre dans le bâtiment.

[...] Le fait que s'il est actif et que tu l'as décidé, ça va mais s'il est actif sans que tu l'aises décidé, [...] il va continuer, il va consommer la structure et ton bois, ce qui peut être problématique, même pour une cloison. (Participant a.2)

[Référence au fait de laisser le mycélium en sommeil] Je sais plus rentrer dans la salle de bain, mes blocs ont grandi. (Participant b.5)

Les participants, issus du secteur de la construction, ont naturellement évoqué les contraintes techniques liées à l'intégration du mycélium dans des pratiques professionnelles existantes. Plusieurs points critiques ressortent :

- Logistique et préfabrication : Le matériau semble peu adapté à un usage in situ en chantier traditionnel. La préfabrication en atelier, sous forme de modules ou d'éléments prêts à poser, est perçue comme la solution la plus réaliste.

Mais voilà il faudrait que ce soit préfabriqué alors là on peut l'arrêter et après le mettre en œuvre. (Participant a.2)

Sur le chantier, il faut opter pour le préfabriqué. Le développement et le séchage, sur chantier, c'est complètement exclu parce que cela prend un temps démesuré. Il faut que le matériau soit fini, on le prend, on le met en œuvre et puis c'est tout. (Participant a.1)
- Découpe et stabilité : Les manipulation réalisées lors du focus group 1 ont fait émerger des inquiétudes quant à la facilité de découpe mais aussi la tenue et la stabilité du matériau après celle-ci.

[...] il faut le voir quand il est coupé, ici je crois qu'on est un peu aux limites de ce qu'il peut. (Participant a.3)
- Assemblage : Des propositions concrètes d'assemblage ont été évoquées, traduisant une volonté d'appropriation du matériau.

Il faudrait trouver une imbrication par contre, parce que si tu laisses un joint entre chaque élément, le bruit passe, la chaleur passe. (Participant b.2)

[...] c'est moulé comme tu veux, donc on pourrait tout à fait mouler des tenons-mortaises pour l'assemblage [...] (Participant b.5)

On pourrait faire un genre de cartouche pour lier et coller les éléments entre eux ? (Participant b.4)
- Coût et industrialisation : Malgré une sensibilité écologique et l'idée que « la nature travaille gratuitement » la viabilité économique du matériau, notamment pour la production à grande échelle, reste une interrogation centrale.

Certains ont la conscience écologique et ils ont envie de matériaux écologiques mais monsieur et madame tout le monde, on leur dit, c'est bien, mais ça va vous couter 10 milles euros en plus, merci mais non merci. [...] (Participant b.5)

[...] Est-ce que c'est possible de faire ça à grande échelle après ? Ou est-ce que ça va coûter plus cher ? [...] (Participant b.4)

[...] la réflexion que ça peut tout mouler, ça peut tout faire. Maintenant c'est la main d'œuvre qui coûte cher, là c'est la nature qui travaille gratuitement entre guillemets [...] (Participant b.3)
- Risque biologique : Comme pour d'autres matériaux biosourcés, la question de la colonisation par des nuisibles est soulevée.

Du point de vue des animaux, rongeurs [...] Quand il est comme ça il n'est peut-être pas appétissant [en montrant la peau fongique] mais quand il est comme ça [en montrant le cœur] il est peut-être plus appétissant. (Participant a.1)

- Enjeux réglementaires et sociaux : La réglementation, les normes en vigueur, la perception et les habitudes du publics comme des prescripteurs constituent autant de barrières indirectes.

[En parlant de le mettre comme revêtement de façade] Et puis, faut aussi que l'urbanisme soit d'accord. Ça c'est plus difficile. (Participant a.3)

[...] il faut se dire aussi en tant qu'architecte on est prescripteur. Donc déjà on est prescripteur et pas poseur, donc on prend quand même disons pas mal de responsabilités sur un travail qu'on ne fait pas nous et en plus de ça sur un usage qu'on ne maîtrise pas toujours parce qu'une fois qu'on a fait la réception, en plus de ça on a potentiellement eu un maître d'ouvrage qui a été sensibilisé mais c'est pas dit que c'est lui qui reste pendant 10 ans donc si on a quelque chose qui peut se réactiver au cours des 10 ans sans qu'on ait la moindre maîtrise [...] (Participant a.2)

Selon les participants du deuxième focus group, le mycélium pourrait trouver sa place dans des contextes architecturaux éphémère ou temporaire. Ces scénarios exploitent pleinement les avantages du mycélium en termes de biodégradabilité :

Pour quelque chose comme les constructions éphémères ou même des panneaux d'affichage parce que si on sait écrire dessus. Ce sont peut-être des éléments qui sont fait pour durer un mois ou deux puis après tu les compostes directement. (Participant b.2)

Je pense à l'habitat d'urgence, comme après des inondations, où il faut loger rapidement des gens, on a construit des petits pavillons / containers. Donc peut-être que c'est un matériau, si on n'est pas, sur des constructions à long terme, qui peut avoir un intérêt. (Participant b.1)

Pour rencontrer un véritable succès, le mycélium ne doit pas chercher à imiter ou remplacer directement les matériaux traditionnels, mais plutôt s'imposer par ses spécificités. Sa force résidera dans sa capacité à offrir des formes inédites, une valeur ajoutée environnementale et des usages ciblés. C'est en cultivant cette singularité, plutôt qu'en tentant de concurrencer les matériaux traditionnels, que le mycélium pourra séduire les acteurs du secteur :

Il faut essayer de trouver une utilisation qui va être différente. Je pense qu'il ne faut pas essayer de se dire qu'on va faire avec ce matériau des blocs pour faire des maisons traditionnelles. Je pense qu'il faut arriver à trouver un moyen de faire quelque chose d'unique. (Participant b.5)

Bien que les deux focus groups aient été menés séparément, une convergence claire se dégage quant aux usages envisagés, aux réticences exprimées et aux conditions techniques.

4.2.3.4. Materials benchmarking

La classification des matériaux isolants se révèle être un exercice complexe en raison de la multiplicité des critères impliqués dans le processus de décision. Le choix d'un isolant « optimal » ne peut se limiter à l'évaluation de ses seules performances thermiques ou de son empreinte environnementale. Une approche multicritère s'avère être nécessaire. La Figure 73 illustre cette complexité : le classement final proposé par l'un des participants repose sur la prise en compte simultanée de plusieurs paramètres, démontrant ainsi l'importance d'une évaluation globale et contextualisée.

	5	5	1	4	5	20	2
Cellulose							
Chanvre	3	8	2	3	7	23	3
Fibre de bois	2	6	4	5	8	25	4
EPS/XPS	8	1	8	8	4	29	6
PIR/PUR	9	2	9	7	3	30	7
Laine de verre	6	3	7	1	2	19	1
Mycélium	4	7	3	9	9	32	8
Liège	1	9	5	6	6	27	5
Laine de roche	7	4	6	2	1	20	2
		Visuel		Thermique		Impact enviro.	
						Mise en œuvre	
							Acceptabilité
							TOTAL

Figure 73 - Transcription du tableau de classement réalisé par un participant du focus group A

Au fil des échanges, en complément des critères proposés à titre d'exemple, tels que l'aspect visuel, les performances thermiques, l'impact environnemental, la mise en œuvre, l'acceptabilité, les participants ont fait émerger de nouveaux critères. Parmi ceux-ci, la facilité de mise en œuvre, le coût et l'efficacité perçue ont été particulièrement soulignés au cours des échanges.

[...] j'ai choisi comme critère l'efficacité, donc en fait le rapport entre le pouvoir isolant, la mise en œuvre, la tenue dans le temps et l'épaisseur utile. (Participant a.3)

Malgré la diversité des critères évoqués, l'impact environnemental apparaît comme un enjeu particulièrement central, notamment pour les participants du focus group B. Ces derniers ont d'ailleurs structuré leur premier classement (Figure 74) selon l'origine des matériaux.

Un classement, qui est le classement facile tous les matériaux d'origine synthétique et les naturels. (Participant b.1)

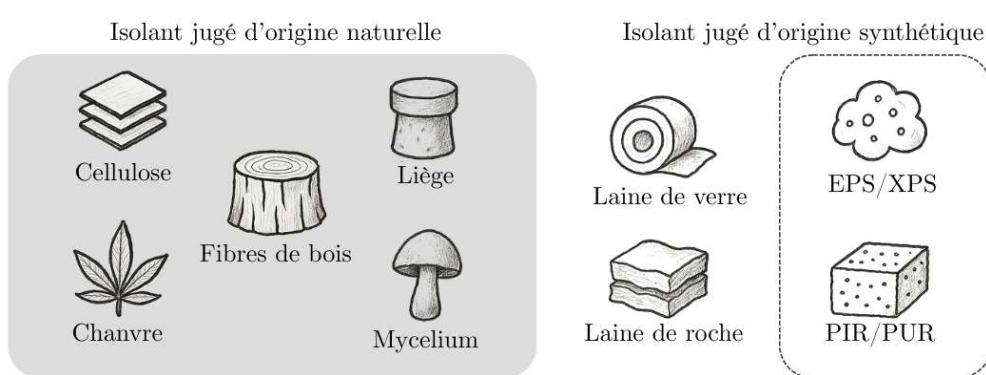


Figure 74 - Premier classement proposé par les participants du focus group B

Ce thème a donné lieu à des discussions approfondies, au cours desquelles les participants ont souligné l'inadéquation entre les pratiques actuelles de construction et les impératifs environnementaux.

En plus les déchets avec cela [en montrant les isolants pétrochimiques] sont immense.
Quand on va devoir démonter les choses dans 15 ans. (Participant b.4)

Mais même, comment veux-tu les démontrer ? Fin c'est tout. Je le vois, on fait des dalles, des radiers en béton de 40 centimètres, tu viens projeter 15 centimètres de PU là-dessus, je plains les gens qui, dans 100 ans vont devoir aller démonter les maisons qu'on fait à l'heure actuelle. (Participant b.5)

Ils insistent également sur le rôle que peuvent jouer les institutions réglementaires dans la promotion des isolants biosourcés :

Pour le moment, on est plus avec la carotte, si tu utilises des isolants biosourcés, plus neutres tu as un peu des primes, tandis qu'un moment, ils vont passer au bâton, ou prendre des matériaux issus de la pétrochimie représentera une pénalité dans le calcul de la PEB (participant b.5)

Par ailleurs, bien que le marché des isolants biosourcés soit en plein essor, les participants identifient plusieurs freins à leur adoption, notamment des contraintes liées à la disponibilité de certains matériaux. Le cas du liège est à ce titre emblématique : malgré ses nombreux avantages, il tend à être déclassé en raison de sa rareté.

C'est assez particulier parce qu'il n'y a plus beaucoup de liège à cause d'incendies. Il faut 50 ans pour qu'un arbre produise du liège et donc il y a des pénuries. (Participant b.2)

C'est plutôt un matériau voué à disparaître mais pas pour les mêmes raisons que ceux-là [en montrant les échantillons d'isolants pétrochimiques.] (Participant b.1)

Enfin, certains isolants biosourcés sont perçus comme difficilement applicables dans certains contextes, ouvrant ainsi la voie à l'exploration de nouvelles solutions, telles que le mycélium identifié comme porteur d'un potentiel à exploiter.

En dépit de son potentiel, le mycélium est perçu comme instable et difficile à évaluer, en raison de l'absence de repères techniques usuels. Cette incertitude génère une forme de prudence généralisée chez les participants, qui hésitent à le positionner clairement parmi les autres isolants.

[...] pour le moment il est dernier de mon classement parce que pour moi on n'en sait pas encore assez, il y a pas mal d'incertitudes. (Participant a.2)

Je pense que pour le mycélium y'a encore beaucoup de points d'interrogation que pour pouvoir vraiment le classer. Comment on le met en œuvre ? Maintenant si on sait avoir les formes qu'on veut, pourquoi pas. (Participant b. 5)

Au-delà des considérations environnementales et de mise en œuvre, le coût (Figure 75) apparaît également comme un critère déterminant dans le processus de choix.

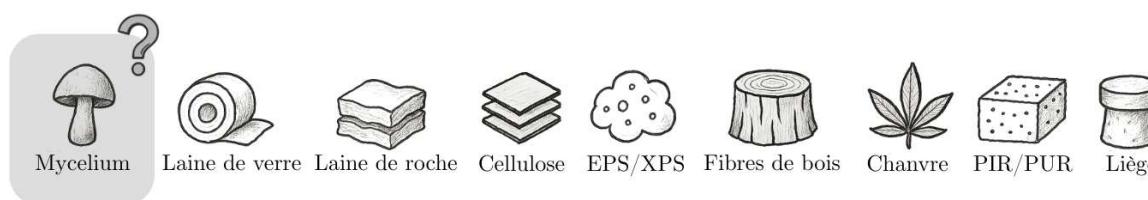


Figure 75 - Second classement basé sur le coût proposé par les participants du focus group B

Si le mycélium est envisagé comme potentiellement rentable dans une logique d'économie circulaire, sa viabilité reste conditionnée à la mise en place d'une chaîne logistique adaptée et à un passage à grande échelle encore incertain.

Je suppose que c'est très difficile de donner une notion de prix à l'heure actuelle ? Vu qu'on est qu'au prototype (Participant b.1) Les luminaires étaient chers. (Participant b.3)

Parce que c'est le truc qu'on demandera en premier, économiquement est ce que ça tient la route ? Parce que ça, ça reste le nerf de la guerre. Est-ce que ça vaut la peine de faire de la recherche là-dessus ? Écologiquement je suis certain que c'est très bon et qu'on va vers ça mais bon. (Participant b.4)

C'est vrai que les déchets, c'est quelque chose pour lequel on te payera bientôt pour les prendre. Donc tu peux récupérer. C'est un peu comme ceux qui font dans les carrières maintenant, on leur amène tout ce qui est déchets de blocs, de briques. On les paye pour les casser puis on leur rachète ce qu'ils viennent de casser donc ils sont payés 2 fois. Donc là, peut être que en effet, économiquement, il y a un truc à faire. Et peut-être que dans 10 ans, on dira, le PU celui qui veut l'utiliser, c'est 200% de taxes. (Participant b.4)

Après tous les entrants, mais bon tous les entrants sont des déchets, c'est quand même pas mal parce que tu seras même peut être payer pour les prendre, donc après en fait il y a juste la mise en œuvre. (Participant b.4)

4.2.3.5. Perception finale et synthèse de l'expérience

Les impressions finales exprimées par les participants des deux focus groups traduisent une posture globalement positive, curieuse et ouverte vis-à-vis du mycélium. Les participants emploient des termes valorisant pour qualifier le matériau :

Prometteur. (Participant a.1)

Deux mots, intéressant et potentiel. (Participant b.2)

Je dirais matériau d'avenir. (Participant b.1)

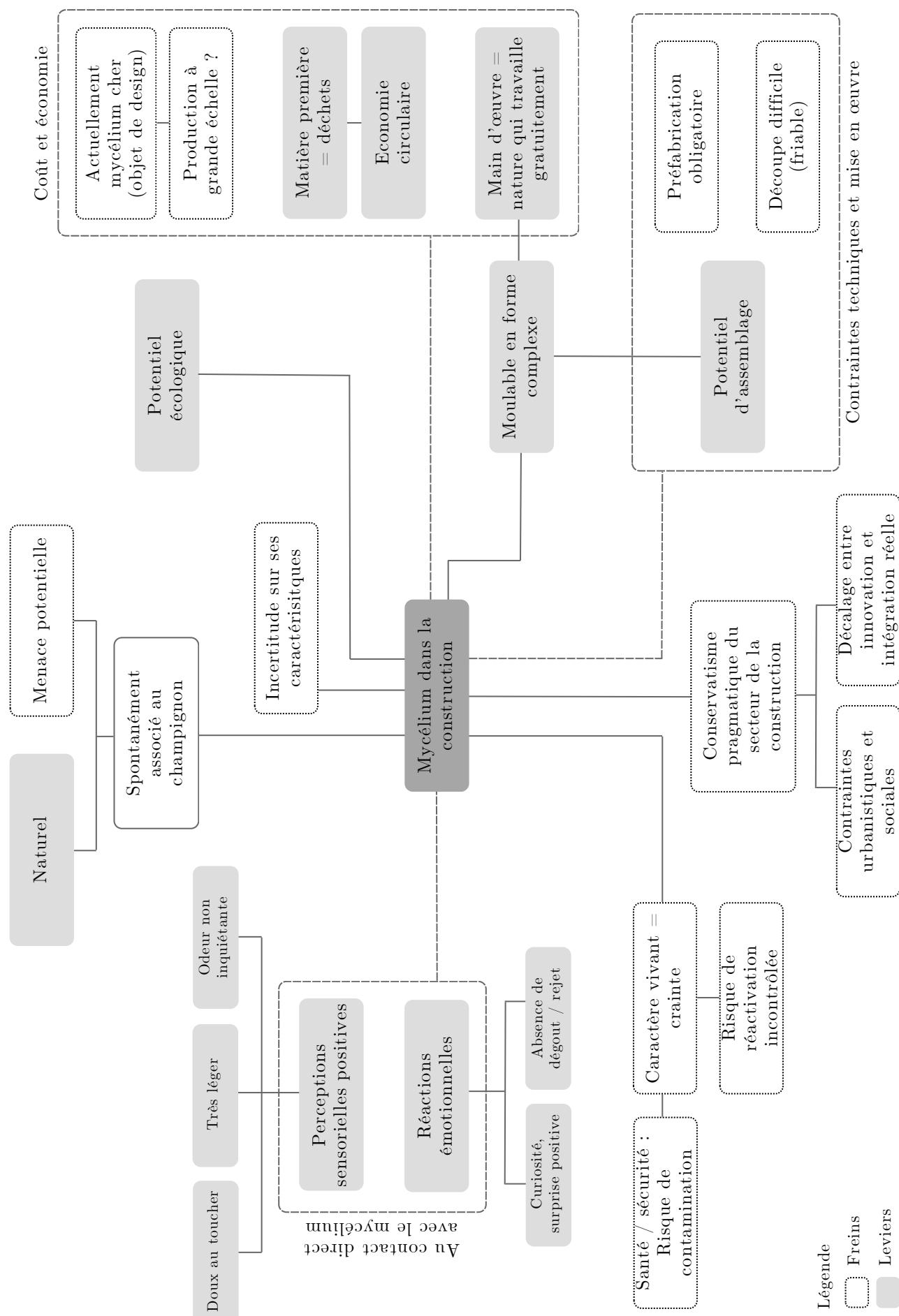
Curieux de savoir ce que ça peut donner. (Participant b.5)

Ces propos révèlent non seulement une curiosité durable, mais aussi une forme de projection dans le futur où le mycélium est perçu comme un matériau innovant aux divers usages possibles.

L'expérimentation concrète semble avoir levé une partie des réticences initiales floues, parfois teintées de méfiance, laissant place à un regard plus nuancé et constructif :

Après je ne m'attendais vraiment pas à ça. [...] Je ne m'attendais vraiment pas à un matériau abouti. (Participant b.5)

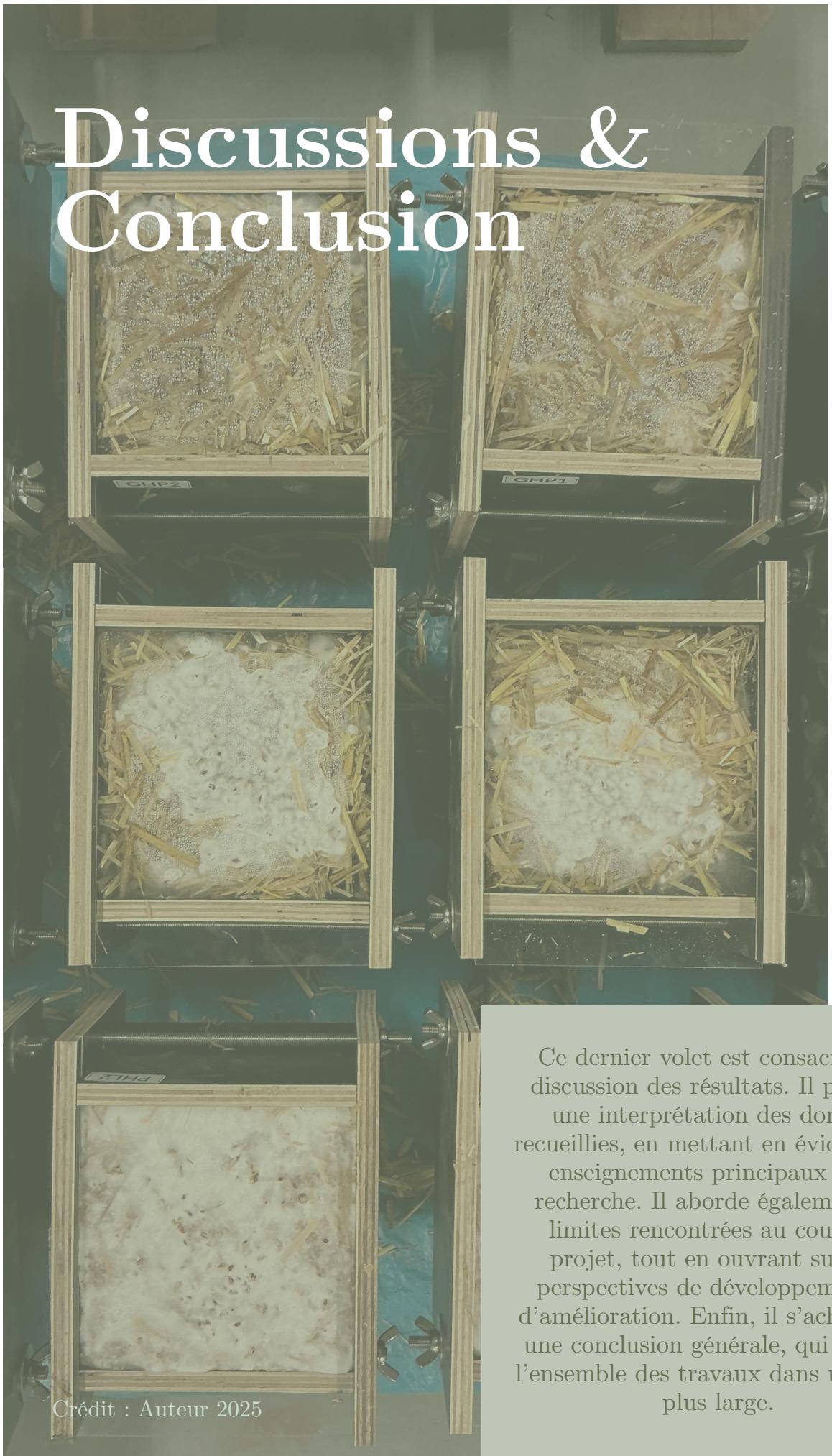
Sous-question de recherche 2 : Quels freins et leviers conditionnent l'intégration du mycélium dans les pratiques de construction actuelles ?



Légende

- Freins
- Leviens

Discussions & Conclusion



Crédit : Auteur 2025

Ce dernier volet est consacré à la discussion des résultats. Il propose une interprétation des données recueillies, en mettant en évidence les enseignements principaux de la recherche. Il aborde également les limites rencontrées au cours du projet, tout en ouvrant sur des perspectives de développement et d'amélioration. Enfin, il s'achève par une conclusion générale, qui replace l'ensemble des travaux dans un cadre plus large.

Discussions

Les deux principales questions de recherche ayant orienté ce travail sont rappelées ci-après :

- Comment concevoir un matériau de construction à base de mycélium pour répondre aux enjeux de la construction durable ?
- Quel est l'état de l'acceptabilité des mycomatériaux auprès des professionnels du secteur de la construction ?

L'analyse croise les résultats issus des différents volets de l'étude afin de proposer une interprétation globale. Les limites inhérentes au protocole, à sa mise en œuvre et aux aléas survenus au cours du processus sont également examinées. Enfin, des perspectives de recherche sont dégagées à partir des enseignements de ce travail.

5.1. Interprétation des résultats

5.1.1. Complémentarité approches expérimentales et participatives

Cette étude met en évidence l'intérêt, dans le domaine de l'ingénierie, d'adopter une approche méthodologique mixte combinant plusieurs techniques de recherche. L'intégration de méthodes expérimentales en laboratoire permet la collecte de données quantitatives précises et mesurables, essentielles, notamment, pour la validation des méthodologies de production des MBC. Parallèlement, la mise en place de focus groups et d'interviews offre un accès à des données qualitatives riches, issues de l'observation et de l'analyse des perceptions, expériences et jugements des participants. La complémentarité de ces deux types de données favorise une compréhension plus globale et nuancée des problématiques, améliorant ainsi la pertinence et la robustesse des conclusions obtenues.

5.1.2. Les MBC matériau d'avenir ?

Comme l'a souligné Juliette Salm au cours de l'entretien, la dynamique actuelle correspond à un "moment champignon", ce qui suggère que le développement des matériaux à base de mycélium (Figure 76) semble se situer à un moment charnière de son évolution.

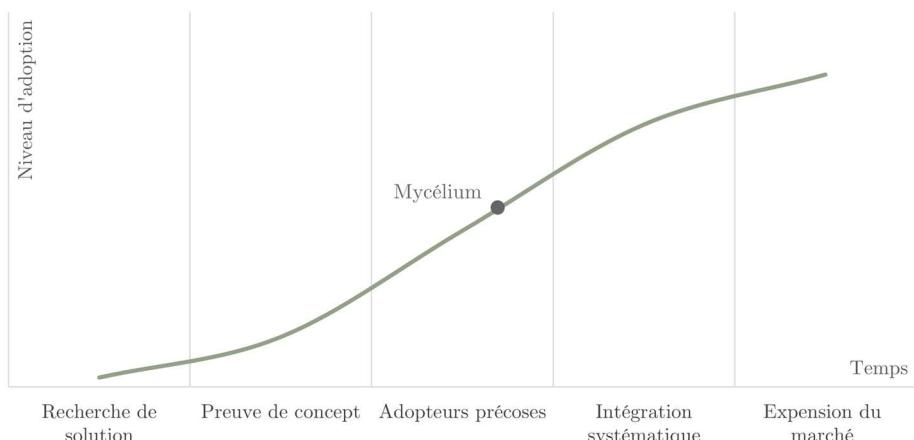


Figure 76 - Mycélium sur la S-curve d'adoption des technologies (adapté de Speelman & Namata, 2022)

Après une phase de forte médiatisation, notamment amplifiée par des réalisations emblématiques telles que le pavillon In Vivo du bureau BENTO, l'attention qui leur est portée pourrait connaître une phase de stabilisation, voire de déclin relatif. Dans ce sens, deux perspectives principales se dessinent :

- Une intégration pérenne et normalisée des protocoles et procédés de production, conduisant à la reconnaissance des matériaux fongiques comme solutions constructives standards, dépassant ainsi leur statut expérimental ou marginal.
- Un recentrage sur des usages artisanaux ou de niche, sans diffusion massive ni adoption à grande échelle.

5.1.3. Comment concevoir un matériau de construction à base de mycélium pour répondre aux enjeux de la construction durable ?

La production des MBC, un processus vivant

La production de MBC nécessite, pour une mise en œuvre initiale, relativement peu de ressources : du mycélium, un substrat adapté et un moule suffisent à amorcer le processus. Cette accessibilité technique rend les premières expérimentations relativement simples à réaliser. Dans une approche exploratoire, la diffusion des connaissances sur les MBC apparaît relativement ouverte : de nombreuses sources informelles telles que des blogs (la mycosphère, s.d.), forums spécialisés ou tutoriels en ligne (Cultiver les champignons, 2023) complètent la littérature scientifique, facilitant ainsi une première appropriation des principes de base.

En plus des contraintes développées dans le point 3.8.4, l'analyse approfondie de la littérature révèle de nombreuses lacunes informationnelles, en particulier concernant les difficultés rencontrées, telles que la contamination, comme l'a montré les résultats des expérimentations au point 3.6.2. Les publications tendent à privilégier la présentation de résultats positifs, en occultant largement les problèmes survenus. Cette absence de retour d'expérience complète laisse supposer que les erreurs courantes ont probablement déjà été rencontrées par d'autres équipes, sans toutefois être documentées.

Les recherches expérimentales mises en place dans le cadre de ce mémoire ont quant à elles montré plusieurs points d'attention, comme :

- La dimension des particules constitutives du substrat doit être adaptée aux dimensions du moule. Il est à noter que les procédés de pasteurisation, qu'ils reposent sur l'utilisation de chaux ou d'eau chaude, ne garantissent pas l'élimination totale des agents pathogènes.
- Le spawn, bien que constituant une méthode d'ensemencement simple et efficace, présente une durée de conservation limitée à environ trois semaines au réfrigérateur, au-delà de laquelle ses performances biologiques déclinent progressivement.
- La conception des moules joue un rôle aussi déterminant que la phase de production des MBC. Idéalement, les moules doivent être hermétiquement clos, réutilisables et soumis à une désinfection rigoureuse entre chaque cycle d'utilisation.

- La phase de croissance requiert une surveillance continue : l'absence initiale de contamination ne constitue pas une garantie de non-développement ultérieur.
- Le traitement thermique en étuve est une étape essentielle pour que le MBC exprime pleinement ses propriétés, en particulier thermiques. Néanmoins, un séchage en conditions naturelles (environnement sec et chaud) demeure possible, bien que moins optimal.

Par ailleurs, la mise en place d'un protocole de production reproductible et optimisé se révèle particulièrement exigeante. Elle nécessite un investissement temporel conséquent, un environnement de culture strictement contrôlé et un ensemble d'équipements spécifiques, afin de garantir la fiabilité et la qualité des résultats obtenus.

Des propriétés intéressantes

Les MBC présentent, au regard de leurs propriétés thermiques, un potentiel certain en tant que matériaux isolants (Tableau 14). Leur conductivité thermique généralement faible les positionne comme une alternative crédible aux isolants conventionnels, notamment dans le cadre de la construction durable.

Cependant, leur utilisation à grande échelle soulève plusieurs défis techniques, au premier rang desquels figure leur sensibilité à l'absorption d'eau. En effet, la structure poreuse et la composition lignocellulosique des MBC favorisent la capillarité et la rétention d'humidité. Cette caractéristique peut engendrer une perte de performance thermique, une dégradation mécanique ou microbiologique, ainsi qu'un risque accru de développement fongique indésirable, particulièrement en conditions non maîtrisées.

Dans le cas d'une application en façade, ce paramètre devient critique : en présence d'une défaillance de l'étanchéité à l'eau, par exemple, défaut du bardage, fissuration ou rupture de pare-pluie, l'infiltration d'humidité pourrait compromettre rapidement l'intégrité de l'isolant. Dès lors, l'intégration des MBC dans l'enveloppe d'un bâtiment nécessiterait soit un traitement hydrophobe adapté et durable, soit une conception constructive garantissant une protection contre toute exposition prolongée à l'eau.

Tableau 14 - Comparaison des propriétés mesurées avec celles d'isolants conventionnels

	Densité [kg/m ³]	Conductivité thermique [W/mK]	Source
Mycélium	147 - 393	0,041-0,045	Ce travail
Laine de roche	470-2250	0,044	
Laine de verre	13-100	0,033-0,045	
Polystrène extrudé	18-50	0,025-0,035	Elsacker et al., 2019
Kenaf	30-180	0,034-0,043	

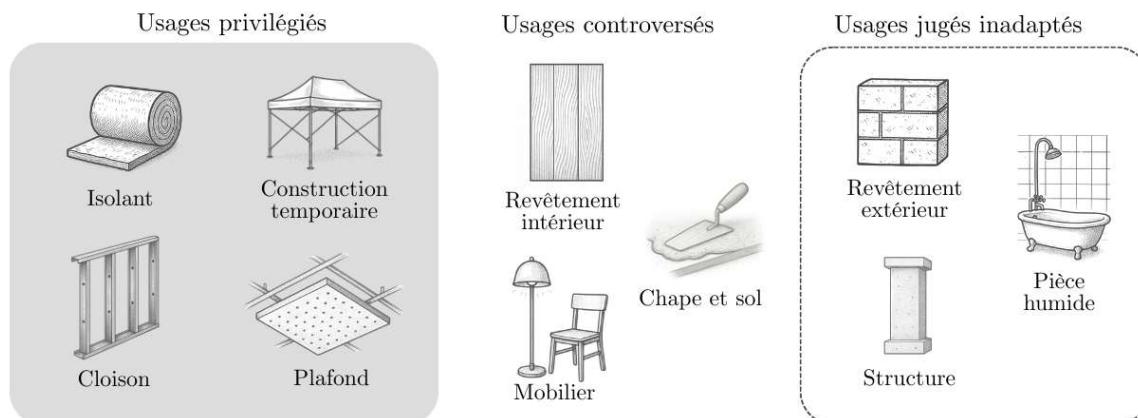
Ce travail met également en évidence la possibilité de concevoir des matériaux composites associant terre crue et mycélium / substrat, encore peu explorés dans la littérature. Le rôle central du mycélium réside dans ses propriétés naturelles, qui lui confèrent la capacité d'agir comme un bio-adhésif. Il assure ainsi la liaison entre la matrice en terre crue des BTC et le substrat isolant.

Cette approche offre des perspectives prometteuses pour le développement de matériaux de construction durables, en combinant les propriétés mécaniques et hygrothermiques de la terre crue, les performances thermiques des matériaux biosourcés à base de mycélium, ainsi que la capacité du mycélium à agir comme liant organique. Ce dernier aspect permet de substituer partiellement ou totalement l'utilisation de colles synthétiques, contribuant ainsi à une réduction de l'empreinte environnementale des composites élaborés.

Des usages multiples

Les résultats (Figure 77) issus des focus groups indiquent que la fonction d'isolation thermique est perçue comme une des applications prometteuses pour l'intégration du mycélium dans le secteur du bâtiment.

Par ailleurs, les participants ont identifié un potentiel particulièrement important dans le domaine des constructions temporaires, où les contraintes de durabilité à long terme sont moindres et où la légèreté, la rapidité de mise en œuvre et la compostabilité en fin de vie constituent des atouts majeurs.



L'avenir du mycélium pourrait ne pas résider principalement dans des applications conventionnelles du secteur de la construction, mais plutôt dans l'émergence de nouveaux usages encore inexplorés. Le mycélium ne se destine pas à supplanter les matériaux conventionnels comme le béton, mais à offrir des solutions complémentaires en fonction de ses propriétés.

L'un des domaines où son potentiel n'est plus à prouver concerne les emballages et le design, en tant qu'alternative durable aux plastiques. Cette perspective s'inscrit dans un contexte marqué par l'utilisation massive des plastiques, dont la production mondiale est estimée à 9,15 milliards de tonnes depuis les années 1950. Sur ce volume, seuls 9 % ont été recyclés, tandis qu'environ 30 % demeurent encore en usage. Si la tendance actuelle se maintient, les projections indiquent qu'un total cumulé de 28,6 milliards de tonnes de plastiques pourrait être atteint d'ici 2050 (Geyer et al., 2017 ; Sreerag et al., 2025).

Une économie circulaire

Le coût demeure un facteur déterminant, même dans un contexte où les considérations environnementales prennent de plus en plus d'importance. En valorisant des substrats issus de déchets, le mycélium s'inscrit dans une logique d'économie circulaire où les déchets ne constituent plus une contrainte mais deviennent une ressource, permettant ainsi de réduire le coût des matières premières et de le rendre relativement compétitif face aux matériaux conventionnels.

Cependant, l'analyse des coûts de production met en évidence plusieurs freins à sa compétitivité à grande échelle. Parmi ceux-ci figurent l'utilisation d'équipements spécifiques tels que les étuves, la durée nécessaire à la production ainsi que le savoir-faire encore peu développé. Ces contraintes, en particulier le temps de fabrication, ont un impact direct sur le coût final du matériau.

Il demeure difficile d'obtenir des données précises sur les prix des MBC (Tableau 15) car leur présence sur le marché reste limitée. À l'heure actuelle, seule une fraction de ces produits est véritablement commercialisée à grande échelle. La majorité se trouve encore au stade de recherche, de prototypage ou de pré-industrialisation, ce qui signifie que les coûts ne sont pas toujours stabilisés, ni communiqués publiquement.

Tableau 15 - Positionnement tarifaire de fourniture (hors pose) du mycélium par rapport aux isolants conventionnels

Matériau	Epaisseur (cm)	Prix (€/m ²)	Référence
Mycélium DIY	5	15,62 à 34,32	Wattier et al., 2019
Mycélium commercialisé	2,5	254,20	Grown.bio, 2025
	3 à 5	200	Charlot, 2022
Liège expansé	1	19	
Fibre de bois	8	11 à 13	
Chamvre	10	15 à 20	Isolation-info, 2025
Laine de verre	10	3 à 10	
Polyuréthane	8	16	

Dans de nombreux cas, les tarifs disponibles proviennent de productions artisanales ou de projets pilotes, ce qui complique les comparaisons directes avec des matériaux isolants conventionnels, déjà standardisés et produits massivement.

5.1.4. Quel est l'état de l'acceptabilité des mycomatériaux auprès des professionnels du secteur de la construction ?

Les focus groups, un levier d'analyse de l'acceptabilité

La préparation minutieuse des séances, la sélection des participants, la création des supports, l'animation des échanges et l'analyse fine des données recueillies requièrent un investissement conséquent en temps et en énergie. Cet engagement est cependant largement compensé par la richesse des échanges générés. Les focus groups offrent un accès à des opinions nuancées, des perceptions subjectives et des pistes de réflexion rarement révélées par des approches plus quantitatives.

La manipulation des échantillons suscite immédiatement un vif intérêt pour le matériau, matérialisé par de nombreuses questions sur le processus de fabrication, la composition et les propriétés techniques. Ce foisonnement de curiosités met en évidence un besoin clair de transparence et justifie la pertinence d'une présentation technique en complément de l'expérience sensorielle.

La reproduction du dispositif sur deux groupes distincts a permis d'observer à la fois des convergences et des variations, soulignant l'importance de la dynamique collective dans les méthodes participatives :

- Lors de l'exercice de projection sur un cas concret d'habitat (Figure 72), les participants du focus group A ont très peu utilisé le support prévu, s'appropriant l'activité de façon plus libre et spontanée. À l'inverse, les participants du focus group B s'y sont référés de manière systématique pour structurer leurs réflexions. L'acte de coller une gommette semble alors avoir joué un rôle de validation collective, permettant au groupe de clore un sujet avant de passer au suivant.
- De même, l'atelier de materials benchmarking a été abordé différemment selon les groupes. Les participants du groupe B ont travaillé de manière collaborative dès le départ, construisant leur classement en interaction constante. A l'opposé les participants du groupe A ont d'abord préféré réfléchir individuellement, établir leur propre hiérarchie, puis confronter leurs résultats dans un second temps.

Malgré ces différences, un consensus s'est dégagé autour de certains points, notamment les représentations initiales du matériau et les applications envisagées ou écartées. Chaque groupe a toutefois fait émerger des thématiques spécifiques, reflétant l'influence du contexte et des interactions propres à chaque collectif. Ces observations confirment la nécessité de rester flexible dans l'animation et d'adapter l'interprétation des résultats en fonction des dynamiques observées.

Une acceptabilité en progression

Les résultats mis en évidence dans ce mémoire 'inscrivent en cohérence avec les quelques recherches antérieures menée par Parisi et al., (2017), Bonenberg et al., (2023) Wang et al., (2024), Van den Broek et al., (2024) sur les perceptions et/ou l'acceptabilités des MBC.

Les données recueillies au cours des ateliers des focus group révèlent que les perceptions des participants à l'égard du mycélium sont globalement positives. L'évolution des perceptions est particulièrement marquée lorsque les participants sont exposés physiquement aux échantillons, confirmant que l'interaction sensorielle constitue un facteur déterminant dans l'acceptabilité de ce type de matériau.

L'un des atouts majeurs du mycélium réside dans sa modularité. Les participants des focus groups soulignent sa capacité à être façonné selon des formes, textures ou densités variées, ouvrant des perspectives d'usages multiples et personnalisables. Cette caractéristique stimule l'imaginaire, autorisant une projection vers des applications futures diverses. Néanmoins, pour que cette richesse formelle soit pleinement exploitée, il apparaît nécessaire d'appuyer les démonstrations par des cas d'usage concrets, permettant de mieux anticiper les débouchés industriels et architecturaux.

Lors des échanges de nombreux freins sont également apparus. Parmi ceux-ci, le contexte socio-économique belge actuel est perçu comme peu favorable à l'intégration de matériaux innovants et écologiques, sans une imposition législative.

Les participants soulignent la résistance aux changements chez certains acteurs du bâtiment, notamment chez les clients ou les entrepreneurs, encore peu sensibilisés à la transition écologique.

Par ailleurs, l'absence de retours d'expérience consolidées sur la durabilité à long terme constitue un frein à la confiance dans ce matériau de même que l'incertitude autour des modalités de mise en œuvre sur chantier.

Un autre point important concerne les coûts comparés souvent mal évalués dans leur globalité. Bien que le mycélium soit potentiellement peu coûteux à produire, les participants insistent sur la nécessité de considérer l'ensemble de la chaîne de valeur, en particulier les coûts de mise en œuvre et de main-d'œuvre.

A titre de comparaison, des isolants tels que le Gramitherm (panneau isolant à base d'herbe naturelle) ou l'ouate de cellulose sont aujourd'hui moins chers à l'achat que certains isolants conventionnels mais peuvent s'avérer plus onéreux, en raison de techniques spécifiques requises pour leur installation.

Malgré ces obstacles, plusieurs participants expriment l'espérance que l'évolution des politiques publiques, telles que des incitants fiscaux ou des réglementations environnementales, permette, à terme, de rendre l'usage de matériaux fongiques incontournable. Dans un futur contraint par les objectifs climatiques et les exigences de circularité, ces matériaux pourraient alors trouver une place centrale dans les stratégies de construction durable.

Les participants se montrent donc relativement réservés quant à l'intégration du mycélium dans des contextes de construction conventionnelle, tels que la maison unifamiliale. En revanche, le mycélium est perçu comme particulièrement prometteur dans le cadre d'applications temporaires, telles que des installations événementielles ou publicitaires, des modules démontables. Dans ces contextes, ses caractéristiques propres, légèreté, origine biosourcé biodégradabilité et esthétique singulière, constituent des atouts notables.

Ainsi les participants soulignent que l'intérêt du mycélium réside moins dans sa capacité à imiter les matériaux conventionnels que dans sa faculté à proposer une alternative radicale, fondée sur ses spécificités intrinsèques. Sa différenciation repose donc sur une approche renouvelée de la matérialité dans l'acte de construire, invitant à repenser les usages, les cycles de vie, et les critères de performance au regard des enjeux environnementaux contemporains.

L'attitude globalement positive observée en fin de focus group indique une évolution des perceptions et de l'acceptabilité du matériau. Toutefois, le fait que ces ateliers aient été organisés auprès de professionnels du secteur de la construction influence la hiérarchisation des critères d'acceptabilité, ceux-ci se concentrant principalement sur les propriétés techniques, les aspects économiques et les modalités de mise en œuvre. Par ailleurs, l'incertitude associée aux matériaux composites à base de mycélium, encore insuffisamment maîtrisés et développés, ainsi que le manque de recul sur leur comportement à long terme, constituent des freins importants à leur adoption.

5.1.5. Contribution du travail

Scientifique

Le mycélium constitue un matériau émergent dans la littérature scientifique, suscitant un intérêt croissant mais encore peu documenté de manière approfondie, en particulier dans le domaine de la construction. Ce travail s'attache, dans un premier temps, à dresser un état de l'art détaillé, permettant de situer les avancées actuelles des recherches sur les biocomposites à base de mycélium.

Sur le plan expérimental, la recherche explore le potentiel bioadhésif du mycélium en association avec la terre crue, dans une perspective d'élaboration de matériaux hybrides. Parallèlement, un volet spécifique est consacré à l'analyse de l'acceptabilité du mycélium en tant que matériau de construction. Ce dernier, encore largement méconnu des professionnels comme du grand public, n'a fait l'objet que de rares investigations sous l'angle socio-technique dans la littérature scientifique. En mobilisant des approches qualitatives, la recherche interroge les perceptions, attentes et freins associés à ce matériau.

Méthodologique

Ce travail présente deux méthodologies principales, robustes et reproductibles, destinées au développement des MBC dans le secteur de la construction :

- Méthodologie de production : élaborée à partir d'une analyse approfondie de la littérature scientifique et consolidée par une série d'essais expérimentaux réalisés dans le cadre de cette recherche, au point 3.3.1, fournit une proposition de cadre opérationnel pour la mise au point et l'optimisation des procédés de fabrication des MBC.
- Protocole de focus group : conçu pour assurer la reproductibilité de ce type de dispositif participatif, essentiel à la compréhension et à l'évaluation de nouveaux matériaux s'appuie sur la théorie de l'acceptabilité. Ce protocole, détaillé au point 4.1, est transposable à l'étude du mycélium comme à celle d'autres matériaux. Il est complété par un jeu de cartes consacré aux isolants (Annexe 12), pouvant également être mobilisé dans d'autres contextes ou activités d'évaluation. Le support de présentation est quant à lui disponible en Annexe 11.

Pratique

Les travaux menés dans le cadre de ce mémoire ont apporté une contribution concrète au Low Tech Studio, initiative collaborative réunissant l'Université de Liège et l'association Low Tech Liège. Dans la perspective de concevoir et expérimenter des solutions matérielles sobres et durables, des panneaux acoustiques et un système d'isolation pour bouilloire seront réalisés pour être intégrer comme éléments d'exposition, servant à la fois de démonstrateurs techniques et de supports pédagogiques pour sensibiliser le public aux approches low-tech.

5.2. Limites et perspectives

5.2.1. Limites

Les données actuellement disponibles proviennent principalement d'expérimentations exploratoires, dont le degré de maturité reste en phase initiale. Afin de renforcer la validité de ces premières observations, une campagne expérimentale élargie serait souhaitable. Celle-ci impliquerait notamment une caractérisation plus poussée des propriétés mécaniques des composites mycéliens, ainsi qu'un protocole de reproduction systématique avec un nombre d'échantillons suffisant par condition testée, garantissant ainsi la robustesse statistique et la représentativité des résultats.

Cependant, la mise en œuvre de tels protocoles se heurte encore à certains défis techniques, notamment la gestion des contaminations microbiologiques au cours de la phase de culture. Ces contaminations, bien que fréquentes, peuvent être limitées par la mise en place de mesures d'asepsie plus rigoureuses et un meilleur contrôle des paramètres environnementaux en laboratoire.

Dans le cadre de ce travail, une seule interview a été réalisée. Le choix de la personne interrogée s'est fondé sur son expertise reconnue dans le domaine des MBC, ce qui confère à son témoignage une richesse et une profondeur d'analyse indéniables. Toutefois, la réalisation d'un seul entretien constitue une limite méthodologique importante : cette source, bien qu'informatives, ne permet pas de rendre compte de la diversité des points de vue existants ni de refléter la représentativité de l'ensemble de la population concernée. Les résultats doivent donc être replacés dans un contexte de production de données qualitatives limitées.

Pour finir, les focus group permettent d'accéder à des opinions nuancées, à des perceptions subjectives et à des pistes de réflexion que d'autres méthodes plus quantitatives ne sauraient révéler. Il convient néanmoins de souligner que, le recrutement s'étant fait sur la base du volontariat, les participants ne sont pas totalement étrangers au sujet abordé lors du focus group. Comme l'indiquent leurs réponses aux questions préliminaires (Figure 68) ils disposent déjà de certaines connaissances ou d'intérêt préalable pour le thème. Cette familiarité peut introduire un biais dans leurs réactions face aux échantillons, les rendant potentiellement plus réceptifs ou moins critiques envers le matériau que ne le serait la population générale.

5.2.2. Perspectives

Perspectives générales

A l'issue de cette étude, plusieurs axes de recherche et de développement peuvent être identifiés afin de renforcer la pertinence du mycélium en tant que matériau isolant biosourcé dans le secteur de la construction.

Tout d'abord, il serait opportun d'approfondir l'expérimentation de substrats alternatifs, tels que les déchets industriels ou les boues de station d'épuration. Cette démarche permettrait de renforcer la position du mycélium comme vecteur de valorisation des déchets. Parallèlement, l'identification et la culture de souches fongiques variées pourraient contribuer à optimiser les propriétés du matériau et à adapter ses performances à des usages spécifiques.

Sur le plan procédural, l'exploration de nouvelles méthodes de fabrication allant des paramètres de croissance à l'intégration de post traitement, représente un levier d'amélioration important.

Le protocole d'essai du matériau pourrait être complété par la réalisation d'essais variés notamment de fluage, en particulier dans la perspective d'une application en chapes. Des essais de cisaillement et de compression permettraient également de mieux caractériser ses performances mécaniques.

Au-delà de son utilisation en tant que matériau isolant, le mycélium présente également un fort potentiel dans d'autres domaines, où son développement pourrait ouvrir de nouvelles perspectives d'innovation.

Par ailleurs, la question de l'acceptabilité du mycélium en tant que matériau de construction mérite d'être enrichie par la réalisation d'enquêtes quantitatives, tant auprès des professionnels du secteur que du grand public.

Perspectives et scénarios d'implantation du mycélium

Le mycélium présente un potentiel particulièrement prometteur, notamment lorsqu'il est envisagé en complémentarité avec la terre crue, matériau déjà étudié et développé par Miraucourt (2017) et Paulus (2015) au Burkina Faso. La terre crue, largement disponible localement, offre d'excellentes capacités de régulation hygrothermique et une faible empreinte environnementale, mais ses performances isolantes restent limitées. L'intégration de panneaux ou blocs à base de mycélium, issus de ressources organiques locales, pourrait pallier cette faiblesse en améliorant la résistance thermique globale des parois (Tableau 16) tout en conservant les qualités intrinsèques de la terre crue. Cette association ouvrirait la voie à des systèmes constructifs biosourcés, performants et adaptés aux conditions climatiques sahéliennes, tout en favorisant une production locale à faibles impacts environnementaux et énergétiques.

Tableau 16 - Épaisseur d'isolant requise ($\lambda = 0,043 \text{ W/mK}$) pour atteindre les U cibles

Pays	Murs		Toiture	
	U	Épaisseur	U	Épaisseur
Belgique	0,24 W/m ² K	17,9 cm	0,15 W/m ² K	28,6 cm
Burkina Faso	0,6 - 0,8 W/m ² K	7,2 - 5,4 cm	0,4 - 0,5 W/m ² K	10,75 - 8,6cm

Une fois la méthodologie de production de matériaux à base de mycélium stabilisée et validée dans un contexte donné, il est théoriquement possible de la transposer à d'autres territoires. Ce transfert technologique ne peut cependant pas être envisagé comme un simple processus de duplication. En effet, les paramètres environnementaux, socio-économiques et logistiques varient significativement d'un pays à l'autre et influencent directement la performance des procédés biologiques impliqués.

Dans le cas d'une implantation au Burkina Faso, plusieurs facteurs nécessitent une phase préalable d'adaptation et de validation :

- Conditions climatiques : température moyenne, taux d'humidité, variations saisonnières, qui influencent le cycle de croissance du mycélium et les risques de contamination.

- Disponibilité et nature des matières premières : identification des ressources lignocellulosiques ou agricoles compatibles avec la croissance fongique, d'espèce capable de se développer dans les conditions particulières propre du pays.
- Infrastructure et équipement (Figure 78) : capacités locales en matière de contrôle de la température, de l'humidité et de l'environnement stérilisé au sein des unités de production, ainsi que de fabrication de moules adaptés. L'utilisation de moules en bois revêtus d'une protection plastique, identifiée comme adéquate dans le cadre de ce travail, constitue une option à considérer dans ce contexte.
- Réglementations : normes sanitaires, environnementales et industrielles applicables aux biomatériaux et aux procédés de culture.
- Facteurs socio-économiques : coût de la main-d'œuvre, accès aux marchés locaux, acceptabilité culturelle du matériau et perception sociale des champignons.

Ainsi, une nouvelle campagne d'essais sur site est indispensable. Cette phase pilote permettrait : d'évaluer l'adaptation du protocole initial aux conditions climatiques et aux ressources disponibles, de tester la résilience du procédé face aux variations environnementales locales ou encore d'optimiser la formulation des substrats et le design des infrastructures en fonction des contraintes logistiques et énergétiques.

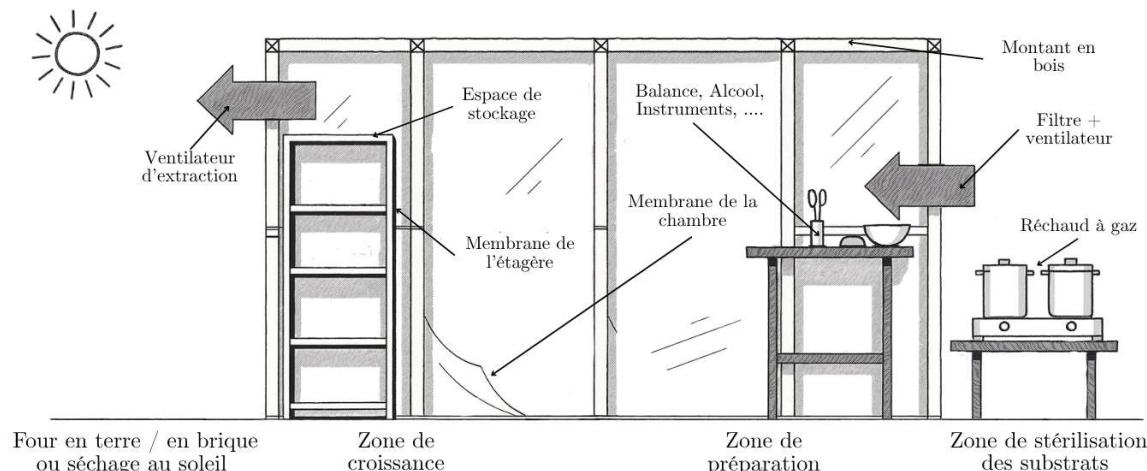


Figure 78 - Proposition de conception d'infrastructures de production (adapté de Sharifi et al., 2024, p 569)

Ces ajustements constituent le socle sur lequel peut s'édifier le développement d'une filière de production locale de matériaux à base de mycélium réside dans la création d'un réseau intégré, capable de constituer un véritable rempart contre la dépendance aux matériaux de construction importés et à la main-d'œuvre extérieure (Sharifi et al., 2024).

En structurant un réseau local de production et de conception autour du mycélium, il serait possible de développer une filière à la fois économique, par la réduction des importations et la création d'emplois directs et indirects, écologique, grâce à un matériau biodégradable, à faible empreinte carbone et intégrable dans des cycles de compostage en fin de vie et sociale par l'insertion professionnelle, la montée en compétence locale et le renforcement des capacités des communautés rurales.

Conclusion

Ce travail s'inscrit dans une démarche itérative, marquée par une succession d'essais, d'erreurs et d'ajustements progressifs, où chaque étape, réussite comme échec, s'est révélée formatrice. Le mycélium, dans sa complexité biologique et sa sensibilité aux conditions environnementales, a imposé une posture d'écoute et d'adaptation constante. Il ne s'agit pas simplement de « fabriquer un matériau », mais d'entrer en dialogue avec un organisme vivant, dont les comportements, les rythmes et les exigences redéfinissent les méthodes de conception.

Les matériaux à base de mycélium incarnent une approche innovante de la construction, fondée sur des technologies sobres et durables. Grâce à leurs propriétés thermiques intéressantes et à leur légèreté, les MBC offrent une alternative crédible aux matériaux traditionnels, notamment en tant qu'isolants. Au-delà de leurs propriétés, l'un des aspects les plus marquants du mycélium réside dans la relation qu'il impose au concepteur. Dans un contexte industriel dominé par la performance et la rapidité, le mycélium invite à ralentir, à observer, à s'adapter. Il incite ainsi à interroger nos modes de production, mais aussi nos modes de vie.

Comme le rappellent Rizzo et Sipp (2010) à travers la question provocatrice « Les ennemis d'hier seront-ils les alliés de demain ? », l'innovation invite à reconsiderer nos représentations et nos usages. Ce qui fut longtemps perçu comme un déchet, une contrainte ou un obstacle peut, dans un nouveau cadre, devenir une ressource, un levier d'action ou un partenaire de transformation.

Les MBC soulèvent ainsi des interrogations culturelles et sociétales, en particulier autour de leur acceptabilité. Dans une société souvent déconnectée de la nature, le recours au mycélium pourrait constituer une opportunité de reconnection, à condition de dépasser certaines craintes et représentations négatives. Néanmoins, l'acceptabilité par le secteur de la construction semble passer par la garantie de propriétés maîtrisées dans le cadre de procédés de production standardisés, ce qui implique paradoxalement de mettre fin à la vitalité du mycélium.

Ce travail vise donc à approfondir la compréhension du potentiel du mycélium dans le domaine de la construction durable, en ouvrant des perspectives vers des systèmes de production de matériaux plus écologiques, collaboratifs et respectueux du vivant.

Face à l'urgence climatique, à l'épuisement des ressources ou encore à l'échec des négociations du sommet international de Genève sur la lutte contre la pollution plastique, il devient essentiel d'élargir notre champ de vision et de considérer que certaines réponses aux défis à venir pourraient se trouver là où nous ne pensions pas chercher : dans le sous-sol silencieux des forêts, au cœur des réseaux mycéliens.

Bibliographie

- Abhijith, R., Ashok, A., & Rejeesh, C. (2018). Sustainable packaging applications from mycelium to substitute polystyrene : a review. *Materials Today Proceedings*, 5(1), 2139-2145. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.09.211>
- Adamatzky, A., Ayres, P., Belotti, G., & Wosten, H. (2019). Fungal architecture. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1912.13262>
- Adamatzky, A., & Gandia, A. (2022). Living mycelium composites discern weights via patterns of electrical activity. *Journal Of Bioresources And Bioproducts*, 7(1), 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.09.003>
- Agustina, W., Aditiawati, P., Kusumah, S. S., & Dungani, R. (2019). Physical and mechanical properties of composite boards from the mixture of palm sugar fiber and cassava bagasse using mycelium of Ganoderma lucidum as a biological adhesive. *IOP Conference Series Earth And Environmental Science*, 374, 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/374/1/012012>
- Aiduang, W., Kumla, J., Srinuanpan, S., Thamjaree, W., Lumyong, S., & Suwannarach, N. (2022). Mechanical, Physical, and Chemical Properties of Mycelium-Based Composites Produced from Various Lignocellulosic Residues and Fungal Species. *Journal Of Fungi*, 8(11), 1125. <https://doi.org/10.3390/jof8111125>
- Aiduang, W., Jatuwong, K., Jinanukul, P., Suwannarach, N., Kumla, J., Thamjaree, W., Teeraphantuvat, T., Waroontakun, T., Oranratmanee, R., & Lumyong, S. (2024). Sustainable Innovation: Fabrication and Characterization of Mycelium-Based Green Composites for Modern Interior Materials Using Agro-Industrial Wastes and Different Species of Fungi. *Polymers*, 16(4), 550. <https://doi.org/10.3390/polym16040550>
- Akromah, S., Chandarana, N., & Eichhorn, S. J. (2023). Mycelium Composites for Sustainable Development in Developing Countries: The Case for Africa. *Advanced Sustainable Systems*, 8(1). <https://doi.org/10.1002/adss.202300305>
- Angelova, G., Brazkova, M., Stefanova, P., Blazheva, D., Vladev, V., Petkova, N., Slavov, A., Denev, P., Karashanova, D., Zaharieva, R., Enev, A., & Krastanov, A. (2021). Waste Rose Flower and Lavender Straw Biomass—An Innovative Lignocellulose Feedstock for Mycelium Bio-Materials Development Using Newly Isolated Ganoderma resinaceum GA1M. *Journal Of Fungi*, 7(10), 866. <https://doi.org/10.3390/jof7100866>
- Angelova, G., Brazkova, M., & Goranoc, B. (2022). Effect of the lignocellulose substrate type on mycelium growth and biocomposite formation by Ganoderma lucidum GA3P. *Food science and applied biotechnology*, 5(2), 211-218. <https://doi.org/10.30721/fsab2022.v5.i2>
- Antinori, M. E., Ceseracciu, L., Mancini, G., Heredia-Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (2020). Fine-Tuning of Physicochemical Properties and Growth Dynamics of Mycelium-Based Materials. *ACS Applied Bio Materials*, 3(2), 1044-1051. <https://doi.org/10.1021/acsabm.9b01031>
- Aggarwal, B. B., & Sung, B. (2008). Pharmacological basis for the role of curcumin in chronic diseases: an age-old spice with modern targets. *Trends In Pharmacological Sciences*, 30(2), 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2008.11.002>

Akpasi, S. O., Anekwe, I. M. S., Tetteh, E. K., Amune, U. O., Shoyiga, H. O., Mahlangu, T. P., & Kiambi, S. L. (2023). Mycoremediation as a Potentially Promising Technology: Current Status and Prospects - A Review. *Applied Sciences*, 13(8), 4978. <https://doi.org/10.3390/app13084978>

Alaneme, K. K., Anaele, J. U., Oke, T. M., Kareem, S. A., Adediran, M., Ajibuwu, O. A., & Anabaranzé, Y. O. (2023). Mycelium based composites: A review of their bio-fabrication procedures, material properties and potential for green building and construction applications. *Alexandria Engineering Journal*, 83, 234-250. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.10.012>

Alaux, N., Vašatko, H., Maierhofer, D., Saade, M. R. M., Stavric, M., & Passer, A. (2023). Environmental potential of fungal insulation : a prospective life cycle assessment of mycelium-based composites. *The International Journal Of Life Cycle Assessment*, 29(2), 255-272. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02243-0>

Alemu, D., Tafesse, M., & Mondal, A. K. (2022). Mycelium-Based Composite: the future sustainable biomaterial. *International Journal of Biomaterials*, 1(12). <https://doi.org/10.1155/2022/8401528>

Almpani-Lekka, D., Pfeiffer, S., Schmidts, C., & Seo, S. (2021). A review on architecture with fungal biomaterials: the desired and the feasible. *Fungal Biology And Biotechnology*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40694-021-00124-5>

Amara, A. A., & El-Baky, N. A. (2023). Fungi as a Source of Edible Proteins and Animal Feed. *Journal Of Fungi*, 9(1), 73. <https://doi.org/10.3390/jof9010073>

Appels, F. V., Camere, S., Montalti, M., Karana, E., Jansen, K. M., Dijksterhuis, J., Krijgsheld, P., & Wösten, H. A. (2018). Fabrication factors influencing mechanical, moisture- and water-related properties of mycelium-based composites. *Materials & Design*, 161, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2018.11.027>

Appels, F.V. (2020). *The use of fungal mycelium for the production of bio-based materials*. [Thèse de doctorat, Utrecht University]

Ardra, R., Karthik, S., Padmakumar, T. G., Kishnan, R., Shukla, S. K., & Sathyan, D. (2024). Mycelium-infused geopolymers for non-load-bearing walls : experimental investigation and life cycle assessment. *Innovative Infrastructure Solutions*, 9(3). <https://doi.org/10.1007/s41062-024-01379-8>

Arifin, Y. H., & Yusuf, Y. (2013). Mycelium Fibers as New Resource for Environmental Sustainability. *Procedia Engineering*, 53, 504-508. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.065>

Arvidsson, R., Tillman, A., Sandén, B. A., Janssen, M., Nordelöf, A., Kushnir, D., & Molander, S. (2017). Environmental Assessment of Emerging Technologies : Recommendations for Prospective LCA. *Journal Of Industrial Ecology*, 22(6), 1286-1294. <https://doi.org/10.1111/jiec.12690>

Ashby, M.F. (2012). *Materials and the environment – Eco-Informed material choice* (2). Butterworth-Heinemann

Atarodi, S., Berardi, A., & Toniolo, A. (2018). Le modèle d'acceptation des technologies depuis 1986 : 30 ans de développement. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 25(3), 191-207. <https://doi.org/10.1016/j.pto.2018.08.001>

Attias, N., Danai, O., Ezov, N., Tarazi, E. & Grobman, J. (2017). *Developing novel applications of mycelium-based bio-composite materials for design and architecture*. [Conference]. Building with bio-based materials: Best Practice and Performance Specification

Attias, N., Danai, O., Tarazi, E., Pereman, I., & Grobman, Y. J. (2019a). Implementing bio-design tools to develop mycelium-based products. *The Design Journal*, 22(sup1), 1647-1657. <https://doi.org/10.1080/14606925.2019.1594997>

Attias, N., Danai, O., Abitbol, T., Tarazi, E., Ezov, N., Pereman, I., & Grobman, Y. J. (2019b). Mycelium bio-composites in industrial design and architecture: Comparative review and experimental analysis. *Journal Of Cleaner Production*, 246, 119037. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119037>

Bae, B., Kim, M., Kim, S., & Ro, H. (2021). Growth Characteristics of Polyporales Mushrooms for the Mycelial Mat Formation. *Mycobiology*, 1-5. <https://doi.org/10.1080/12298093.2021.1911401>

Bagheriehnajjar, G., Yousefpour, H., & Rahimnejad, M. (2023). Multi-objective optimization of mycelium-based bio-composites based on mechanical and environmental considerations. *Construction And Building Materials*, 407, 133346. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133346>

Bagheriehnajjar, G., Yousefpour, H., & Rahimnejad, M. (2024). Environmental impacts of mycelium-based bio-composite construction materials. *International Journal Of Environmental Science And Technology*, 21(6), 5437-5458. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-05447-x>

Bajwa, D. S., Holt, G. A., Bajwa, S. G., Duke, S. E., & McIntyre, G. (2017). Enhancement of termite (*Reticulitermes flavipes* L.) resistance in mycelium reinforced biofiber-composites. *Industrial Crops And Products*, 107, 420-426. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.06.032>

Bakker, C., Wang, F., Huisman, J., & Hollander, M. D. (2014). Products that go round : exploring product life extension through design. *Journal Of Cleaner Production*, 69, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.028>

Balaes, T., Radu, B., & Tănase, C. (2023). Mycelium-Composite Materials—A Promising Alternative to Plastics? *Journal Of Fungi*, 9(2), 210. <https://doi.org/10.3390/jof9020210>

Balashanmugam, A. & Mardoukhi, A. (2021). *Mycelbiosis – Living in synergy with other species*. [Memoire, Chalmers university of technology Gothenburg].

Blackwell, M. (2011). The Fungi : 1, 2, 3. . . 5.1 million species ? *American Journal Of Botany*, 98(3), 426-438. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000298>

Bhardwaj, A., Rahman, A. M., Wei, X., Pei, Z., Truong, D., Lucht, M., & Zou, N. (2021). 3D Printing of Biomass–Fungi Composite Material : Effects of Mixture Composition on Print Quality. *Journal Of Manufacturing And Materials Processing*, 5(4), 112. <https://doi.org/10.3390/jmmp5040112>

Bonenberg, A., Sydor, M., Cofta, G., Doczekalska, B., & Grygorowicz-Kosakowska, K. (2023). Mycelium-Based Composite Materials : Study of Acceptance. *Materials*, 16(6), 2164. <https://doi.org/10.3390/ma16062164>

- Bonga, K. B., Bertolacci, L., Contardi, M., Paul, U. C., Zafar, M. S., Mancini, G., Marini, L., Ceseracciu, L., Fragouli, D., & Athanassiou, A. (2024). Mycelium Agrowaste-Bound Biocomposites as Thermal and Acoustic Insulation Materials in Building Construction. *Macromolecular Materials And Engineering*, 309(6). <https://doi.org/10.1002/mame.202300449>
- Braun, V., & Clarke, V. (2019a). Reflecting on reflexive thematic analysis. *Qualitative Research In Sport Exercise And Health*, 11(4), 589-597. <https://doi.org/10.1080/2159676x.2019.1628806>
- Braun, V., & Clarke, V. (2019b). To saturate or not to saturate ? Questioning data saturation as a useful concept for thematic analysis and sample-size rationales. *Qualitative Research In Sport Exercise And Health*, 13(2), 201-216. <https://doi.org/10.1080/2159676x.2019.1704846>
- Brudny, K., Łach, M., Kozub, B., & Korniejenko, K. (2024). Development of fungal biocomposites for construction applications. *Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik*, 55(5), 569-578. <https://doi.org/10.1002/mawe.202400018>
- Brunet, S. & Delvenne, P. (2011). Politique et expertise d'usage en situation de haute incertitude scientifique : application de la méthodologie des Focus groups au risque électromagnétique. *Cahier de science politique*.
- Bruscato, C., Malvessi, E., Bandalise, R. N., & Camassola, M. (2019). High performance of macrofungi in the production of mycelium-based biofoams using sawdust — Sustainable technology for waste reduction. *Journal Of Cleaner Production*, 234, 225-232. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.150>
- Butu, A., Rodino, S., Miu, B., & Butu, M. (2020). Mycelium-based materials for the ecodesign of bioeconomy. *Digest Journal Of Nanomaterials And Biostructures*, 15(4), 1129-1140. <https://doi.org/10.15251/djnb.2020.154.1129>
- Byrne, D. (2021). A worked example of Braun and Clarke's approach to reflexive thematic analysis. *Quality & Quantity*, 56(3), 1391-1412. <https://doi.org/10.1007/s11135-021-01182-v>
- Cai, J., Han, J., Ge, F., Lin, Y., Pan, J., & Ren, A. (2023). Development of impact-resistant mycelium-based composites (MBCs) with agricultural waste straws. *Construction And Building Materials*, 389, 131730. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131730>
- Camere, S., & Karana, E. (2018). Fabricating materials from living organisms : An emerging design practice. *Journal Of Cleaner Production*, 186, 570-584. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.081>
- Campbell, S., Correa, D., Wood., D & Menges, A. (2017). *Modular Mycelia: Scaling Fungal Growth for Architectural Assembly*. [Conference]. The virtual and the physical. eCAADe Regional International Symposium.
- Candido, A., Amiri, A., Junnila, S., & Pittau, F. (2024). Mycelium-wood composites as a circular material for building insulation. *Frontiers In Sustainable Cities*, 6. <https://doi.org/10.3389/frsc.2024.1412247>
- Carcassi, O. B., Minotti, P., Habert, G., Paoletti, I., Claude, S., & Pittau, F. (2022). Carbon Footprint Assessment of a Novel Bio-Based Composite for Building Insulation. *Sustainability*, 14(3), 1384. <https://doi.org/10.3390/su14031384>

Castagnède, B., Aknine, A., Brouard, B., & Tarnow, V. (2000). Effects of compression on the sound absorption of fibrous materials. *Applied Acoustics*, 61(2), 173–182. [https://doi.org/10.1016/s0003-682x\(00\)00003-7](https://doi.org/10.1016/s0003-682x(00)00003-7)

Cerimi, K., Akkaya, K. C., Pohl, C., Schmidt, B., & Neubauer, P. (2019). Fungi as source for new bio-based materials: a patent review. *Fungal Biology And Biotechnology*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40694-019-0080-y>

Chan, X. Y., Saeidi, N., Javadian, A., Hebel, D. E., & Gupta, M. (2021). Mechanical properties of dense mycelium-bound composites under accelerated tropical weathering conditions. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01598-4>

Ciesielska, M., & Jemielniak, D. (2018). *Qualitative Methodologies in Organization Studies: Volume II: Methods and Possibilities*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-65442-3>

Colmo, C., & Ayres, P. (2020). 3d Printed Bio-hybrid Structures - Investigating the architectural potentials of mycoremediation. *eCAADe Proceedings*. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2020.1.573>

Czarniawska, B. (2004). *Narratives in Social Science Research*. SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781849209502>

Danninger, D., Pruckner, R., Holzinger, L., Koeppen, R., & Kaltenbrunner, M. (2022). MycelioTronics: Fungal mycelium skin for sustainable electronics. *Science Advances*, 8(45). <https://doi.org/10.1126/sciadv.add7118>

Davis, F.D. (1986). *A Technology Acceptance Model for Empirically Test-ing New End-user information Systems: Theory and Results*. [Thèse de doctorat, MIT Sloan School of Management, Cambridge]

Derme, T., Mitterberger, D., & Di Tanna, U. (2016). Growth Based Fabrication Techniques for Bacterial Cellulose: Three-Dimensional Grown Membranes and Scaffolding Design for Biological Polymers. *ACADIA Quarterly*. <https://doi.org/10.52842/conf.acadia.2016.488>

Despret, V., Aventin, C. & Salme, J. (2023) *Demeurer en mycélium*. Cellule architecture de la fédération wallonie-Bruxelles.

De Lima, G. G., Schoenherr, Z. C. P., Magalhães, W. L. E., Tavares, L. B. B., & Helm, C. V. (2020). Enzymatic activities and analysis of a mycelium-based composite formation using peach palm (Bactris gasipaes) residues on Lentinula edodes. *Bioresources And Bioprocessing*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40643-020-00346-2>

Dias, P. P., Jayasinghe, L. B., & Waldmann, D. (2021). Investigation of Mycelium-Miscanthus composites as building insulation material. *Results In Materials*, 10, 100189. <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2021.100189>

Doordan, D. P. (2003). On materials. *Design Issues*, 19(4), 3-8. <https://doi.org/10.1162/074793603322545000>

Elsacker, E., Vandelook, S., Brancart, J., Peeters, E., & De Laet, L. (2019). Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. *PLoS ONE*, 14(7), e0213954. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213954>

Elsacker, E., Vandelook, S., Van Wylick, A., Ruytinx, J., De Laet, L., & Peeters, E. (2020). A comprehensive framework for the production of mycelium-based lignocellulosic composites. *The Science Of The Total Environment*, 725, 138431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138431>

Elsacker, E., Søndergaard, A., Van Wylick, A., Peeters, E., & De Laet, L. (2021). Growing living and multifunctional mycelium composites for large-scale formwork applications using robotic abrasive wire-cutting. *Construction And Building Materials*, 283, 122732. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122732>

Elsacker, E., De Laet, L., & Peeters, E. (2022). Functional Grading of Mycelium Materials with Inorganic Particles : The Effect of Nanoclay on the Biological, Chemical and Mechanical Properties. *Biomimetics*, 7(2), 57. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7020057>

Elsacker, E., Vandelook, S., & Peeters, E. (2023). Recent technological innovations in mycelium materials as leather substitutes : a patent review. *Frontiers In Bioengineering And Biotechnology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1204861>

Enarevba, D. R., & Haapala, K. R. (2023). A Comparative Life Cycle Assessment of Expanded Polystyrene and Mycelium Packaging Box Inserts. *Procedia CIRP*, 116, 654-659. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.110>

Enriquez-Medina, I., Bermudez, A. C., Ortiz-Montoya, E. Y., & Alvarez-Vasco, C. (2023). From purposeless residues to biocomposites: A hyphae made connection. *Biotechnology Reports*, 39, e00807. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2023.e00807>

Etikan I., Alkassim R. & Abubakar S. (2015) Comparision of Snowball Sampling and Sequential Sampling Technique. *Biometric & Biostatistics international journal* 3(1). <https://doi.org/10.15406/bbij.2015.03.0005>

Etinosa, P. O., Salifu, A. A., Osafo, S., Eluu, S. C., Obayemi, J. D., & Soboyejo, W. O. (2023). Fracture and Toughening of Mycelium-based Biocomposites. *Materials & Design*, 237, 112592. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2023.112592>

Fairus, M. J. M., Bahrin, E. K., Natasha, E., Arbaain, N., & Ramli, N. (2022). Mycelium-based composite : a way forward for renewable material. *Journal Of Sustainability Science And Management*, 17(1), 271-280. <https://doi.org/10.46754/jssm.2022.01.018>

Fillion, E. (2024). *La culture du mycélium : une production envisageable pour exploiter ses capacités thermiques dans le bâtiment ?* [Mémoire, Ecole nationale supérieure d'Architecture de Grenoble]

Fontaine, L. & Anger, R. (2009). *Bâtir en terre, du grain à l'architecture*. Cité des sciences et de l'industrie.

Flück M. (2005). *Guide Nature – Quel est donc ce champignon ?* Nathan

Früchtli, M., Senz, A., Sydow, S., Frank, J. B., Hohmann, A., Albrecht, S., Fischer, M., Holland, M., Wilhelm, F., & Christ, H. (2023). Sustainable Pultruded Sandwich Profiles with Mycelium Core. *Polymers*, 15(15), 3205. <https://doi.org/10.3390/polym15153205>

Fujii, H., Yoshida, K., & Sugimura, K. (2016). Research and Development Strategy in Biological Technologies : A Patent Data Analysis of Japanese Manufacturing Firms. *Sustainability*, 8(4), 351. <https://doi.org/10.3390/su8040351>

Gautam, A. K., Verma, R. K., Avasthi, S., Sushma, N., Bohra, Y., Devadatha, B., Niranjan, M., & Suwannarach, N. (2022). Current Insight into Traditional and Modern Methods in Fungal Diversity Estimates. *Journal Of Fungi*, 8(3), 226. <https://doi.org/10.3390/jof8030226>

Gauvin, F., Tsao, V., Vette, J., & Brouwers, H. J. H. (2022). Physical Properties and Hygrothermal Behavior of Mycelium-Based Composites as Foam-Like Wall Insulation Material. *Construction Technologies And Architecture*, 1, 643-651. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/cta.1.643>

Georgiev, G. V., & Nagai, Y. (2011). A conceptual network analysis of user impressions and meanings of product materials in design. *Materials & Design (1980-2015)*, 32(8-9), 4230-4240. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.04.024>

Chang, J., Chan, P. L., Xie, Y., Lee, K., MA, Cheung, M. K., & Kwan, H. S. (2019). Modified recipe to inhibit fruiting body formation for living fungal biomaterial manufacture. *PLoS ONE*, 14(5), e0209812. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209812>

Ghazvinian, A., Farroksiar, P., Vieira, F., Pecchia, J., & Gursoy, B. (2019). Mycelium-Based Bio-Composites for Architecture: Assessing the Effects of Cultivation Factors on Compressive Strength. *Blucher Design Proceedings*, 505-514. https://doi.org/10.5151/proceedings-ecaadesigradi2019_465

Ghazvinian, A., & Gursoy, B. (2022a). Basics of building with mycelium-based bio-composites. *Journal Of Green Building*, 17(1), 37-69. <https://doi.org/10.3992/jgb.17.1.37>

Ghazvinian, A., & Gursoy, B. (2022b). Mycelium-Based Composite Graded Materials: Assessing the Effects of Time and Substrate Mixture on Mechanical Properties. *Biomimetics*, 7(2), 48. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7020048>

Gillham, B. (2001). *The research interview*. Bloomsbury Publishing.

Girometta, C., Picco, A. M., Baiguera, R. M., Dondi, D., Babbini, S., Cartabia, M., Pellegrini, M., & Savino, E. (2019). Physico-Mechanical and Thermodynamic Properties of Mycelium-Based Biocomposites: A Review. *Sustainability*, 11(1), 281. <https://doi.org/10.3390/su11010281>

Gou, L., Li, S., Yin, J., Li, T., & Liu, X. (2021). Morphological and physico-mechanical properties of mycelium biocomposites with natural reinforcement particles. *Construction And Building Materials*, 304, 124656. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124656>

Grandreau, D. & Delboy, L. (2012). *Patrimoine mondial : inventaire de l'architecture de terre*, 2012. CRATerre-ENSAG.

Hadini, M. H., Susanto, D., Chalid, M., & Alkadri, M. F. (2024). Investigating the mechanical performance of mycelium biocomposite using Oil Palm Empty Fruit Bunch (OPEFB) fiber and pine sap bioresin as sandwich insulation panels. *Construction And Building Materials*, 448, 138173. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.138173>

Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (2017). Advanced Materials From Fungal Mycelium : Fabrication and Tuning of Physical Properties. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/srep41292>

Hawkins, H., Cargill, R. I., Van Nuland, M. E., Hagen, S. C., Field, K. J., Sheldrake, M., Soudzilovskaia, N. A., & Kiers, E. T. (2023). Mycorrhizal mycelium as a global carbon pool. *Current Biology*, 33(11), R560-R573. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.02.027>

Heisel, F., Schlesier, K., Lee, J., Rippmann, M., Saeidi, N., Javadian, A., A.R., Nugroho, Hebel D. & Block., P (2017). *Design of a load-bearing mycelium structure through informed structural engineering: The MycoTree at the 2017 Seoul Biennale of Architecture and Urbanism.* [Conference]. World Congress on Sustainable Technologies

Holt, G. A., McIntyre, G., Flagg, D., Bayer, E., Wanjura, J. D., & Pelletier, M. G. (2012). Fungal Mycelium and Cotton Plant Materials in the Manufacture of Biodegradable Molded Packaging Material: Evaluation Study of Select Blends of Cotton Byproducts. *Journal Of Biobased Materials And Bioenergy*, 6(4), 431-439. <https://doi.org/10.1166/jbmb.2012.1241>

Hoornweg, D. & Bhada-Tata, P. (2012). *What a waste: a global review of solid waste management.* Urban Development Series Knowledge Papers <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>

Houben, G. & Guillaud, H (2020). *Traité des constructions en terre.* CRAterre

Hsu, K., Chen, H., Wang, C., Lum, C., Wu, S., Lin, S., & Cheng, K. (2016). Extract of Ganoderma formosanum Mycelium as a Highly Potent Tyrosinase Inhibitor. *Scientific Reports*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/srep32854>

Hu, M., & Cao, X. (2025). Experimental Assessment of Multiple Properties of Mycelium-Based Composites with Sewage Sludge and Bagasse. *Materials*, 18(6), 1225. <https://doi.org/10.3390/ma18061225>

Irbe, I., Kirpluks, M., Kampuss, M., Andze, L., Milbreta, U., & Filipova, I. (2024). Assessing the Conformity of Mycelium Biocomposites for Ecological Insulation Solutions. *Materials*, 17(24), 6111. <https://doi.org/10.3390/ma17246111>

Islam, M. R., Tudry, G., Bucinell, R., Schadler, L., & Picu, R. C. (2017). Morphology and mechanics of fungal mycelium. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13295-2>

Jauk, J., Vasatko, H., Gosch, L., Christian, I., Klaus, A., & Stavric, M. (2021). *Digital Fabrication of Growth - Combining digital manufacturing of clay with natural growth of mycelium.* [Conference]. Proceedings Of The International Conference On Computer-Aided Architectural Design Research In Asia. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2021.1.753>

Jeong, Y., Kim, D., & Shin, H. (2023). Trametes orientalis Mycelium Mat, Can Be Used as an Alternative to Elastomers ? *Biotechnology And Bioprocess Engineering*, 28(4), 602-611. <https://doi.org/10.1007/s12257-023-0069-5>

Jiang, L., Walczyk., Mooney, L. & Putney, S. (2013). *Manufacturing of mycelium-based biocomposites.* [Conference]. International SAMPE Technical conference

Jiang, L., Walczyk, D., McIntyre, G., Bucinell, R., & Tudry, G. (2017). Manufacturing of biocomposite sandwich structures using mycelium-bound cores and preforms. *Journal Of Manufacturing Processes*, 28, 50-59. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2017.04.029>

Jin, Q., Zhang, Z., & Chen, J. (2024). A study on the thermal performance of Pleurotus Ostreatus/Straw mycelium composites and its application in building envelopes. *Journal Of Building Engineering*, 92, 109646. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109646>

Jin, Y., De, G., Wilson, N., Qin, Z., & Dong, B. (2025). Towards Carbon-Neutral Built Environment: A Critical Review of Mycelium-Based Composites. *Energy And Built Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2025.01.004>

- Jones, M., Bhat, T., Kandare, E., Thomas, A., Joseph, P., Dekiwadia, C., Yuen, R., John, S., Ma, J., & Wang, C. (2018). Thermal Degradation and Fire Properties of Fungal Mycelium and Mycelium - Biomass Composite Materials. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36032-9>
- Jones, M. P., Lawrie, A. C., Huynh, T. T., Morrison, P. D., Mautner, A., Bismarck, A., & John, S. (2019). Agricultural by-product suitability for the production of chitinous composites and nanofibers utilising *Trametes versicolor* and *Polyporus brumalis* mycelial growth. *Process Biochemistry*, 80, 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.01.018>
- Jose, J., Uvais, K. N., Sreenadh, T. S., Deepak, A. V., & Rejeesh, C. R. (2021). Investigations into the Development of a Mycelium Biocomposite to Substitute Polystyrene in Packaging Applications. *Arabian Journal For Science And Engineering*, 46(3), 2975-2984. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-05247-2>
- Joshi, K., Meher, M. K., & Poluri, K. M. (2020). Fabrication and Characterization of Bioblocks from Agricultural Waste Using Fungal Mycelium for Renewable and Sustainable Applications. *ACS Applied Biomaterials*, 3(4), 1884-1892. <https://doi.org/10.1021/acsabm.9b01047>
- Kaiser, R., Bridgens, B., Elsacker, E., & Scott, J. (2023). BioKnit: development of mycelium paste for use with permanent textile formwork. *Frontiers In Bioengineering And Biotechnology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1229693>
- Karana, E., Hekkert, P., & Kandachar, P. (2008). Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes. *Materials & Design (1980-2015)*, 30(7), 2778-2784. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.09.028>
- Karana, E., Pedgley, O., & Rognoli, V. (2015). On materials experience. *Design Issues*, 31(3), 16–27. https://doi.org/10.1162/DESI_a_00335
- Khamrai, M., Banerjee, S. L., & Kundu, P. P. (2018). A sustainable production method of mycelium biomass using an isolated fungal strain *Phanerochaete chrysosporium* : Its exploitation in wound healing patch formation. *Biocatalysis And Agricultural Biotechnology*, 16, 548–557. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.09.013>
- Khoo, S. C., Peng, W. X., Yang, Y., Ge, S. B., Soon, C. F., Ling, N., MA, & Sonne, C. (2020). Development of formaldehyde-free bio-board produced from mushroom mycelium and substrate waste. *Journal Of Hazardous Materials*, 400, 123296. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123296>
- Khyaju, S. & Luangharn, T. (2024). Diverse use of mushroom mycelium-based as biomaterial products: a mini review. *Fungal Biotec* 4(1), 56-67 10.5943/FunBiotec/4/1/4
- Kinloch, A.J. (1987). *Adhesion and Adhesives. Science and Technology*. Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7764-9>
- Kirdök, O., Altun, D. A., Dahy, H., Strobel, L., Tuna, E. E. H., Köktürk, G., Çakır, Ö. A., Tokuç, A., Özkan, F., & Şendemir, A. (2022). *Design studies and applications of mycelium biocomposites in architecture*. Elsevier eBooks (p. 489-527). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821053-6.00004-7>
- Kitzinger, J., Marková, I., & Kalampalikis, N. (2004). Qu'est-ce que les focus groups ? *Bulletin de psychologie*, 57(3), 237–243. <https://hal.science/halshs-00533472>

Kjeldsen, A., Price, M., Lilley, C. & Guzniczal, E. (2018). *A review of standards for biodegradable plastics*. IBioIC.

Kniep, J., Graupner, N., Reimer, J. J., & Müssig, J. (2024). Mycelium-based biomimetic composite structures as a sustainable leather alternative. *Materials Today Communications*, 39, 109100. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2024.109100>

Kohphaisansombat, C., Jongpipitaporn, Y., Laoratanakul, P., Tantipaibulvut, S., Euanorasetr, J., Rungjindamai, N., Chuaseeharonnachai, C., Kwantong, P., Somrithipol, S., & Boonyuen, N. (2023). Fabrication of mycelium (oyster mushroom)-based composites derived from spent coffee grounds with pineapple fibre reinforcement. *Mycology, An International Journal On Fungal Biology*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/21501203.2023.2273355>

Kowalczyk, J. E., Peng, M., Pawlowski, M., Lipzen, A., Ng, V., Singan, V., Wang, M., Grigoriev, I. V., & Mäkelä, M. R. (2019). The White-Rot Basidiomycete *Dichomitus squalens* Shows Highly Specific Transcriptional Response to Lignocellulose-Related Aromatic Compounds. *Frontiers In Bioengineering And Biotechnology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00229>

Kumla, J., Suwannarach, N., Sujarit, K., Penkhru, W., Kakumyan, P., Jatuwong, K., Vadhanarat, S., & Lumyong, S. (2020). Cultivation of Mushrooms and Their Lignocellulolytic Enzyme Production Through the Utilization of Agro-Industrial Waste. *Molecules*, 25(12), 2811. <https://doi.org/10.3390/molecules25122811>

Kurabayashi, T., Lankinen, P., Hietala, S., & Mikkonen, K. S. (2021). Dense and continuous networks of aerial hyphae improve flexibility and shape retention of mycelium composite in the wet state. *Composites Part A Applied Science And Manufacturing*, 152, 106688. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2021.106688>

Läkk, H., Krijgsheld, P., Montalti, M. & Wösten, H. (2018). *Fungal Based Biocomposite for Habitat Structures on the Moon and Mars*. [Conference]. 69th International Astronautical Congress (IAC), Bremen, Germany

Larousse (2024). *Fongique*. Dans Larousse

Lazaro Vasquez, E.S., & Vega, K. (2019). *Demo: from plastic to biomaterials: prototyping DIY electronics with mycelium*. [Conference] UbiComp/ISWC '19 Adjunct. <https://doi.org/10.1145/3341162.3343808>

Lee, J. (2018). *Computational design framework for 3D Graphic Statics*. [Thèse de doctorat, ETH Zurich]

Lee, Y. J. (2024). The biohybrid assembly. *International Journal Of Architectural Computing*. <https://doi.org/10.1177/14780771241296267>

Lee, T., & Choi, J. (2021). Mycelium-composite panels for atmospheric particulate matter adsorption. *Results In Materials*, 11, 100208. <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2021.100208>

Lelivelt, R.J.J. (2015). *The mechanical possibilities of mycelium materials*. [Memoire, Eindhoven university of technology]

Li, H., Zhao, H., Gao, Z., Song, X., Wang, W., Yuan, F., Feng, Y., Zhang, Y., Zhang, J., Zhang, S., & Jia, L. (2019). The Antioxidant and Anti-Aging Effects of Acetylated Mycelia Polysaccharides from Pleurotus djamor. *Molecules*, 24(15), 2698. <https://doi.org/10.3390/molecules24152698>

Li, K., Jia, J., Wu, N., & Xu, Q. (2022). Recent advances in the construction of biocomposites based on fungal mycelia. *Frontiers In Bioengineering And Biotechnology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1067869>

Lim, A. C. S., & Thomsen, M. R. (2021). Multi-Material Fabrication for Biodegradable Structures - Enabling the printing of porous mycelium composite structures. *eCAADe Proceedings*. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2021.1.085>

Lin, N., Taghizadehmakoei, A., Polovina, L., McLean, I., Santana-Martínez, J. C., Naese, C., Moraes, C., Hallam, S. J., & Dahmen, J. (2024). 3D Bioprinting of Food Grade Hydrogel Infused with Living Pleurotus ostreatus Mycelium in Non-sterile Conditions. *ACS Applied Bio Materials*, 7(5), 2982-2992. <https://doi.org/10.1021/acsabm.4c00048>

Lingam, D., Narayan, S., Mamun, K., & Charan, D. (2023). Engineered mycelium-based composite materials: Comprehensive study of various properties and applications. *Construction And Building Materials*, 391, 131841. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131841>

Liu, R., Long, L., Sheng, Y., Xu, J., Qiu, H., Li, X., Wang, Y., & Wu, H. (2019). Preparation of a kind of novel sustainable mycelium/cotton stalk composites and effects of pressing temperature on the properties. *Industrial Crops And Products*, 141, 111732. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111732>

Liu, R., Li, X., Long, L., Sheng, Y., Xu, J., & Wang, Y. (2020). Improvement of mechanical properties of mycelium/cotton stalk composites by water immersion. *Composite Interfaces*, 27(10), 953-966. <https://doi.org/10.1080/09276440.2020.1716573>

Livne, A., Wösten, H. A. B., Pearlmutter, D., & Gal, E. (2022). Fungal Mycelium Bio-Composite Acts as a CO₂-Sink Building Material with Low Embodied Energy. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 10(37), 12099-12106. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c01314>

Livne, A., Pearlmutter, D., Gal, E., & Wösten, H. A. (2024). Increased CO₂ fixation and reduced embodied energy of mycelium bio-composite materials grown on a mixed substrate over diurnal temperature cycles. *Construction And Building Materials*, 421, 135566. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135566>

Mahdad, M.; Brara, S. & Ait Said, S. (2014). *Etude expérimentale du comportement mécanique des blocs et murets de terre stabilisé par ajout de ciment et chaux*. [Conference] Colloque International « Défis et Perspectives de l'Habitat en Algérie : Comprendre Pour Mieux Agir »

Manzini, E. (2008). New design knowledge. *Design Studies*, 30(1), 4-12. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2008.10.001>

Maraveas, C. (2020). Production of Sustainable Construction Materials Using Agro-Wastes. *Materials*, 13(2), 262. <https://doi.org/10.3390/ma13020262>

Martin, F. (2022). *La forêt hyperconnectée*. Salamandre

Matos, M. P., Teixeira, J. L., Nascimento, B. L., Griza, S., Holanda, F. S. R., & Marino, R. H. (2019). Production of biocomposites from the reuse of coconut powder colonized by Shiitake mushroom. *Ciência E Agrotecnologia*, 43. <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943003819>

Mayne, R., Roberts, N., Phillips, N., Weerasekera, R., & Adamatzky, A. (2023). Propagation of electrical signals by fungi. *Biosystems*, 229, 104933. <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2023.104933>

- Mbabali, H., Lubwama, M., Yiga, V. A., Were, E., & Kasedde, H. (2023). Development of Rice Husk and Sawdust Mycelium-Based Bio-composites: Optimization of Mechanical, Physical and Thermal Properties. *Journal Of The Institution Of Engineers (India) Series D*, 105(1), 97-117. <https://doi.org/10.1007/s40033-023-00458-x>
- McDonough, W. & Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*.
- Menon, R. R., Luo, J., Chen, X., Zhou, H., Liu, Z., Zhou, G., Zhang, N., & Jin, C. (2019). Screening of Fungi for Potential Application of Self-Healing Concrete. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39156-8>
- Mertens, A. (2019). *Bamboo construction, qualitative indicators for housing: case study in Bali, Indonesia* [Mémoire, Université de Liège] <http://hdl.handle.net/2268.2/8102>
- Meyer, V., Wu, B., & Ram, A. F. J. (2010). Aspergillus as a multi-purpose cell factory : current status and perspectives. *Biotechnology Letters*, 33(3), 469-476. <https://doi.org/10.1007/s10529-010-0473-8>
- Miraucourt, D. (2017). *Stabilisation du matériau terre crue pour application en brique de terre comprimée au Burkina Faso*. [Mémoire, Université de Liège].
- Morgan, D.L. (2002). *Focus groups as qualitative research* (2,16). Sage publications
- Moser, F. J., Hillringhaus, F., Reimer, J. J., Jacobs, G., Trautz, M., Wormit, A., Usadel, B., Löwer, M., & Beger, A. (2017). *Fungal mycelium as a building material*. [Conference]. Proceedings of the IASS Annual Symposium 2017: Interfaces: architecture.engineering.science, Hamburg, Germany.
- Muchovej, R. M. C., & Pacovsky, R. S. (1997). *Future Directions of By-Products and Wastes in Agriculture*. ACS symposium series (p. 1 19). <https://doi.org/10.1021/bk-1997-0668.ch001>
- Nashiruddin, N. I., Chua, K. S., Mansor, A. F., Rahman, R. A., Lai, J. C., Azelee, N. I. W., & Enshasy, H. E. (2021). Effect of growth factors on the production of mycelium-based biofoam. *Clean Technologies And Environmental Policy*, 24(1), 351-361. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02146-4>
- Nations unies. (2015). *Convention-cadre sur les changements climatiques - Adoption de l'accord de Paris*. Nation Unies
- Nava, J. A. L., González, J. M., Chacón, X. R., & Luna, J. A. N. (2015). Assessment of Edible Fungi and Films Bio-Based Material Simulating Expanded Polystyrene. *Materials And Manufacturing Processes*, 31(8), 1085-1090. <https://doi.org/10.1080/10426914.2015.1070420>
- Ng, S., Song, B., & Fernandez, J. G. (2020). Environmental attributes of fungal-like adhesive materials and future directions for bioinspired manufacturing. *Journal Of Cleaner Production*, 282, 125335. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125335>
- Ng, W., Barati, B., & Karana, E. (2022). Healing with Fungi : Unique Aesthetic Expressions for Mycelium-Based Materials Through Patch and Mend. *With Design : Reinventing Design Modes* (p. 3253-3267). https://doi.org/10.1007/978-981-19-4472-7_210
- Nguyen, M. T., Solueva, D., Spyridonos, E., & Dahy, H. (2022). Mycomerge: Fabrication of Mycelium-Based Natural Fiber Reinforced Composites on a Rattan Framework. *Biomimetics*, 7(2), 42. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7020042>

Ongpeng, J. M. C., Inciong, E., Sendo, V., Soliman, C., & Siggaoat, A. (2020). Using Waste in Producing Bio-Composite Mycelium Bricks. *Applied Sciences*, 10(15), 5303. <https://doi.org/10.3390/app10155303>

Özdemir, E., Saeidi, N., Javadian, A., Rossi, A., Nolte, N., Ren, S., Dwan, A., Acosta, I., Hebel, D. E., Wurm, J., & Eversmann, P. (2022). Wood-Veneer-Reinforced Mycelium Composites for Sustainable Building Components. *Biomimetics*, 7(2), 39. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7020039>

Pallasmaa, J. (2014). Space, place and atmosphere. Emotion and peripherical perception in architectural experience. *Lebenswelt Aesthetics And Philosophy Of Experience*, 4(4). <https://doi.org/10.13130/2240-9599/4202>

Papadopoulos, A. (2004). State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments. *Energy And Buildings*, 37(1), 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.05.006>

Parisi, S., Rognoli, V., & Sonneveld, M. (2017). Material Tinkering: An inspirational approach for experiential learning and envisioning in product design education. *The Design Journal*, 20(sup1), S1167-S1184. <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1353057>

Paulus, J. (2015). *Construction en terre crue : dispositions qualitatives, constructives et architecturale. Application à un cas pratique : Ouagadougou*. [Mémoire, Université de Liège]

Pawlak, D. & Balka, M. (2022). *Biocomposites for structural design in space - mycelium materials and mWALLd concept* [Conference]. 73th International Astronautical Congress (IAC), Paris, France.

Pawlak, D. & Balka, M. (2023). *Improvement in mechanical properties of fungal-bacterial biocomposites as space construction material- transgenic microorganisms in mWALLd* [Conference]. 74th International Astronautical Congress (IAC), Baku, Azerbaijan.

Pelletier, M., Holt, G., Wanjura, J., Bayer, E., & McIntyre, G. (2013). An evaluation study of mycelium based acoustic absorbers grown on agricultural by-product substrates. *Industrial Crops and Products*, 51, 480-485. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.09.008>

Pelletier, M., Holt, G., Wanjura, J., Lara, A., Tapia-Carillo, A., McIntyre, G., & Bayer, E. (2016). An evaluation study of pressure-compressed acoustic absorbers grown on agricultural by-products. *Industrial Crops And Products*, 95, 342-347. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.042>

Pelletier, M., Holt, G., Wanjura, J., Greetham, L., McIntyre, G., Bayer, E., & Kaplan-Bie, J. (2019). Acoustic evaluation of mycological biopolymer, an all-natural closed cell foam alternative. *Industrial Crops and Products*, 139, 111533. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111533>

Pirlot, JM. (2021). *Les polypores de Wallonie : clé de détermination macroscopique* (tome 1). Département de l'étude du milieu naturel et agricole.

Pohl, C., Schmidt, B., Guitar, T. N., Klemm, S., Gusovius, H., Platzk, S., Kruggel-Emden, H., Klunker, A., Völlmecke, C., Fleck, C., & Meyer, V. (2022). Establishment of the basidiomycete Fomes fomentarius for the production of composite materials. *Fungal Biology And Biotechnology*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40694-022-00133-y>

Rafiq, Y. M., Rahmah, S. S., & Ahmad, B. (2020). Study of composite hardness with ganoderma boninense mushroom as filler. *The European Proceedings Of Social & Behavioural Sciences*. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2020.03.03.84>

Rahman, A. M., Bhardwaj, A., Pei, Z., Ufodike, C., & Castell-Perez, E. (2022). The 3D Printing of Biomass–Fungi Composites: Effects of Waiting Time after Mixture Preparation on Mechanical Properties, Rheological Properties, Minimum Extrusion Pressure, and Print Quality of the Prepared Mixture. *Journal Of Composites Science*, 6(8), 237. <https://doi.org/10.3390/jcs6080237>

Raman, J., Kim, D., Kim, H., Oh, D., & Shin, H. (2022). Mycofabrication of Mycelium-Based Leather from Brown-Rot Fungi. *Journal Of Fungi*, 8(3), 317. <https://doi.org/10.3390/jof8030317>

Rashdan, W., & Ashour, A. F. (2024). “Growing Design”: The Role of Mycelium-Based Materials in Interior and Furniture Design. *The International Journal Of Designed Objects*, 18(2), 37-62. <https://doi.org/10.18848/2325-1379/cgp/v18i02/37-62>

Rapior, S., & Fons, F. (2006). *La classification des champignons*. <https://hal.umontpellier.fr/hal-02264977v1>

Răut, I., Călin, M., Vuluga, Z., Oancea, F., Paceagiu, J., Radu, N., Doni, M., Alexandrescu, E., Purcar, V., Gurban, A., Petre, I., & Jecu, L. (2021). Fungal Based Biopolymer Composites for Construction Materials. *Materials*, 14(11), 2906. <https://doi.org/10.3390/ma14112906>

Raux, C., Souche S., Vaskova L. (2007). *Les figures de l'acceptabilité. Le calcul économique dans le processus de choix collectif des investissements de transport*, 432-454.

Ridzqo, I. F., Susanto, D., Panjaitan, T. H., & Putra, N. (2020). Sustainable Material: Development Experiment of Bamboo Composite Through Biologically Binding Mechanism. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 713(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/713/1/012010>

Rigobello, A. (2023). *On mycoboscus – design strategies and epistemology of a novel sustainable craft*. [Thèse de doctorat, Royal Danish academy]

Rogers, E.M. (1983). *Diffusion of innovations* (3). The Free Press

Saez, D., Grizmann, D., Trautz, M. & Werner, A. (2021). *Developing sandwich panels with a mid-layer of fungal mycelium composite for a timber panel construction system*. [Conference]. World Conference on Timber Engineering 2021, Santiago, Chile

Saha, B. C. (2003). Hemicellulose bioconversion. *Journal Of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 30(5), 279-291. <https://doi.org/10.1007/s10295-003-0049-x>

Santhosh, B., Bhavana D. & Rakesh, M. (2018). Mycelium composites: an emerging green building material. *International Research Journal of Engineering and Technology* 5(6) 3066-3068.

Schritt, H., Vidi, S., & Pleissner, D. (2021). Spent mushroom substrate and sawdust to produce mycelium-based thermal insulation composites. *Journal Of Cleaner Production*, 313, 127910. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127910>

Seethapathy, P., Subramani, T., Ayrilmis, N., & Patil, H. (2024). Therapeutic and Environmental Potential of Mushrooms in Ancient and Modern Contexts: A Review. *International Journal of Medicinal Mushrooms*. <https://doi.org/10.1615/intjmedmushrooms.2024057764>

Shao, G., Yang, P., & Jiang, W. (2016). *Research and Preparation of Mycelium-Soybean Straw Composite. Materials*. [Conference] 2nd Annual International Conference on Advanced Material. <https://doi.org/10.2991/ame-16.2016.2>

Sharifi, N., Sho, Y., Park, D., Noone, M., & Memarandadgar, K. (2024). Regenerative Material-Human Ecologies: Investigating Mycelium for Living and Decentralized Architectures in Rwanda. *Sustainable development goals series* (p. 563-579). https://doi.org/10.1007/978-3-031-36554-6_36

Sharma, D., & Ferrand, H. L. (2025). Exceptional Strength of Mycelium-Bound Composite: A Sustainable Brick Alternative for Construction. *The minerals, metals & materials series* (p. 35-45). https://doi.org/10.1007/978-3-031-81190-6_4

Sheldrake, M., (2022). *Le monde caché, comment les champignons façonnent notre monde et influencent nos vies* (1). Pocket

Shin, H., & Ro, H., & Kawauchi, M., & Honda, Y. (2025). Review on mushroom mycelium-based products and their production process: from upstream to downstream. *Bioresources and Bioprocessing*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40643-024-00836-7>

Silverman, J., Cao, H., & Cobb, K. (2020). Development of Mushroom Mycelium Composites for Footwear Products. *Clothing And Textiles Research Journal*, 38(2), 119-133. <https://doi.org/10.1177/0887302x19890006>

Sivaprasad, S., Byju, S. K., Prajith, C., Shaju, J., & Rejeesh, C. (2021). Development of a novel mycelium bio-composite material to substitute for polystyrene in packaging applications. *Materials Today Proceedings*, 47, 5038-5044. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.622>

Soh, E., Chew, Z. Y., Saeidi, N., Javadian, A., Hebel, D., & Ferrand, H. L. (2020). Development of an extrudable paste to build mycelium-bound composites. *Materials & Design*, 195, 109058. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2020.109058>

Speck, O., & Speck, T. (2019). An Overview of Bioinspired and Biomimetic Self-Repairing Materials. *Biomimetics*, 4(1), 26. <https://doi.org/10.3390/biomimetics4010026>

Speelman, L. & Numata, Y. (2022). *A theory of Rapid transition – How S-curves work and what we can do to accelerate them*. RMI

Sreerag, N. K., Kashyap, P., Shilpa, V. S., Thakur, M., & Goksen, G. (2024). Recent Advances on Mycelium Based BioComposites: Synthesis, Strains, Lignocellulosic Substrates, Production Parameters. *Polymer Reviews*, 1-30. <https://doi.org/10.1080/15583724.2024.2423949>

Stamets, P. (2005). *Mycelium running: How mushrooms can help save the world*. Stamets.

Stamets, P. (2022). *Hallucinants champignons : leurs extraordinaires pouvoir sur la santé, l'esprit et la planète*. Ulmer.

Stelzer, L., Hoberg, F., Bach, V., Schmidt, B., Pfeiffer, S., Meyer, V., & Finkbeiner, M. (2021). Life Cycle Assessment of Fungal-Based Composite Bricks. *Sustainability*, 13(21), 11573. <https://doi.org/10.3390/su132111573>

Sun, W., Tajvidi, M., Hunt, C. G., McIntyre, G., & Gardner, D. J. (2019). Fully Bio-Based Hybrid Composites Made of Wood, Fungal Mycelium and Cellulose Nanofibrils. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40442-8>

Sun, W., Tajvidi, M., Howell, C., & Hunt, C. G. (2022). Insight into mycelium-lignocellulosic bio-composites: Essential factors and properties. *Composites Part A Applied Science and Manufacturing*, 161, 107125. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2022.107125>

Sun, W., Tajvidi, M. & Hunt C.G. (2023). *Fungal Mycelia as bioadhesives*. Manfred, Dunky; ; Mittal, KL <https://doi.org/10.1002/9781394175406.ch16>

Sydror, M., Cofta, G., Doczekalska, B., & Bonenberg, A. (2022). Fungi in Mycelium-Based Composites: Usage and Recommendations. *Materials*, 15(18), 6283. <https://doi.org/10.3390/ma15186283>

Tacer-caba, Z., Varis, J. J., Lankinen, P., & Mikkonen, K. S. (2020). Comparison of novel fungal mycelia strains and sustainable growth substrates to produce humidity-resistant biocomposites. *Materials & Design*, 192, 108728. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2020.108728>

Teixeira, J. L., Matos, M. P., Nascimento, B. L., Griza, S., Holanda, F. S. R., & Marino, R. H. (2018). Production and mechanical evaluation of biodegradable composites by white rot fungi. *Ciência E Agrotecnologia*, 42(6), 676-684. <https://doi.org/10.1590/1413-70542018426022318>

Teeraphantuvat, T., Jaturwong, K., Jinanukul, P., Thamjaree, W., Lumyong, S., & Aidiang, W. (2024). Improving the Physical and Mechanical Properties of Mycelium-Based Green Composites Using Paper Waste. *Polymers*, 16(2), 262. <https://doi.org/10.3390/polym16020262>

Thackara, J. (2006). *In the bubble: designing in a complex world*. MIT Press

Trabelsi, M., Mamun, A., Klöcker, M., Brockhagen, B., Kinzel, F., Kapanadze, D., & Sabantina, L. (2021). Polyacrylonitrile (PAN) nanofiber mats for mushroom mycelium growth investigations and formation of mycelium-reinforced nanocomposites. *Journal Of Engineered Fibers and Fabrics*, 16. <https://doi.org/10.1177/15589250211037982>

Tsao, Y. (2020). *Characterization of mycelium-based composites as foam-like wall insulation material* [Mémoire, Eindhoven University of technology].

Tudrym, G. J., Smith, L. C., Freitag, J., Bucinell, R., & Schadler, L. S. (2017). Processing and Morphology Impacts on Mechanical Properties of Fungal Based Biopolymer Composites. Tudrym, G. J., Smith, L. C., Freitag, J., Bucinell, R., & Schadler, L. S. (2017). Processing and Morphology Impacts on Mechanical Properties of Fungal Based Biopolymer Composites. *Journal Of Polymers and The Environment*, 26(4), 1473-1483. [https://doi.org/10.1007/s10924-017-1047-926\(4\), 1473-1483. https://doi.org/10.1007/s10924-017-1047-9](https://doi.org/10.1007/s10924-017-1047-926(4), 1473-1483. https://doi.org/10.1007/s10924-017-1047-9)

Vallas, T. (2016). *Les végétaux vivants dans l'architecture – construire une habitation à base de matériaux vivants*. [Mémoire, Université de Liège]. <http://hdl.handle.net/2268.2/1649>

Vandelook, S., Elsacker, E., Van Wylick, A., De Laet, L., & Peeters, E. (2021). Current state and future prospects of pure mycelium materials. *Fungal Biology and Biotechnology*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40694-021-00128-1>

Van Den Broek, S. (2024). Material experience and user acceptance of mycelium bio-composite insulation in the construction industry through interdisciplinary co-design. *Proceedings Of DRS*. <https://doi.org/10.21606/drs.2024.525>

Vanden Elsacker, E (2021). *Mycelium matters – an interdisciplinary exploration of the fabrication and properties of mycelium-based materials*. [Thèse de doctorat, Vrije Universiteit brussel]

Van der Linden, J. (2021). *Séminaire bâtiment durable – terre crue et construction contemporaine à Bruxelles*. Bruxelles environnement.

Van Wylick, A., Elsacker, E., Yap, L. L., Peeters, E., & De Laet, L. (2022). Mycelium Composites and their Biodegradability : An Exploration on the Disintegration of Mycelium-Based Materials in Soil. *Construction Technologies And Architecture*, 1, 652-659. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/cta.1.652>

Vašatko, H., Gosch, L., Jauk, J., & Stavric, M. (2022). Basic Research of Material Properties of Mycelium-Based Composites. *Biomimetics*, 7(2), 51. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7020051>

Velasco, P. M., Ortiz, M. P. M., Giro, M. A. M., Castelló, M. C. J., & Velasco, L. M. (2014). Development of better insulation bricks by adding mushroom compost wastes. *Energy And Buildings*, 80, 17-22. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.05.005>

Vezzoli, C., Kohtala, C. & Srinivasan. A. (2014). *Product-service system design for sustainability*. Greenleaf publishing limited.

Vidholdovà, Z., Kormùthovà; D., Izdinsky, J. & Lagana, R (2019). Compressive resistance of the mycelium composite. *Forestry and Wood Technology* (107), 31-36.

Volk, R., Schröter, M., Saeidi, N., Steffl, S., Javadian, A., Hebel, D. E., & Schultmann, F. (2024). Life cycle assessment of mycelium-based composite materials. *Resources Conservation and Recycling*, 205, 107579. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107579>

Wang DY, Kumar S, Hedges SB (1999) Divergence time estimates for the early history of animal phyla and the origin of plants, animals and fungi. *Proc Biol Sciences* 266:163-171. <https://doi.org/10.1098/rspb.1999.0617>

Wang, X., Zhang, Z., & Zhao, M. (2015). Carboxymethylation of polysaccharides from Tremella fuciformis for antioxidant and moisture-preserving activities. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72, 526 530. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.08.045>

Wang, Z., Wang, H., Kang, Z., Wu, Y., Xing, Y., & Yang, Y. (2020). Antioxidant and anti-tumour activity of triterpenoid compounds isolated from *Morchella* mycelium. *Archives Of Microbiology*, 202(7), 1677 1685. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-01876-1>

Wang, J., Xihui Liu, S., Lee, K.. (2024). Unraveling the sensorial properties in material identity innovation: a study on mycelium-based composite. *Proceedings Of DRS*. <https://doi.org/10.21606/drs.2024.534>

Weinland, F., Lingner, T., Schritt, H., Grndl, D., Reintjes, N., & Schüler, M. (2024). Life cycle assessment of mycelium based composite acoustic insulation panels. *Cleaner And Circular Bioeconomy*, 9, 100106. <https://doi.org/10.1016/j.cclb.2024.100106>

Wildman, J., Shea, A., Henk, D., Naido, M., & Walker, P. (2025). Towards Circular and Sustainable Insulation Solutions: Resolving Uncertainty in the Thermal Conductivity of Mycelium-Based Composites (MBCs). *Lecture notes in civil engineering* (p. 539-550). https://doi.org/10.1007/978-3-031-69626-8_45

Wimmers, G., Klick, J., Tackaberry, L., Zwiesigk, C., Egger, K. & Massicotte, H. (2019). Fundamental studies for designing insulation panels from wood shavings and filamentous fungi. *BioResources*, 14(3), 5506-5520.

Xing, Y., Brewer, M., El-Gharabawy, H., Griffith, G., & Jones, P. (2018). Growing and testing mycelium bricks as building insulation materials. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 121, 022032. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/121/2/022032>

Xu, S., Hui, C., Liu, K., Zhou, X., Zhang, S., Kong, W., & Li, C. (2024). Formaldehyde-free mycelium composites production from spent mushroom substrates for particleboard substitution: Physical, antimicrobial, and environmental assessments. *Chemical Engineering Journal*, 482, 149170. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.149170>

Yang, Z., Zhang, F., Still, B., White, M., & Amstislavski, P. (2017). Physical and Mechanical Properties of Fungal Mycelium-Based Biofoam. *Journal Of Materials In Civil Engineering*, 29(7). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0001866](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0001866)

Yang, L., Park, D., & Qin, Z. (2021). Material Function of Mycelium-Based Bio-Composite : A Review. *Frontiers In Materials*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmats.2021.737377>

Zhang, X., Fan, X., Han, C., Li, Y., Price, E., Wnek, G., Liao, Y. T., & Yu, X. (2021). Novel strategies to grow natural fibers with improved thermal stability and fire resistance. *Journal Of Cleaner Production*, 320, 128729. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128729>

Zhang, X., Hu, J., Fan, X., & Yu, X. (2022). Naturally grown mycelium-composite as sustainable building insulation materials. *Journal Of Cleaner Production*, 342, 130784. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130784>

Ziegler, A., Bajwa, S., Holt, G., McIntyre, G., Bajwa, D. (2016) Evaluation of Physico-Mechanical Properties of Mycelium Reinforced Green Biocomposites Made from Cellulosic Fibers. *Applied Engineering In Agriculture*, 32(6), 931-938. <https://doi.org/10.13031/aea.32.11830>

Zimele, Z., Irbe, I., Grinins, J., Bikovens, O., Verovkins, A., & Bajare, D. (2020). Novel Mycelium-Based Biocomposites (MBB) as Building Materials. *Journal of renewable materials*, 8(9), 1067-1076. <https://doi.org/10.32604/jrm.2020.09646>

Zolotovsky, K. (2017). *Guided growth: design and computation of biologically active materials* [Thèse de doctorat, Massachusetts Institute of technology]

Webographie

- Atoke, R. (2013). *La terre crue en architecture – mieux connaitre le matériau pour mieux l'adapter et l'utiliser*. Global Archiconsult.
- Charlot, C. (2022). *Un petit poucet belge veut révolutionner l'isolation...entre autres*. Trends-tendances
- Cultiver les champignons (2023). *Comment fabriquer votre propre brique de champignon ?* [Youtube]. https://www.youtube.com/@cultiver_les_champignons
- Ecovative (2025). *Mycelium 101: What is mycelium.* Ecovative. <https://www.ecovative.com/pages/mycelium-101>
- Ecovative (s.d.). *We grow better materials.* Ecovative <https://ecovative.com/#>
- Ecovative (s.d.). *Myshroom packaging.* Ecovative. <https://mushroompackaging.com/>
- Gobert, Q. (2025). *L'incubation des substrats pour la culture des champignons.* La mycosphère [L'incubation des substrats pour la culture de champignons – La Mycosphère](https://lamycosphere.com/blogs/the-futur-is-fungi/l-incubation-des-substrats-pour-la-culture-de-champignons---La-Mycosphere)
- Gobert, Q. (2024). *Le Trichoderma : Allié ou Ennemi ? Comprendre son Rôle en Myciculture.* La mycosphère <https://lamycosphere.com/blogs/the-futur-is-fungi/le-trichoderma-alliee-ou-ennemi-comprendre-son-role-en-myciculture-et-agriculture>
- Gobert, Q. (2020). *Petit lexique des termes mycicoles barbares.* La mycosphère. <https://lamycosphere.com/blogs/the-futur-is-fungi/lexique>
- Grown Bio. (s.d.). *Interiors - GROWN bio.* GROWN Bio. <https://www.grown.bio/product-category/interiors/>
- Guide du bâtiment durable (2024). *Construction en terre crue.* Guide bâtiment durable <https://guidebatimentdurable.brussels/construction-terre-crue>
- Isolation-info.be (2025). *Tableau comparatif : la performance des isolants thermiques.* Bobex.be. <https://www.isolation-info.be/isolation/performance-des-isolants-thermiques/>
- Loop Biotech. (2025). *Loop Biotech - Let's enrich nature (main).* <https://loop-biotech.com/>
- MIT (2024). *Spores for sustainability: MycoHAB opens the world's first structural mycelium building.* MIT. <https://exec.mit.edu/s/blog-post/spores-for-sustainability-mycohab-opens-the-world-s-first-structural-mycelium-bu-MCAVKUT77KV5GM7LWYEB6EISZWZU>
- Mogu. (2025). *Mogu Acoustic Panels with Mycelium.* Mogu. <https://mogu.bio/mycelium-acoustic-panels/>
- MycoHAB (s.d.) *Materials.* MYCOHAB. <https://www.bio-hab.org/>
- Mycotex. (s.d.). *Mycotex by Neffa / home.* Mycotex by Neffa. <https://www.mycotex.nl/>
- Mycosphere (s.d.). *Pasteurisation et stérilisation.* La mycosphère. <https://lamycosphere.com/pages/pasteurisation-et-sterilisation>
- Mycosphere (s.d.). *The futur is fungi – blogs.* La mycosphère. <https://lamycosphere.com/blogs/the-futur-is-fungi>

Mycoworks. (2025). *Myco Works - Growing the Future of Materials with Fine Mycelium™*. MycoWorks. <https://www.mycoworks.com/>

Mycoworks (s. d.). *Made with ReishiTM*. Mycoworks. <https://reishi.mycoworks.com/>

Myforest FOODS. (s. d.). *MyBacon: a delicious plant-based alternative made with meatless farm-grown mycelium*. MyFOREST FOODS. <https://myforestfoods.com/mybacon>

Navaro, M. (2025) *Natural Insulation, what you need to know*. Criticalconcrete. [Natural Insulation, what you need to know - Critical Concrete](https://criticalconcrete.com/natural-insulation-what-you-need-to-know-critical-concrete)

Novobiom. (s.d.). *Fungal biotechnologies*. Novobiom. <https://www.novobiom.com/>

PermaFungi. (s.d.). *Myco-matériaux*. Permafungi. <https://www.permafungi.be/permateria/>

Purifungi (s.d.). Purifying cigarette butts with fungi. <https://www.purifungi.com/>

RenoCopro (s.d.). *Eémenterre - Etienne Guillaume*. RenoCopro <https://www.renocopro.be/professionnels/elementerre-etienne-guillaume>

Rizzo, A. & Sipp, T. (2010). *Les champignons pourront-ils sauver le monde ?* [Film] Les Films d'ici, ARTE GEIE.

Wattier, F., Coornaert, F., Eandi, M. & Kalika, S. (2019). *Mycelium Carboard insulation*. Critical concrete. <https://criticalconcrete.com/mycelium-cardboard-insulation/>

Table des figures

Figure 1 - Du linéaire au circulaire : repenser les matériaux (adapté de Almpani-Lekka et al., 2021, p2)	10
Figure 2 - Le mycélium : une alternative biosourcée	12
Figure 3 - Evolution annuelle du nombre de publications scientifiques recensées sur Scopus contenant les mots clés « mycélium » et « construction » et « biocomposite »	13
Figure 4 - Organisation du projet de fin d'étude.....	16
Figure 5 - Méthodologie de sélection des sources documentaires	17
Figure 6 - Cycle de vie des champignons.....	18
Figure 7 - Mycorizhiens	19
Figure 8 - Saprophytes.....	19
Figure 9 - Parasites.....	19
Figure 10 - Diversité fongique dans la nature.....	20
Figure 11 - Anatomie simplifiée.....	21
Figure 12 - Vue schématique de la structure du mycélium à différentes échelles (adapté de Haneef et al., 2017, p2)	21
Figure 13 - Classification des types d'hyphes et de trames (adapté de Shin et al., 2025, p6)	22
Figure 14 - Un matériau qui pousse : les applications du mycélium	24
Figure 15 - Application du mycélium	26
Figure 16 - Filières de production des matériaux biosourcés à base de mycélium (adapté de Fillion, 2024)	27
Figure 17 - Distribution des genres fongiques utilisés dans la fabrication des MBC selon la littérature.....	28
Figure 18 - Distribution des espèces fongiques par genre utilisés dans la fabrication des MBC selon la littérature.....	29
Figure 19 - Pleurotus ostreatus.....	30
Figure 20 - Ganoderma lucidum.....	30
Figure 21 - Trametes versicolor	30
Figure 22 - Types de substrats utilisés dans la fabrication des MBC selon la littérature	31
Figure 23 – Cycle de vie des MBC (adapté de Jin et al., 2025, p8)	37
Figure 24 - Projets d'architecture fongique phare à travers le monde (adapté de Aiduang et al., 2022, p17)	39
Figure 25 - La roue des techniques de construction en terre crue (Fontain.e & Anger., 2009, p26)	44
Figure 26 - La construction en terre crue à travers le monde (adapté de Fontaine. & Anger., 2009, p14-15).....	45
Figure 27 - Technology acceptance Model (Adapté de Davis, 1986, p24)	47
Figure 28 - Prototypes des échantillons.....	50
Figure 29 - Types de mélange de terre utilisés dans l'étude.....	51
Figure 30 - Presse Testaram	52
Figure 31 - Briques en terre comprimée	52
Figure 32 - Piquetage.....	52
Figure 33 - Sens d'activation mécanique de la presse.....	52
Figure 34 - Plaque imprimée en 3D	53
Figure 35 - Brique avec creux en surface	53
Figure 36 - Diagramme de préparation des MBC.....	54
Figure 37 - Production de l'inoculum (Mycosphere sd. ; Shin et al., 2025)	55
Figure 38 - Illustration de la durée de croissance observée dans la littérature scientifique	57
Figure 39 - Influences des étapes de la production sur les caractéristiques du MBC (adapté de Elsacker et al., 2020).....	59
Figure 40 - Vue d'ensemble du processus de production des MBC	60

Figure 41 - Types de substrat utilisés dans l'étude	61
Figure 42 - Environnement de travail pour la production des MBC	62
Figure 43 - Assemblage successif en couche	62
Figure 44 - Pré-colonisation	62
Figure 45 - Durée d'incubation selon le type d'échantillon	63
Figure 46 - Fructification de BRI-GL-SB-1	64
Figure 47 - Caractéristiques des moules employés	66
Figure 48 - Microscope binoculaire	67
Figure 49 - Appareil de test thermique de diffusion par aiguille	68
Figure 50 - Installation du dispositif pour tester l'absorption d'eau par capillarité	69
Figure 51 - Installation du dispositif pour l'essai d'absorption d'eau par immersion	69
Figure 52 - Application de l'adhésif époxydique bi-composant sur les échantillons	70
Figure 53 - Mise en place du Dynatest	70
Figure 54 - Instron 5585	70
Figure 55 - Evolution de la croissance mycélienne de l'échantillon PAN - PO - PA	71
Figure 56 - Contamination par Trichoderma de l'échantillon COM - GL - EN - L - 2	72
Figure 57 - Contamination par Trichoderma de l'échantillon BRI - PL - PA - 2	72
Figure 58 - Observations microscopiques du MBC	74
Figure 59 - Masse d'eau absorbée par capillarité en fonction du temps	75
Figure 60 - Carottage	77
Figure 61 - Découpe à la scie circulaire	77
Figure 62 - Pénétration des hyphes fongiques dans la porosité de la terre crue	77
Figure 63 - Ligne de rupture de COM - PO - PA - L - 2	78
Figure 64 - Rupture de COM-PO-EN-P-2	79
Figure 65 - Rupture COM-PO-PA-L-4	79
Figure 66 - Courbe charge-déplacement	79
Figure 67 - Carte non exhaustive des acteurs lié à la production de MBC en Belgique	83
Figure 68 - Support visuel présenté aux participants pour orienter les discussions	92
Figure 69 - Supports matériels de l'activité	93
Figure 70 - Répartition par âge des participants au focus group	96
Figure 71 - Résultats du questionnaire de repérage des connaissances des participants	96
Figure 72 - Traces d'annotations produites lors des focus groups A et B	99
Figure 73 - Transcription du tableau de classement réalisé par un participant du focus group A	103
Figure 74 - Premier classement proposé par les participants du focus group B	103
Figure 75 - Second classement basé sur le coût proposé par les participants du focus group B	104
Figure 76 - Mycélium sur la S-curve d'adoption des technologies (adapté de Speelman & Namata, 2022)	107
Figure 77 - Différents usages du mycélium identifiés dans les focus groups	110
Figure 78 - Proposition de conception d'infrastructures de production (adapté de Sharifi et al., 2024, p 569)	117
Figure 79 - Plan éclaté des moules 14 x 14 x 10 cm	173

À l'exception des figures explicitement attribuées à d'autres auteurs, l'ensemble des figures présentées dans ce travail a été conçu et réalisé par l'auteur.

Indexe des tableaux

Tableau 1 - Classification taxonomique hiérarchique du champignon (Rapior & Fons, 2006)	19
Tableau 2 - Composition des mélanges de terre crue utilisés pour fabriquer les briques.....	51
Tableau 3 - Nomenclature des briques de mycélium.....	64
Tableau 4 - Nomenclature des composites.....	65
Tableau 5 - Nomenclature des échantillons cylindriques.....	66
Tableau 6 - Nomenclature des panneaux.....	66
Tableau 7 – Valeurs moyennes des propriétés mesurées	71
Tableau 8 - Types de contamination et causes probable (Gobert, 2025).....	72
Tableau 9 - Densité sèche et humide des échantillons.....	73
Tableau 10 - Conductivité thermique déterminée par essai de diffusion par aiguille	74
Tableau 11 - Pourcentage d'augmentation de masse pour 24, 48 et 96h d'immersion	76
Tableau 12 - Paramètres mécaniques obtenus lors des essais de traction (Instron 5585)	78
Tableau 13 - Grille thématique d'analyse des focus group	95
Tableau 14 - Comparaison des propriétés mesurées avec celles d'isolants conventionnels	109
Tableau 15 - Positionnement tarifaire de fourniture (hors pose) du mycélium par rapport aux isolants conventionnels	111
Tableau 16 - Épaisseur d'isolant requise ($\lambda = 0,043 \text{ W/mK}$) pour atteindre les U cibles.....	116
Tableau 17 - Espèces fongiques référencées dans la littérature.....	144
Tableau 18 - Type de substrats et additifs dans la production de MBC selon la littérature	147
Tableau 19 - Densité des MBC recensée dans la littérature scientifique (Aiduang et al., 2022)	151
Tableau 20 - Conductivité thermique des MBC recensées dans la littérature scientifique.....	152
Tableau 21 – Performance d'absorption d'eau des MBC recensée dans la littérature	153
Tableau 22 - Résistance à la compression des MBC recensée dans la littérature (Aiduang et al., 2022)	154
Tableau 23 - Résistance à la traction des MBC recensée dans la littérature (Aiduang et al., 2022)....	155
Tableau 24 - Résistance à la flexion des MBC recensée dans la littérature (Aiduang et al., 2022).....	155
Tableau 25 - Analyse comparative de l'empreinte carbone des MBCs (Jin et al., 2025).....	155
Tableau 26 - Méthodologie de production des MBC décrits dans la littérature scientifique	157
Tableau 27 - Répartition des échantillons selon les types d'essais effectués	174

Indexe des normes

ASTM C165	Méthode d'essai normalisée pour la mesure des propriétés en compression des isolants thermiques
ASTM C272	Méthode d'essai normalisée pour l'absorption d'eau des matériaux d'âme pour constructions en sandwich
ASTM C518	Méthode d'essai normalisée pour les propriétés de transmission thermique en régime permanent au moyen de l'appareil à fluxmètre de chaleur.
ASTM C1585	Méthode d'essai normalisée pour la mesure du taux d'absorption d'eau des bétons à base de ciment hydraulique
ASTM D570	Méthode d'essai normalisée pour l'absorption d'eau des plastiques
ASTM D1037	Méthode d'essai standard pour l'évaluation des propriétés des matériaux de panneaux à base de fibres et de particules de bois
ATSM D3501	Méthodes d'essai standard pour les panneaux de structure à base de bois en compression
ASTM D5334	Méthode d'essai standard pour la détermination de la conductivité thermique des sols et des roches par la méthode de la sonde thermique à aiguille
ASTM D7264	Méthode d'essai normalisée pour les propriétés en flexion des matériaux composites à matrice polymère
DIN 4102	Comportement au feu des matériaux et éléments de construction
EN 826	Produits d'isolation thermique pour les applications de construction - Méthode d'essai standard pour déterminer le comportement à la compression
EN 12667	Performance thermique des matériaux et produits de construction. Détermination de la résistance thermique au moyen des méthodes de la plaque chaude gardée et du fluxmètre. Produits à résistance thermique élevée et moyenne.
EN 13057	Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton - Méthodes d'essai - Détermination de l'absorption capillaire
EN 15804	Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction
ISO 8301	Isolation thermique - Détermination de la résistance thermique et des propriétés connexes en régime stationnaire - Méthode fluxmétrique
ISO 8302	Isolation thermique - Détermination de la résistance thermique et des propriétés connexes en régime stationnaire - Méthode de la plaque chaude gardée
ISO 9427	Panneaux à base de bois — Détermination de la masse volumique
ISO 14040	Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre
ISO 16535	Produits isolants thermiques pour applications dans le bâtiment - Détermination de l'absorption d'eau à long terme par immersion

Annexes

Annexe 1 : Tableau des espèces fongiques.....	144
Annexe 2 : Tableau des types de substrats et additifs.....	147
Annexe 3 : Propriétés des MBC recensés dans la littérature scientifique.....	151
Annexe 4 : Méthodologie de fabrication des MBC dans la littérature scientifique	157
Annexe 5 : Plan de fabrication des moules.....	173
Annexe 6 : Organisation des essais	174
Annexe 7 : Résultats expérimentaux.....	176
Annexe 8 : Formulaire de consentement	181
Annexe 9 : Formulaire d'entrée	183
Annexe 10 : Invitation au focus group.....	184
Annexe 11 : Présentation focus group	185
Annexe 12 : Fiches techniques matériaux isolants	191
Annexe 13 : Retranscription Interview Juliette Salme	201
Annexe 14 : Retranscription focus group A.....	224
Annexe 15 : Retranscription focus group B.....	239
Annexe 16 : Grille d'analyse focus group A.....	268
Annexe 17 : Grille d'analyse focus group B.....	276

Annexes

Annexe 1 : Tableau des espèces fongiques.....	144
Annexe 2 : Tableau des types de substrats et additifs.....	147
Annexe 3 : Propriétés des MBC recensés dans la littérature scientifique.....	151
Annexe 4 : Méthodologie de fabrication des MBC dans la littérature scientifique	157
Annexe 5 : Plan de fabrication des moules.....	173
Annexe 6 : Organisation des essais	174
Annexe 7 : Résultats expérimentaux.....	176
Annexe 8 : Formulaire de consentement	181
Annexe 9 : Formulaire d'entrée	183
Annexe 10 : Invitation au focus group.....	184
Annexe 11 : Présentation focus group	185
Annexe 12 : Fiches techniques matériaux isolants	191
Annexe 13 : Retranscription Interview Juliette Salme	201
Annexe 14 : Retranscription focus group A.....	224
Annexe 15 : Retranscription focus group B.....	239
Annexe 16 : Grille d'analyse focus group A.....	268
Annexe 17 : Grille d'analyse focus group B.....	276

Annexe 1 : Tableau des espèces fongiques

Tableau 17 - Espèces fongiques référencées dans la littérature

Référence	Espèce	Référence	Espèce
Genre : Pleurotus		Genre : Tramates	
Appels et al., 2020	<i>P. ostreatus</i>	Aiduang et al., 2024	<i>T. coccinea</i>
Ardra et al., 2023	<i>P. ostreatus</i>	Appels et al., 2020	<i>T. multicolor</i>
	<i>P. ostreatus</i>	Attias et al., 2019a	<i>T. versicolor</i>
Attias et al., 2017	<i>P. pulmonarius</i>		<i>T. ochracea</i>
	<i>P. salmoneo-stramineus</i>		
Balaes et al., 2023	<i>P. ostreatus</i>	Bae et al., 2021	<i>T. versicolor</i>
Brudny et al., 2024	<i>P. ostreatus</i>		<i>T. gibbosa</i>
Bruscato et al., 2019	<i>P. albidus</i>	Bagheriehnajjar et al., 2023	<i>T. versicolor</i>
Campbell et al., 2017	<i>P. ostreatus</i>	Bajwa et al., 2017	<i>T. versicolor</i>
Colmo et al., 2020	<i>P. ostreatus</i>	Balaes et al., 2023	<i>T. versicolor</i>
Enriquez et al., 2023	<i>P. ostreatus</i>	Balashanmugam & Mardoukhi, 2021	<i>T. versicolor</i>
Etinosa et al., 2023	<i>P. ostreatus</i>	Elsacker et al., 2019	<i>T. versicolor</i>
Chang et al., 2019	<i>P. djamor</i>	Elsacker et al., 2021	<i>T. versicolor</i>
Ghazvinian et al., 2019	<i>P. ostreatus</i>	Elsacker et al., 2022	<i>T. versicolor</i>
Ghazvinian et al., 2022	<i>P. ostreatus</i>	Enriquez et al., 2023	<i>T. elegans</i>
Gou et al., 2021	<i>P. ostreatus</i>	Irbe et al., 2024	<i>T. versicolor</i>
Haneef et al., 2017	<i>P. ostreatus</i>	Jeong et al., 2023	<i>T. orientalis</i>
Hu & Cao, 2025	<i>P. ostreatus</i>	Jones et al., 2018	<i>T. versicolor</i>
Jauk et al., 2021	<i>P. ostreatus</i>	Jones et al., 2019	<i>T. versicolor</i>
Jose et al., 2021	<i>P. ostreatus</i>	Kniep et al., 2024	<i>T. versicolor</i>
Joshi et al., 2020	<i>P. ostreatus</i>	Kuribayashi et al., 2021	<i>T. hirsuta</i>
Khoo et al., 2020	<i>P. ostreatus</i>	Läkk et al., 2018	<i>T. sp.</i>
Kirdök et al., 2022	<i>P. ostreatus</i>	Lelivelt, 2015	<i>T. versicolor</i>
Kniep et al., 2024	<i>P. eryngii</i>	Livne et al., 2022	<i>T. betulina</i>
Kohphaisansombat et al., 2023	<i>P. ostreatus</i>	Livne et al., 2024	<i>T. hirsuta</i>
Kuribayashi et al., 2021	<i>P. ostreatus</i>		<i>T. versicolor</i>
Läkk et al., 2018	<i>P. ostreatus</i>	Raman et al., 2022	<i>T. suaveolens</i>
Lee & Choi, 2021	<i>P. ostreatus</i>		<i>T. suaveolens</i>
Lelivelt, 2015	<i>P. ostreatus</i>	Schritt et al., 2021	<i>T. versicolor</i>
Lin et al., 2024	<i>P. ostreatus</i>	Sun et al., 2019	<i>T. versicolor</i>
Lingam et al., 2023	<i>P. ostreatus</i>	Sun et al., 2022	<i>T. versicolor</i>
Mbabali et al., 2023	<i>P. ostreatus</i>	Vidholdová et al., 2019	<i>T. versicolor</i>
Moser et al., 2017	<i>P. ostreatus</i>	Wimmers et al., 2019	<i>T. pubescens</i>
Nashiruddin et al., 2021	<i>P. ostreatus</i>		<i>T. suaveolens</i>
Nava et al., 2015	<i>P. ostreatus</i>	Zimele et al., 2020	<i>T. versicolor</i>
Genre : Ganoderma		Genre : Ganoderma	
		Adamatzky & Gandia, 2022	<i>G. resinaceum</i>
		Agustina et al., 2019	<i>G. lucidum</i>
		Aiduang et al., 2024	<i>G. fornicatum</i>
			<i>G. williansianum</i>

Nguyen et al., 2022	<i>P. ostreatus</i>	Angelova et al., 2021	<i>G. resinaceum</i>
Sharifi et al., 2024	<i>P. ostreatus</i>	Angelova et al., 2022	<i>G. lucidum</i>
Silverman et al., 2020	<i>P. ostreatus</i> <i>P. citrinopoleatus</i> <i>P. eryngii</i>	Antinori et al., 2020	<i>G. lucidum</i>
Sivaprasad et al., 2021	<i>P. ostreatus</i>	Attias et al., 2019a	<i>G. sessile</i>
Tacer-caba et al., 2020	<i>P. ostreatus</i> <i>P. ostreatus sajorcaju</i> <i>P. ostreatus florida</i>	Bae et al., 2021	<i>G. lucidum</i>
Teixeira et al., 2018	<i>P. ostreatus</i> <i>P. eryngii</i>	Bajwa et al., 2017	<i>G. resinaceum</i>
Trabelsi et al., 2021	<i>P. ostreatus</i>	Brudny et al., 2024	<i>G. lucidum</i>
Vasatko et al., 2022	<i>P. ostreatus</i>	Cai et al., 2023	<i>G. lucidum</i>
Wimmers et al., 2019	<i>P. ostreatus</i>	Chan et al., 2021	<i>G. lucidum</i>
Zhang et al., 2021	<i>P. ostreatus</i>	Dias et al., 2021	<i>G. resinaceum</i>
Zhang et al., 2022	<i>P. ostreatus</i>	Elsacker et al., 2021	<i>G. resinaceum</i>
Genre : Lentinula		Elsacker et al., 2022	<i>G. lucidum</i>
De Lima et al., 2020		Gauvin et al., 2022	<i>G. lucidum</i>
Matos et al., 2019		Hadini et al., 2024	<i>G. lucidum</i>
Tacer-caba et al., 2020		Haneef et al., 2017	<i>G. lucidum</i>
Genre : Fomes		Heisel et al., 2017	<i>G. lucidum</i>
Balaes et al., 2023		Holt et al., 2012	<i>G. sp.</i>
Kniep et al., 2024		Jauk et al., 2021	<i>G. lucidum</i>
Moser et al., 2017		Kaiser et al., 2023	<i>G. lucidum</i>
Pohl et al., 2022		Khoo et al., 2020	<i>G. lucidum</i>
Stelzer et al. 2021		Lee, 2024	<i>G. lucidum</i> <i>G. sessile</i>
Genre : Agaricus		Lim & Thomsen, 2021	<i>G. lucidum</i>
Bagheriehnajjar et al., 2023		Liu et al., 2019	<i>G. lucidum</i>
Balashanmugam & Mardoukhi, 2021		Liu et al., 2020	<i>G. lucidum</i>
Tacer-caba et al., 2020		Ozdemir et al., 2022	<i>G. lucidum</i>
Genre : Bjerkandera		Rafiq et al., 2020	<i>G. boninense</i>
Raman et al., 2022		Raman et al., 2022	<i>G. lucidum</i> <i>G. applanatum</i>
Balaes et al., 2023		Raut et al., 2021	<i>G. lucidum</i>
Genre : Daedaleopsis		Ridzqo et al., 2020	<i>G. lucidum</i>
Bajwa et al., 2017		Saez et al., 2021	<i>G. lucidum</i>
Balaes et al., 2023		Schritt et al., 2021	<i>G. lucidum</i>
Genre : Fomitella		Sharma & Ferrand, 2025	<i>G. lucidum</i>
Raman et al., 2022		Silverman et al., 2020	<i>G. lucidum</i>
Bae et al., 2021		Soh et al., 2020	<i>G. lucidum</i>
Genre : Fomitopsis		Tacer-caba et al., 2020	<i>G. lucidum</i>
Bagheriehnajjar et al., 2023		Tsao, 2020	<i>G. lucidum</i>
Balashanmugam & Mardoukhi, 2021		Vasatko et al., 2022	<i>G. lucidum</i>
Kniep et al., 2024		Xing et al., 2018	<i>G. resinaceum</i>

Raman et al., 2022	
Wimmers et al., 2019	<i>F. pinicola</i>
Genre non spécifié	
Arifin & Yusuf, 2013	-
Bhardwaj et al., 2021	-
Bonga et al., 2024	-
Islam et al., 2017	-
Jiang et al., 2013	-
Jiang et al., 2017	-
Ongpeng et al., 2020	-
Pawlicki & Balka, 2022	-
Pawlicki & Balka, 2023	-
Pelletier et al., 2013	-
Pelletier et al., 2016	-
Pelletier et al., 2019	-
Rahman et al., 2022	-
Santhosh et al., 2018	-
Tudrym et al., 2017	-
Velasco et al., 2014	-
Wildman et al., 2025	-
Yang et al., 2017	-
Ziegler et al., 2016	-
Genre : Lentinus	
Aiduang et al., 2024	<i>Lentinus sajor-caju</i>
Balaes et al., 2023	
Bruscano et al., 2019	
Teeraphantuvat et al., 2024	
Genre : Polyporus	
Jones et al., 2019	
Wimmers et al., 2019	<i>P. arcularius</i>
Genre : Pycnoporus	
Bae et al., 2021	
Bruscano et al., 2019	
Teixeira et al., 2018	
Genre : Schizophyllum	
Aiduang et al., 2024	<i>Schizophyllum commune</i>
Appels et al., 2018	
Läkk et al., 2018	
Lee, 2024	

Genre : Autres espèces	
Balaes et al., 2023	<i>Abortiporus</i>
Gou et al., 2021	<i>Acremonium sp.</i>
Menon et al., 2019	<i>Asperigillus</i>
Khoo et al., 2020	<i>Auricularia</i>
Raut et al., 2021	<i>Bacillus</i>
Shao et al., 2016	<i>Ceriporia</i>
Chang et al., 2019	<i>Coprinopsis</i>
Attias et al., 2017	<i>Cyclocybe</i>
Kowalczyk et al., 2019	<i>Dichomitus</i>
Raman et al., 2022	<i>Elvingia</i>
Tacer-caba et al., 2020	<i>Flammulina</i>
Zhang et al., 2021	<i>Fusarium</i>
Wimmers et al., 2019	<i>Gloephylum sepiarium</i>
Balaes et al., 2023	<i>Irpea</i>
Tacer-caba et al., 2020	<i>Kuehneromyces</i>
Wimmers et al., 2019	<i>Laetiporus sulphureus</i>
Raman et al., 2022	<i>Microporus</i>
Xing et al., 2018	<i>Megasporoporia minor</i>
Gou et al., 2021	<i>Oudemansiella radicata</i>
Xing et al., 2018	<i>Oxyporus latermarginatus</i>
Wimmers et al., 2019	<i>Phaeolus schweinitzii</i>
Lee, 2024	<i>Pgellinus</i>
Brudny et al., 2024	<i>Pholiata</i>
Wimmers et al., 2019	<i>Piptoporus betulinus</i>
Raman et al., 2022	<i>Postia</i>
Wimmers et al., 2019	<i>Trichaptum abietinum</i>
Tacer-caba et al., 2020	<i>Trichoderma</i>
Raman et al., 2022	<i>Wolfiporia</i>

Annexe 2 : Tableau des types de substrats et additifs

Tableau 18 - Type de substrats et additifs dans la production de MBC selon la littérature

Référence	Substrat	Additif
Adamatzky & Gandia, 2022	Chènevotte (chanvre) Coque de soja	-
Agustina et al., 2019	Bagasse de manioc Fibre de sucre de palme	Son de riz + CaCO ₃
Aiduang et al., 2024	Sciure de bambou Péricarpe de maïs	Son de riz (5%) + CaCO ₃ (1%) + CaSO ₄ (2%) + Na ₂ SO ₄ (0,2%)
Angelova et al., 2021	Extrait de fleurs de rose Paille de lavande	CaCO ₃ (0,1%)
Angelova et al., 2022	Paille de blé Sciure de pin Racine de malt Pulpes de betterave Extrait de fleurs de rose Paille de lavande	CaCO ₃ (2%) + Son de blé
Appels et al., 2018	Paille de colza Sciure de hêtre Cotton	Son
Arifin & Yusuf, 2013	Balle de riz Grains de blé	
Attias et al., 2017	Copeaux de bois (chêne, pin, pommiers, vigne, eucalyptus)	
Attias et al., 2019a	Copeaux de bois	Farine (1%)
Bagheriehnajjar et al., 2023	Sciure et copeaux de bois Fibre de bambou	
Bajwa et al., 2017	Résidus de maïs Fibre de kénaf Fibre de chanvre	
Balaes et al., 2023	Son de blé Paille de blé hachée Fibre de coque de noix de coco Sciure de bois de feuillus	
Balashanmugam & Mardoukhi, 2021	Sciure de bois Juste Paille Marcs de café Copeaux de bois Papier	
Brudny et al., 2024	Filasse de lin	
Bruscano et al., 2019	Sciure de bois (Pinus spp)	Son de blé (5%) + CaCO ₃ (1%)
Cai et al., 2023	Paille (riz, blé, maïs)	
Campbell et al., 2017	Graines Paille Bois Sable Plastique	
Chan et al., 2021	Fibres de grappe de palme Sciure de bois (<i>Albizia chinensis</i>)	Son de blé (10%) + CaCO ₃ (2%)
De Lima et al., 2020	Gaines externes du palmier pêche	
Dias et al., 2021	Fibres de Miscanthus séché	

Elsacker et al., 2019	Lin Paille de blé Bois tendre de pin Chanvre Lin (différentes formes)	
Elsacker et al., 2021	Lin Chanvre	
Elsacker et al., 2022	Fibres de chanvre	Argile montmorillonite exfoliée
Enriquez et al., 2023	Bagasse de canne à sucre Farine de pelure de fruit de palmier pêche	CaCO ₃ (2%)
Etinosa et al., 2023	Chènevotte (copeaux de chanvre)	
Gauvin et al., 2022	Résidu de presse de colza Fibres cellulosiques sèches	
Ghazvinian et al., 2019	Copeaux / sciure de bois Paille	Son de blé
Ghazvinian et al., 2022	Copeaux de bois	Farine et son de blé Farine de luzerne
Gou et al., 2021	Tiges de coton Son de blé	Matière granulaire (CaCO ₃)
Hadini et al., 2024	Fibres de bambou (Apus) Fibres EFB (empty fruit bunch)	Résine de pin (pinus merkusii)
Heisel et al., 2017	Copeaux de bois Sciure Déchets fibreux de l'industrie agroalimentaire (canne à sucre, racine de manioc)	
Holt et al., 2012	Carpelle de coton Coque de graine de coton	Amidon Gypse
Hu & Cao, 2025	Bagasse Boues de station	
Irbe et al., 2024	Chènevotte (chanvre) Sciure de bouleau argenté Fibres de déchets (papier) Poussière de bois (bouleau)	Ecorce de bouleau Son de blé
Islam et al., 2017	Non spécifié	
Jones et al., 2018	Grains de blé	
Jones et al., 2019	Paille de blé Ecales de riz Bagasse de canne à sucre Mélasse noire	
Jose et al., 2021	Sciure de bois	
Joshi et al., 2020	Sciure de bois Bagasse de canne à sucre	Son de blé
Kaiser et al., 2023	Sciure de bois (hêtre)	
Khoo et al., 2020	Sciure Déchets alimentaires (café, peau de banane, coquille d'œuf, canne à sucre)	
Kirdök et al., 2022	Paille de blé Déchets de carton Copeau de hêtre Déchets de textiles organiques Tiges de vigne	Son de blé (5%)
Kohphaisansombat et al., 2023	Marc de café usagé Fibres naturelles d'ananas	Son de riz (16%) + farine (4%) + pierre ponce (2%)

Kuribayashi et al., 2021	Copeaux de bois (pin et épicéa)	Son d'avoine + farine de blé
Läkk et al., 2018	Azolla filiculoides (plante aquatique)	Psyllium
Lee & Choi, 2021	Tiges de chanvre (découpé) Paille de riz Copeaux de bois (chêne coréen et arbre à laque)	
Lee, 2024	Sciure de chêne Son de riz	
Lelivelt, 2015	Chanvre (chènevotte, tapis, fibres) Copeaux de bois	
Lingam et al., 2023	Bagasse Coque de noix de coco	
Liu et al., 2019	Tige de coton	Son
Liu et al., 2020	Tige de coton	
Livne et al., 2024	Chènevottes de chanvre Paille de colza	
Matos et al., 2019	Poudre de coco	Son de blé (40%)
Mbabali et al., 2023	Balles de riz Sciure de bois (acajou)	
Moser et al., 2017	Copeaux de bois (hêtre, chêne, poirier, épicéa)	
Nashiruddin et al., 2021	Bagasse de canne à sucre Sciure de bois Balle de riz	
Nava et al., 2015	Résidu de culture de blé (Triticum sp.)	
Nguyen et al., 2022	Fibres de chanvre Fibres de jute tissées Copeaux de bois	
Ongpeng et al., 2020	Argile Fibre de coco Sciure de bois	Mélasse de canne à sucre Son de riz
Ozdemir et al., 2022	Chènevotte (chanvre)	Son de blé CaCO ₃
Pawlicki & Balka, 2022	Sciure de bois	
Pawlicki & Balka, 2023	Sciure de bois (chêne)	Son de blé
Pelletier et al., 2013	Paille de riz Moelle de chanvre Fibre (kénaf, sorgho, cosse de coton) Panic érigé Chènevotte de lin	
Pelletier et al., 2019	Résidus de maïs broyés	Maltodextrine, CaSO ₄
Pohl et al., 2022	Chènevotte Paille de colza	
Raman et al., 2022	Sciure de chêne Son de riz	
Raut et al., 2021	Paille de blé	
Ridzqo et al., 2020	Fibre de bambou	
Saez et al., 2021	Copeaux de bois	
Santhosh et al., 2018	Paille de riz Poudre fine de riz Sciure de bois	

Schrift et al., 2021	Sciure de bois de hêtre Substrat fongique recyclé	Son de blé (5%) + farine de blé (5%) + tourteau de graines de tournesol (3%) + CaCO ₃ (2%)
Shao et al., 2016	Paille de soja	Son de blé Gypse
Sharifi et al., 2024	Sciure de bois Plastique Paille Terreau usagé Déchets d'essuie-tout Feuilles de bananiers Roseaux Papiers déchiquetés Marc de café	Sucre + Farine + Manioc + Sorgho
Sharma & Ferrand, 2025	Structure 3D en filament bois-PLA	
Silverman et al., 2020	Jute recyclé Coton recyclé Amidon de maïs	
Sivaprasad et al., 2021	Sciure de bois Tourbe de coco	
Soh et al., 2020	Feuilles de bambou broyées	
Stelzer et al. 2021	Chènevottes de chanvre Paille de colza Copeaux de bois de peuplier	Farine de blé
Sun et al., 2019	Particules de bois (épicéa, pin et sapin)	
Sun et al., 2022	Feuilles de bois broyés (bouleau jaune)	
Tacer-caba et al., 2020	Tourteau de colza Enveloppes d'avoine	
Teixeira et al., 2018	Poudre de coco	40% son de blé
Teeraphantuvat et al., 2024	Paille de maïs Sciure de bois Déchets de papier	
Tsao, 2020	Fibres cellulosiques Paille de colza	
Tudry et al., 2017	Résidus de maïs	Glucide Calcium
Vasatko et al., 2022	Paille Sciure de hêtre Pâte de cellulose blanchie	Son de blé
Vidholdová et al., 2019	Particule de bois (épicéa)	Farine de blé (4%)
Wildman et al., 2025	Non spécifié	
Wimmers et al., 2019	Sciure de bois (bouleau, peuplier, pin, sapin, épinette)	
Xing et al., 2018	Paille de blé	
Yang et al., 2017	Pâte de sciure de bouleau Graine Millet Son de blé	Fibre naturelle CaSO ₄
Zhang et al., 2022	Grains de seigle	
Ziegler et al., 2016	Sous-produits de coton Chanvre	
Zimele et al., 2020	Copeaux de bois dur Chènevottes (chanvre)	

Annexe 3 : Propriétés des MBC recensés dans la littérature scientifique

Tableau 19 - Densité des MBC recensée dans la littérature scientifique (Aiduang et al., 2022)

Référence	Espèce fongique	Substrat	Pressage	Densité [kg/m ³]
Angelova et al., 2021	<i>G. resinaceum</i>	Paille de lavande	-	347
		Fleurs de rose	-	462
Appels et al., 2018	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Coton	-	130
			Froid	240
			Chaud	350
Attias et al., 2019a	<i>Trametes multicolor</i>	Paille de colza	-	130
			Froid	240
			Chaud	390
Bruscato et al., 2019	<i>Coriolus sp.</i>	Sciure de hêtre	-	170
		Paille de Colza	-	100
			Chaud	350
Chan et al., 2021	<i>Ganoderma sp.</i>	Copeaux de bois de pommier	-	210
		Sciure de vigne	-	180
		Copeaux de bois de pommier	-	220
Dias et al., 2021	<i>Trametes sp</i>	Copeaux de vigne	-	210
		Copeaux de bois de pommier	-	200
		Sciure de vigne	-	210
Elsacker et al., 2019	<i>Lentinus velutinus</i>	Sciure de pin	-	350
		<i>Pleurotus albidus</i>	-	300
		<i>Pycnoporus sanguineus</i>	-	320
Ghazvinian et al., 2019	<i>G. resinaceum</i>	Sciure d'albizia de Chine	-	130
		Sciure d'albizia de Chine	Chaud	954
Gou et al., 2021	<i>T. versicolor</i>	Fibres de miscanthus	-	200
		Lin	Froid	137,5
		Coque de chanvre	-	98,4
Kuribayashi, 2021	<i>P. ostreatus</i>	Paille de blé	-	122,1
		Sciure	-	178,5
		Paille	-	277
Jones et al., 2018	<i>Oudemansiella radicata</i>	Tige de coton	-	317
		<i>P. ostreatus</i>	-	325
Nava et al., 2015	<i>T. versicolor</i>	Copeaux de bois dur	-	179
		Copeaux de chanvre	-	134
		<i>T. hirsuta</i>	-	260
Nava et al., 2015	<i>Pleurotus sp.</i>	Paille de blé	-	183,8

Santos et al., 2021	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Poudre de coco	-	240
Schritt et al., 2021	<i>Ganoderma lucidum</i>	Sciure de hêtre Résidus de champignon	Froid	205,3 138,2
	<i>Trametes versicolor</i>	Sciure de hêtre Résidus de champignon		200,1 195,2
Tacer-caba et al., 2020	<i>Agaricus bisporus</i>	Coques d'avoine Tourteau de colza		36 58
	<i>Ganoderma lucidum</i>	Coques d'avoine Tourteau de colza	-	25 41
	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Coques d'avoine Tourteau de colza		38 49
Yang et al., 2017	<i>Irpex lacteus</i>	Pâte de bois	-	265

Tableau 20 - Conductivité thermique des MBC recensés dans la littérature scientifique

Référence	Espèce fongique	Substrat	Conductivité thermique [W/mK]	Norme
Brudny et al., 2024	<i>G. lucidum</i>		0,34216	
	<i>P. ostreatus</i>		0,16857	PN-EN
	<i>Pholiota nameko</i>		0,42847	12667:2002
Cai et al., 2023		Paille de riz Paille de blé Paille de maïs	0,036 ± 0,006 0,037 ± 0,008 0,072 ± 0,008	-
Dias et al., 2021	<i>G. resinaceum</i>	Fibres de miscanthus	0,0882 à 0,104	ISO 8302
Elsacker et al., 2019	<i>T. versicolor</i>	Lin Coque de chanvre Paille de blé	0,059 0,04 0,042	ASTM D5334
Gauvin et al., 2022		Résidu de presse de colza Fibres cellulosoïques sèches	0,057 ± 0 0,085 ± 0,004	ASTM D5334-08
Raut et al., 2021	<i>G. lucidum</i>	Paille de blé	0,029	-
Saez et al., 2021			0,07 à 0,062	DIN EN 12667
Schritt et al., 2021	<i>G. lucidum</i>	Sciure de hêtre Champignon usé	0,07 0,064	
	<i>T. versicolor</i>	Sciure de hêtre Champignon usé	0,067 0,064	-
Shao et al., 2016			0,054	GB/T 10294-2008
Sivaprasad et al., 2021			0,06995	ISO 8301
Wimmers et al., 2019	<i>P. arcularius</i> <i>T. suaveolens</i> <i>T. pubescens</i>		0,055 0,051 à 0,055 0,055	ASTM C518-17 (2017)
Xing et al., 2018	<i>O. latermarginatus</i> <i>M. minor</i> <i>G. resinaceum</i>	Paille de blé	0,078 0,079 0,081	-

Yang et al., 2017	<i>Irpex lacteus</i>	Pâte de bois	0,13 à 0,4 (vivant) 0,05 à 0,07 (sec)	ASTM D5334-14 (2014)
Zhang et al., 2022			0,069 à 0,07	

Tableau 21 – Performance d'absorption d'eau des MBC recensée dans la littérature

Référence	Espèce fongique	Substrat	Coefficient d'absorption [%]	Temps [h]	Norme
Aiduang et al., 2024		Sciure de bambou Péricarpe de maïs	170,7 à 224,08 104,89 à 139,22	96	ASTM C272/ C272M-18
Angelova et al., 2021	<i>G. resinaceum</i>	Paille de lavande Fleurs de rose	114,6 43,9	24	ISO 16535 :2019
Appels et al., 2018	<i>T. multicolor</i> <i>P. ostreatus</i>	Sciure de hêtre Paille de colza Coton Paille de colza	42 436 508 279	192	-
Attias et al., 2019a	<i>Coriolus sp.</i> <i>Ganoderma sp.</i> <i>Trametes sp.</i>	Bois de pommier Bois de vigne Bois de pommier Bois de vigne Bois de pommier Bois de vigne	240 290 200 180 200 190	96	ASTM C272
De Lima et al., 2020	<i>Lentinula edodes</i>	Gaine de palmier pêche	351	48	ASTM D570-98
Dias et al., 2021	<i>G. resinaceum</i>	Fibres de miscanthus	125	22	-
Elsacker et al., 2019	<i>T. versicolor</i>	Lin Coques de chanvre Paille de blé	30,3 24,4 26,8	24	ASTM C1585
Gou et al., 2021	<i>Oudemansiella radicata</i> <i>P. ostreatus</i>	Tige de coton	162,4 168,1	168	ATSM C272
Jones et al., 2018	<i>T. versicolor</i>	Copeaux de bois dur Copeaux de chanvre	400 560	24	ATSM D1037
Joshi et al., 2020	<i>P. ostreatus</i>	Sciure Bagasse de canne	131 148	24	ASTM D570-98
Kuribayashi, 2021	<i>P. ostreatus</i> <i>T. hirsuta</i>	Copeaux de bois de pin 200 200		48	-
Lee & Choi, 2021	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Chanvre Copeaux de bois laqué Copeaux de bois de chêne Paille de riz	159 135 76 140	96	-
Nava et al., 2015	<i>Pleurotus sp.</i>	Paille de blé	268,4	24	ASTM D570-98
Ziegler et al., 2016		Natte de coton	298,7±35,1 340,25±14,89		ASTM D1037 : 2012

Zimele et al., 2020	Substrat de chanvre et bois	400 à 550	350,48±22,02	24	ASTM D1037 : 2012
---------------------	-----------------------------	-----------	--------------	----	-------------------

Tableau 22 - Résistance à la compression des MBC recensée dans la littérature (Aiduang et al., 2022)

Référence	Espèce fongique	Substrat	Résistance en compression [MPa]	Norme
Angelova et al., 2021	<i>G. resinaceum</i>	Paille de lavande Fleurs de rose	0,72 1,03	ISO EN 826
Bruscato et al., 2019	<i>Lentinus velutinus</i>	Sciure de pin	1,3	
	<i>Pleurotus albidus</i>		0,4	-
	<i>Pycnoporus sanguineus</i>		1,3	
Chan et al., 2021	<i>G. lucidum</i>	Sciure d'albizia chinoise	4,44**	ASTM D1037
De Lima et al., 2020	<i>Lentinula edodes</i>	Gaine de palmier pêche	0,22	ASTM C165
Dias et al., 2021	<i>G. resinaceum</i>	Fibres de miscanthus	1,8	ISO 844
Elsackers et al., 2019	<i>T. versicolor</i>	Lin Coques de chanvre Paille de blé	0,31* 0,21* 0,14*	ASTM D5334
Elsackers et al., 2021	<i>G. resinaceum</i>	Sciure de hêtre	1,32	ISO EN 826
Ghazvinian et al., 2019	<i>P. ostreatus</i>	Sciure Paille	1,02 0,07	-
Gou et al., 2021	<i>Oudemansiella radicata</i>	Tige de coton	0,09	
	<i>P. ostreatus</i>		0,13	ASTM D2166
Nava et al., 2015	<i>Pleurotus sp.</i>	Paille de blé	0,04	ASTM C165
Nashiruddin et al., 2021	<i>P. ostreatus</i>	Balles de riz	1,35	-
Pohl et al., 2022	<i>Fomes fomentarius</i>	Chènevotte Paille de colza	0,2 0,3	-
Raut et al., 2021	<i>G. lucidum</i>	Paille de blé	0,07	ISO 844
Santos et al., 2021	<i>Lentinula edodes</i>	Poudre de coco	0,06	
	<i>Pycnoporus sanguineus</i>		0,19	ASTM 1621
Tacer-caba et al., 2020	<i>Agaricus bisporus</i>	Balles d'avoine Tourteau de colza	0,06 0,2	
	<i>G. lucidum</i>	Balles d'avoine Tourteau de colza	0,13 0,28	-
	<i>P. ostreatus</i>	Balles d'avoine Tourteau de colza	0,03 0,28	
Yang et al., 2017	<i>Irpex lacteus</i>	Pâte de bois	0,57	ASTM D2166

* = pressé à froid, ** = pressé à chaud

Tableau 23 - Résistance à la traction des MBC recensée dans la littérature (Aiduang et al., 2022)

Référence	Espèce fongique	Substrat	Résistance en traction [MPa]	Norme
Appels et al., 2018	<i>P. ostreatus</i>	Coton	0,03*	
			0,13**	
		Paille de colza	0,01 0,03* 0,24**	-
	<i>T. multicolor</i>	Sciure de hêtre	0,05	
		Paille de colza	0,04 0,15**	
Chan et al., 2021	<i>G. lucidum</i>	Sciure d'albizia chinoise	1,55**	ASTM D1037
Nava et al., 2015	<i>Pleurotus sp.</i>	Paille de blé	0,05	ASTM D1623

* = pressé à froid, ** = pressé à chaud

Tableau 24 - Résistance à la flexion des MBC recensée dans la littérature (Aiduang et al., 2022)

Référence	Espèce fongique	Substrat	Résistance en compression [MPa]	Norme
Appels et al., 2018	<i>P. ostreatus</i>	Coton	0,05 0,024* 0,62**	
		Paille de colza	0,06 0,21* 0,87**	-
	<i>T. multicolor</i>	Sciure de hêtre	0,29	
		Paille de colza	0,22 0,86**	
Chan et al., 2021	<i>G. lucidum</i>	Sciure d'albizia chinoise	2,68**	ASTM D1037
Kuribayashi et al., 2021	<i>P. ostreatus</i>	Copeaux de bois de pin	0,94**	ASTM D7264
	<i>T. hirsuta</i>		0,94**	
Liu et al., 2020	<i>G. lucidum</i>	Tige de coton	4,4**	GB/T 17657
Shakir et al., 2020	<i>P. ostreatus</i>	Sciure de bois de caoutchouc	3,91**	JIS A5908

* = pressé à froid, ** = pressé à chaud

Tableau 25 - Analyse comparative de l'empreinte carbone des MBCs (Jin et al., 2025)

Référence	Espèce fongique	Substrat	PRG [kg CO ₂ e/kg]	Remarques
Xu et al., 2024	<i>P. ostreatus</i>	Coque de coton, rafles de maïs, coquille d'écrevisse	0,261	Groupe T1 avec 20% CSC
Volk et al., 2024	<i>G. lucidum</i>	Fibre de chanvre	0,693	Méthodes ACV
			0,367	EN15804+A2
		Sciure	0,642	Méthodes ACV

Carcassi et al., 2022	<i>P. ostreatus</i>	Particules de bambou	0,556 0,909 1,091 2,606 0,818	ACV dynamique CO ₂ biogénique, stockage (60 ans) CO ₂ biogénique, stockage (30 ans) CO ₂ biogénique, stockage (20 ans) Énergie renouvelable
Livne et al., 2024	<i>T. hirsuta</i>	Chanvre, paille de colza, cellulose	-0,245	Réseau électrique allemand
Jin et al., 2024	<i>P. ostreatus</i>	Paille	-0,245	-
Candido et al., 2024	<i>P. ostreatus</i>	Sciure et copeaux de bois	2,130 0,660	Mix énergétique finlandais Énergie renouvelable
Akromah et al., 2024	-	Grain de maïs et fibre de coco	3,764	Densité de 300 kg/m ³
Frütschi et al., 2023	Ganoderma sp.	Chènevotte (chanvre)	6,603 1,724 8,585 1,679	Chauffage au mazout, 350 kg/m ³ Chauffage électrique, 350 kg/m ³ Chauffage au mazout, 550 kg/m ³ Chauffage électrique, 550 kg/m ³
Enarchev & Haapala, 2023	-	Chanvre	0,914	PRG GIEC100

Annexe 4 : Méthodologie de fabrication des MBC dans la littérature scientifique

Tableau 26 - Méthodologie de production des MBC décrits dans la littérature scientifique

Référence	Production de l'inoculum	Méthode de stérilisation	Inoculation	Durée de croissance	Condition de croissance	Traitement thermique et post traitement
Adamatzky & Gandia, 2022	-	-	Souche cultivée sur un substrat en forme de bloc	7 jours	- 22°C - Obscur total	Pas de traitement thermique
Agustina et al., 2019	Inoculum liquide : -Incubation pendant 10 jours de la boite de Pétri contenant le PDA inoculé - Incubation pendant 8 jour d'un carré de mycélium inoculé dans 100 ml de milieu liquide	Autoclave 121°C, 15psi pendant +-60 min puis laisser reposer une nuit	Le milieu de production est inoculé avec une certaine quantité d'inoculum liquide	12 jours	- Température ambiante	Pressé à froid avec une presse hydraulique pendant 10 min Séché dans un four à plateaux à 55-60°C pendant 20h.
Aiduang et al., 2024	Préparation du spawn : - Culture de champignons sur milieu PDA -Transfer de morceau (1x1cm) de mycélium sur les grains de sorgho puis 14 jours d'incubation.	Autoclave à 121°C pendant 60 min	Ajout de 5g d'inoculum (grains colonisés) sur le dessus de chaque sac contenant 800g de substrat	21 à 30 jours d'incubation en sac	- 25 à 30°C - Obscurité	Four à air chaud à 70°C pendant 24 à 72h

Angelova et al., 2021	Préparation des pellets :	-	10% de pellets (poids) sont mélangé de manière stérile au substrat puis placé en sac de culture	7 jours en sac	- 25°C - 95% d'humidité	Séché dans un four de séchage SLW 32 à 60°C pendant 8h
	- Inoculum végétatif obtenu à partir d'une culture de 7 jours sur gélose inclinée MCM					
	- Pellets récupéré par filtration stérile après une incubation de 7 jours à 220 tr/min (biomasse végétative + inoculum)		Les moules sont remplis manuellement par couche successive	7 jours en moules puis 6 jours supplémentaire hors moule en chambre d'incubation		
Appels, 2018	Mycélium produit à partir de culture pure sur agar	Autoclave à 121°C pendant 20 min	Inoculation en chambre stérile, directement dans le substrat humidifié, répartie uniformément	13 jours (jusqu'à colonisation complète)	- 25°C - Humidité relative contrôlée - Croissance en milieu stérilisé	- Non pressé - Pressé à froid - Pressé à chaud à 120 °C pendant 10 minutes
Arifin & Yusuf, 2013	-	Autoclave à vapeur saturé sous haute pression à 121°C pendant 15 à 20 min	Après 24h de repos, le substrat est inoculé	3 semaines	-	Four de séchage à 50°C pendant 46h
Attias et al., 2019a	-	Autoclave pendant 1h à 100°C	3% d'inoculum ont été ajoutés au mélange de substrat dans des conditions stériles		- 23°C - HR 95%	Séchage au four 48h à 60°C
			2 méthodes :			
			- Incubation directement dans le moule.	14 jours		

			- Le substrat est d'abord incubé dans des sacs filtrés puis il est remélange et placé dans des moules	7 jours dans des sacs puis 7 jours en moules		
Bagheriehnajjar et al., 2023	Préparation du spawn : les grains de blé sont lavés, trempés, bouillis, séchés puis autoclavés. Ils sont ensuite inoculés avec le mycélium, incubés 2-3 semaines jusqu'à colonisation complète, puis stockés à 4 °C	Autoclavé à 121°C pendant 20 min	Substrat inoculé par le spawn dans un sac	5 jours (en sac)	- 28°C	Séché au four à 70°C pendant 10h
Bajwa et al., 2017 (Fabriqué par Ecovative)	-	Pasteurisation à 115°C pendant 28 min puis refroidi en dessous de 35°C	Mélange transféré dans un moule puis scellé	10 jours (en moule) puis 7 à 8 jours (hors moule)	- 27°C	Séché dans un four à convection à 60°C pendant 8h
Brudny et al., 2024	-	Placés dans un récipient avec de l'eau et pasteurisés à 60 °C pendant 3 heures	Les sacs sont ensemencés avec du mycélium à l'aide de gants en caoutchouc	6 semaines	- 25 à 30°C	-
			Le mélange est versé dans des moules puis des inserts séchés en biocomposite mycélien sont placés au milieu. Puis les moules scellés sont chauffés	28 jours		

				à 75 °C dans une étuve pendant 24 h.		
Cai et al., 2023	<p>Les blocs inoculés ont été mis en culture liquide dans un incubateur à 150 tours/min pendant 7 jours</p> <p>L'inoculum liquide a été obtenu par un processus de désagrégation à l'aide d'un ensemenceur</p>	<p>La paille est trempée dans de l'eau de chaux saturé pendant 24 h</p> <p>Le mélange et le moule ont été stérilisés à l'autoclave à 121°C pendant 2h</p>	<p>10 ml de la solution lucidum ont été inoculés sur le mélange stérilisé</p>	14 jours	- 28 °C	Séché dans un four à une température de 60 °C pendant 36 h.
De Lima et al., 2020	L'isolat est cultivé dans des boîtes de Pétri contenant du milieu PDA pendant 7 jours à 25°C	Stérilisé à 121°C sous 1 atmosphère de pression pendant 15 min	<p>Inoculum solide : inoculé avec 1/6 d'un disque de mycélium cultivé sur milieu PDA</p> <p>Inoculum liquide : inoculé avec 2/6 d'un disque de mycélium préalablement broyé pendant 15 secondes dans une solution modifiée de Socarean</p>	12 à 20 jours	- 25°C - Obscurité	-
Elsacker et al., 2019	Souches achetées auprès de Mycelia bvba et conservées sur un mélange de grains à 4 °C dans un sac respirant	Stérilisé à l'autoclave pendant 20 min à 121°C	<p>Mélange de 20% de fibre, 70% d'eau déminéralisé et 10% de grains en poids placé en couche successive dans les moules</p>	<p>8 jours (avec moule)</p> <p>8 jours (sans moule)</p>	<p>- Boite micro avec système de filtration permettant une circulation d'air</p> <p>- 28°C</p>	Séché au four à convection à 70°C pendant 5 à 10 h
Pré-comprimé						

3 jours supplémentaires						
Elsacker et al., 2022	Souches achetées auprès de Mycelia bvba et conservées sur un mélange de grains à 4 °C dans un sac respirant	Autoclavé à 121°C pendant 20 min puis laissé refroidir pendant 24h	Sous hotte à flux laminaire, 10% en poids d'inoculum de mycélium ont été mélangés avec le substrat	5 jours (en sac)	- 26°C - 60% HR	Les échantillons ont été compressés sur un banc d'essai Instron 5900R jusqu'à 30 kN (2 kN/min), puis maintenus 1h à 200 °C après un déplacement de 50 mm.
			Emietté manuellement dans des conteneurs	12 joues (en moule)		
			Echantillons démoulé	5 jours		Séché dans un four à convection à 70°C pendant 10h.
Enriquez et al., 2023	Cultures mères maintenues sur milieu PDA	Stérilisé à 121 °C pendant 15 minutes	2 techniques d'inoculation : - Inoculation directe - Suspension dans du tween 80 à 1%	10 jours (croissance en moule)	- Obscurité - 28+-2 °C - 80-85% HR	Séchés dans un four à convection (BINDER FD) à 105 °C pendant 5 h
	L'inoculation du substrat a été réalisée sous hotte à flux laminaire		Les échantillons sont retirés des moules et retournés	10 jours (croissance hors moule)		Les composites secs ont été pressés à chaud à 105°C dans une presse de moulage par compression
	Les boites sont incubées à 28+-2°C jusqu'à colonisation complète					
Etinosa et al., 2023	spores végétatives en hibernation	-	Les spores de champignon sont réactivées en présence du substrat et laissées croître dans un sac à filtre	5 jours	Environnement stérile et contrôlé : - 25°C - 60% HR	Séché à l'air pendant 48h puis traité thermiquement à 80°C pendant 50 min
				5 jours en moule		

			La masse inoculée est brisée en morceau puis mélangée à des particules et placée dans des moules			
Gauvin et al., 2022	Méthode d'inoculation solide	Stérilisé par autoclave pendant 40 min à 121°C, puis laissé refroidir jusqu'à 40°C	Les grains pré-inoculés ont été cassés en morceaux, mélangés aux substrats puis laissés à croître dans des sacs d'autoclavage	7 jours	- 30°C - 58 % HR	-
Ghazvinian et al., 2019	Spawn	Autoclave à 121°C pendant 45 minutes	Les substrats colonisés ont été compactés dans des moules sous hotte à flux laminaire	7 jours en moule puis 7 jours hors moule		
Ghazvinian et al., 2022	Spaw acheté auprès de fournisseurs locaux	Stérilisé à 121°C pendant 40 min puis refroidis à température	Ajout du mycélium sous hotte à flux laminaire, à hauteur de 8% du poids humide du substrat. Le contenu est transféré manuellement dans des moules et pressé à la main en 4 couches	14 jours d'incubation en sac	- 24 ± 1°C - Humidité relative 99% - Obscurité	Séché 6h à l'air libre puis 90 min à 90°C au four
				3 jours en moule		
					- 21°C - 95% HR - Obscurité totale	Séché au four à 92°C pendant 48h
			Croissance en sac	14, 21 et 28 jours		

		ambiant pendant 1 nuit	Croissance en moule	14, 21 et 28 jours		
Gou et al., 2021	Souche cultivée en milieu PDA pendant 14 jours à 28°C	Stérilisé pendant 2h à 0,12 MPA et 120°C	Après refroidissement à 20°C, 3% (en poids) d'inoculum ont été inoculé à la surface du substrat	28 à 37 jours	- 24+-1°C - 50% HR - Obscurité totale	Séchage en four à 24°C pendant 72h
Holt et al., 2012 (Procédure d'Ecovative)	-	Stérilisé à 115 °C pendant environ 28 minutes	Après inoculation, le mélange est déchargé dans un moule et tassé à la main puis le moule est scellé	5 jours	- 21C°	Placé dans un four à convection à 60°C pendant 8h
Hu & Cao, 2025	Mycélium prêt à l'emploi acheté auprès d'une ferme commerciale	- La bagasse est lavée à l'eau déionisée puis autoclavée à 121°C pendant 1h. - Les boues subissent 2 cycles successifs d'autoclave à 121°C pendant 1,5h chacun.	Le mycélium est manuellement émietté en petite particule pour faciliter le mélange homogène avec le substrat	10 jours	- 25°C - HR 60-70% - Arrosage par brumisation toutes les 24h, - Incubateur sombre	Séchage en étuve à 80°C pendant 12h
Irbe et al., 2024	Cultivé sur un milieu solide MEA pendant 14 jours à 22+-2°C et 70+-5%HR Ce mycélium a ensuite été utilisé pour inoculer un milieu liquide incubé dans un	- -	Les pellets homogénéisés de mycélium sont mélangés avec le substrat stérilisé	14 jours d'incubation en sac	- 20 +-2°C - 70+-5% HR - Noir	Séché à 7
			Le mélange est transféré dans des moules	7 jours d'incubation en moule		

agitateur rotatif pendant 14 jours						
Echantillons obtenus auprès d'Ecovative Design LLC						
Islam et al., 2017						
Jones et al., 2018	Spawn acheté auprès de New Generation Mushroom Supplies Pty. Ltd.	Autoclavé à 121°C et 103,4kPa pendant 90 min	25% (poids) d'inoculum est mélangé au substrat par un mélangeur stérilisé	6, 12 et 18 jours	Conditions atmosphériques standards	Séché à 50°C pendant 48h
			Le mélange homogène est réparti uniformément dans les moules plastiques			
Jose et al., 2021	Le sporophore du champignon est découpé en petits morceaux et placé en surface de la gélose PDA pendant 5 jours	Stérilisée chimique	Mycélium formé est placé dans un récipient avec le substrat Le matériau est transféré dans un moule	8 à 10 jours -	- 25°C - 80% HR	-
Joshi et al., 2020	Un pied sain de champignon est coupé en deux verticalement et placé au centre de boite de Petri PDA-cellulose pendant 10 à 12 jours	Autoclavé à 121°C pendant 20 min	Dans un bêcher, le substrat inoculé avec du mycélium entièrement développé dans les boites de Petri Le mycélium-substrat est ensuite transféré dans un moule en bois et pressé avec un poids de 10kg	2 semaines (jusqu'à colonisation complète) 7 jours	- 25°C - Pièce sombre	Cuit en étuve à air chaud à 90°C pendant 12 heures
			Croissance hors moule (surface)	1 semaines		

Kohphaisansombat et al., 2023	Spawn (inoculum) sur sciure acheté dans une ferme commercial en Thaïlande	Autoclave à 121°C pendant 20-30 min	Spawn mélangé au substrat (1 :100 (w/w)) dans des bacs en plastique nettoyé à l'Ethanol 70%	28 jours	- 27-30°C - HR 70-80%, - Obscurité	Séchage au four à 80°C pendant 3 jours
Lee & Choi, 2021	Cultivé sur PDA pendant 7 jours à 20-25°C	Autoclave 90 min à 121°C dans des bouteilles de culture	Mélange est ensuite moulé manuellement Inoculation des bouteilles avec le mycélium. Une fois que le mycélium a complétement colonisé le substrat il est placé dans des moules pour former les panneaux	21 à 25 jours (croissance primaire) 7 jours (croissance secondaire)	Croissance primaire -20°C - HR 65% Sans lumière et ventilation Croissance secondaire : - 22°C (+-2°C), humidité - HR 65% (+-5%) - Avec ventilation et sans lumière	Séchage à 60°C pendant 24h (déshydrateur et pas four pour éviter les fissures)
Lelivelt, 2015	Spawn acheté auprès de Mycobois	Placé dans de l'eau bouillante pendant 100 min ou ajout d'une solution de peroxyde d'hydrogène à 0,3%	Le substrat est placé dans des moules puis mélangé aux particules d'inoculum	30 jours	- Dans des grandes boites hermétiques	Placé dans un fou à 125°C pendant 2h
Liu et al., 2020	Substrat liquide	Stérilisé à 121 °C pendant 1 h	Un mélange a été placé dans un moule et délicatement tassé à la main. Le moule a ensuite été scellé.	7 jours	- 25°C - 65% HR	Séché à 65°C pendant 10h
Livne et al., 2024	Spawn à base de sorgho	Stérilisé pendant 30 min à 121°C	Le substrat est inoculé puis placé dans des moules	14 jours	Incubé dans différentes conditions	Séché à l'air pendant 3 jours

						puis traité à 60°C pendant 2h
Matos et al., 2019	Croissance initiale sur milieu agar	Autoclave	Transfert de fragments de 10x10mm sur le substrat	7 jours	- 26-28°C - Obscurité - Humidité contrôlée	Cuisson à 95°C jusqu'à réduction de moitié du poids initial
			Le substrat colonisé est transféré des moules	14 à 28 jours selon la taille		
Mbabali et al., 2023	Spawn obtenu auprès du collège of agricultural and environmental sciences	Autoclavé à 121°C pendant 90min	Effectué dans une hotte à flux d'air laminaire :		- Zone sombre - Température et humidité constantes	Séché dans un four à 80°C pendant 15h
			Spores de champignon ajoutées dans les sacs de substrats	En sac : 15 jours		
			Les composites mycéliens formés sont transférés en moule	En moule : 15 à 25 jours		
Moser et al., 2017	Cultivé pendant 6 à 7 jours à 26°C dans des boites de gélose au malt et à la peptone	Stérilisé à l'autoclave	La gélose est découpée en morceau et ajoutée au substrat	7 jours	- 28 °C	Cuit à 95°C jusqu'à ce que son poids soit inférieur ou égal à 50% de son poids initial
			Le substrat inoculé est transféré dans un contenant de la forme du produit final	14 à 28 jours (selon la taille)	- 25°C	
Ongpeng et al., 2020	Sérum : mycélium récolté sous un bambou mélangé à 1l de mélasse puis laissé	-	Ajout d'une cuillère de mélasse pour 1kg de substrat	25 jours	- Température ambiante constante - A l'abri de la lumière	Séchage au four à 110-115°C pendant 24h puis 4 jours de repos pour le durcissement

pendant 5 jours dans une bouteille						
Pohl et al., 2022	Cultivé sur milieu à base d'extrait de malt	-	Spawn de millet a servi d'inoculum pour ensemencer des sacs de substrat	2 semaines (en sac)	-	-
	Le mycélium prélevé sur des boîtes de gélose malt a été utilisé pour inoculer des grains de millet (2 semaines)		Le substrat colonisé est broyé et transféré dans des moules	1 semaines (en moules) et 1 semaine (hors moule)		
Raut et al., 2021	Cultivé sur gélose nutritive	-	Substrat inoculé avec des fragments mycéliens	30 à 35 jours	- 30°C	Autoclavé puis séché au four à convection à 80°C pendant 5 à 10h (jusqu'à stabilisation de leur poids)
Ridzqo et al., 2020	Fourni sous forme de semence cultivé dans un milieu à base de maïs concassé	Pasteurisé puis laissé à température ambiante jusqu'à refroidissement	La semence de mycélium est inoculée dans le substrat	20 jours pour colonisation entière	- 30 à 35°C	Les échantillons sont pressés entre 2 plaques (réduire épaisseur d'un facteur 3)
Saez et al., 2021	-	Stérilisé par autoclavage ou irradiation gamma	Inoculé avec une préculture puis placé dans un moule	-	- 25°C - 80 à 90% d'humidité	Séchés dans un four à température de 80 °C sous pression atmosphérique normale pendant 9 heures.
Schritt et al., 2021	Spawn acheté auprès de Mycelia BVBA	Autoclave à 121°C pendant 4h	Les sacs de substrats sont inoculés avec 10%	Croissance horizontale dans le moule : 9 à 16 jours	- Obscurité - 24,3 +3,5°C	Séchage au four à 50°C pendant 60h

			en poids de spawn. Les sacs sont ensuite scellés à chaud et secoué pour assurer la répartition	Croissance verticale dans le moule : 12 à 28 jours		
			100g de substrat inoculé ont été versés dans des moules	Croissance horizontale sans moule : -		
			Le substrat est compressé avec			
Shao et al., 2016	La souche est initialement cultivée sur milieu PDA pendant 7 jours à 25°C 3 cm ² de la culture sur gélose inclinée ont été inoculés dans des flacons Erlenmeyer de 150mL de milieu de culture de premier ordre (incubation dans un agitateur à 150 tr/min pendant 3,5 jours) puis transférés dans des milieux de second ordre (incubation dans un agitateur à 150 tr/min pendant 3 jours)	Sans stérilisation ni ajout d'agents antibactériens	Bac en acier inoxydable comme récipient de culture La culture est fragmentée en petites particule puis placée en moule Démoulé	5 jours (avec un retournement par jour) 4 jours (en moule) 3 jours (croissance hors moule)	- 25°C - HR supérieure à 85%	Séché à 60°C
Sharma & Ferrand, 2025	Préparation d'un milieu solide en boite de Petri (petit	La structure 3D est stérilisées par	Les structures sont trempées dans la solution nutritive	21 jours	- Environnement obscure - 23°C	Séchage à 48°C en étuve pendant une nuit pour éliminer

	morceau d'agar colonisé par du mycélium dans la boite de Petri) pendant 21 jours	exposition aux UV durant 30 minutes.	durant quelques heures	- 80% HR	l'humidité sans dégrader les structures	
	A partir de cette boite, préparation d'une culture liquide de mycélium : mycélium transféré dans un milieu liquide, 14 jours d'incubation					
Sivaprasad et al., 2021	-	Autoclave à 121°C, 15-20 min à 15 psi	Couche alternée de spawn et de substrat déposé dans les moules Le spawn est placé en dernier pour assurer une coque externe solide	14 jours 2 jours - Retournement du moule tous les 4 jours	- Caisson à flux laminaire -27°C - HR 80°C - Arrosage tous les 2 jours - Retournement du moule tous les 4 jours	
Sun et al., 2022	Fourni par Ecovative Design LLC puis maintenu sur boîte de gélose à 4°C Puis pré-incubé sur des boîtes de gélose à l'extrait de malt. Une boîte contenant du mycélium est mélangée avec du corn steep liquor dans un BagMixer pendant 3 min.	Stérilisé à la vapeur à 121 °C pendant 60 min	L'inoculum liquide est transféré dans des sacs de substrats Le mélange est transféré dans un batteur sur socle puis une fois mélangé il est réparti dans des boîtes de pétri carré	8 jours 30 jours	- 28°C - 80% HR	Séché au four pendant 48h à 50°C Ou pressé à chaud à 180°C pendant 8min.
Tacer-caba et al., 2020	Souches obtenues auprès de la collection de cultures HAMBI.	Autoclavé deux fois à 120°C pendant 20 min, avec au	Des inocula fongiques (1 cm ³) ont ensuite été	- 21 ± 1°C - Enceinte de laboratoire	2 semaines	40°C pendant 48h

<p>Les cultures ont été conservées sur gélose à l'extrait de malt à 4 ± 1 °C.</p> <p>L'inoculum pour la croissance de colonisation (7 jours) a été préparé dans un extrait de malt liquide (2 % p/p).</p>		<p>minimum une journée entre les sessions d'autoclavage</p>	<p>mélangés aux substrats nutritifs</p>	<p>Les échantillons ont été homogénéisés et transférés dans des plaques à 4 trous</p>	<p>1 semaine</p>
<p>Teixeira et al., 2018</p>	<p>-</p>	<p>Autoclave à 120°C à 1atm pendant 1h puis opération répétée une 2^{ème} fois après 24h</p>	<p>10g de mycélium avec 250g de masse de substrat humide</p>	<p>15, 30 et 45 jours</p>	<p>-</p>
<p>Teeraphantuvat et al., 2024</p>	<p>Le mycélium pur est cultivé sur PDA à 30°C pendant 7 jours</p> <p>Fragments de mycélium sont transférés dans des flacons de grains bouillis puis incubés pendant 2 semaines</p>	<p>Autoclave à 121°C pendant 60 minutes</p>	<p>5 grammes d'inoculum mycélium sont inoculés sur le dessus du substrat dans chaque sac</p>	<p>21 à 30 jours</p>	<p>- 30°C - Obscurité</p>

Tsao, 2020	Inoculation solide	Stérilisé dans un autoclave pendant 40 min à 121°C	Les grains de blé préalablement inoculés ont été brisés en morceau, mélangés manuellement aux substrats puis placés dans des sacs	7 jours	- 30°C - 58% HR	Séché au four pendant 24h à 65°C
Tudryns et al., 2017	-	Stérilisé pendant 2h à 15 psi	Dans un environnement à flux laminaire, les substrats colonisés sont fragmentés en petit morceau puis tassés manuellement dans des moules.	21 à 28 jours : 7 jours en moules puis 7 jours sans moules	-	Séché à 100°C pendant plusieurs heures
Vasatko et al., 2022	-	Stérilisé dans un autocuiseur à 121 °C pendant 45 minutes	Inoculation effectuée à l'aide de millet contenant du tissu mycélien végétatif	4 jours	-	-
			Le contenu du sac est retiré et broyé manuellement puis faiblement tassé dans les moules	4 jours puis retourné et incubé encore 2 jours	-	-
			Dans une boite à air calme, le spawn (10% poids) est réparti uniformément dans les sacs puis utilisé pour remplir manuellement les moules	20 jours puis les échantillons sont démolés, retournés et remis dans les sacs microfiltrés, pour permettre une croissance homogène à la surface	- A l'abri de la lumière - 22 à 24°C	-

Vidholdová et al., 2019	Cultivé sur boîte de gélose au malt	Autoclave à 121°C et 1,25 kPa pendant 60 min	Le mélange est placé dans des boîtes	21 jours	- 30+-2°C	Séché au four à 60°C pendant 8h
Wildman et al., 2025	Spawn fourni par Mykor Lrd	Autoclavage à vapeur	Le spawn et la cellulose sont brassés avant d'être versés dans les moules	1 semaine	-	Chaussage à 70°C
Xing et al., 2018	Préparation du spawn : - mycélium cultivé sur milieu agar malt - grains de seigles inoculés par 3 pastilles puis incubation pendant 14 jours	Autoclavage à 115°C pendant 15 min	6-8 grains colonisés pour 20g de paille stérilisée	56 jours (8 semaines) de croissance	- 28 °C	Séchage au four à 70°C
Zhang et al., 2022	-	Stérilisé à 121°C pendant 2,5h à l'aide de vapeur saturée sous 15psi	Mélange du blanc de mycélium et du substrat Broyé manuellement puis transféré dans des moules	7 jours d'incubation en sac 8 jours	- 65% HR - 25°C	Four à 65°C pendant 24 h
Zimele et al., 2020	Inoculum cultivé en laboratoire à 22+-2°C et HR 70 +5%	Stérilisé	Inoculum fongique est réparti sur les substrats humidifiés Après colonisation du substrat le mélange est transféré dans des moules	-	-	Séché à 93°C

- = non spécifié ou information non trouvée, PDA = gélose à la pomme de terre et au dextrose

Annexe 5 : Plan de fabrication des moules

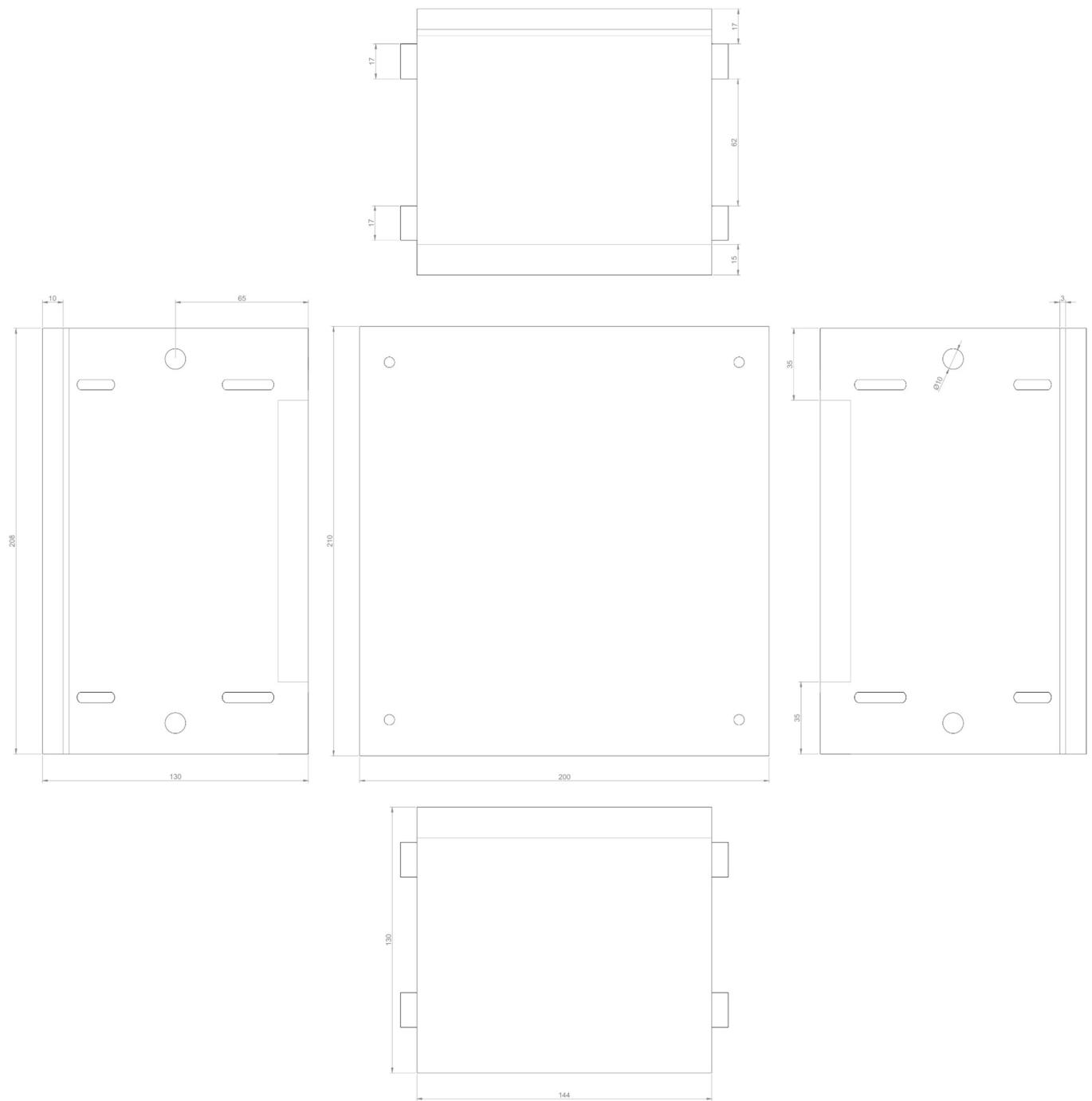


Figure 79 - Plan éclaté des moules 14 x 14 x 10 cm

Annexe 6 : Organisation des essais

Tableau 27 - Répartition des échantillons selon les types d'essais effectués

Echantillons	Densité	Conductivité thermique		Absorption d'eau		Adhérence
		A l'aiguille	A la plaque*	Par capillarité	Par immersion	
BRI - GL - SB - 1	X					
BRI - GL - SB - 2	X					
BRI - GL - PA						
BRI - PL - SB	X					
BRI - PL - PA - 1	X			X	X	
BRI - PL - PA - 2						
COM - GL - EN - L - 1						
COM - GL - EN - L - 2						
COM - GL - EN - L - 3						
COM - GL - EN - P - 1						
COM - GL - EN - P - 2						
COM - GL - EN - P - 3						
COM - GL - PI - L - 1						
COM - GL - PI - L - 2						
COM - GL - PI - L - 3						
COM - GL - PA - L - 1						
COM - GL - PA - L - 2						
COM - GL - PA - L - 3						

Échantillons	Densité	Conductivité thermique		Absorption d'eau		Adhérence	
		A l'aiguille	A la plaque*	Par capilarité	Par immersion	Dynatest	Machine de traction
COM - PO - PA - L -1						X	
COM - PO - PA - L -2						X	
COM - PO - PA - L -3						X	
COM - PO - PA - L -4						X	
COM - PO - PA - L -5						X	
COM - PO - PA - L -6						X	
COM - PO - EN - P -1						X	
COM - PO - EN - P -2						X	
COM - PO - EN - P -3						X	
COM - PI - EN - L -1						X	
COM - PI - EN - L -2						X	
COM - PI - EN - L -3						X	
CYL - PO - SB - D1						X	
CYL - PO - SB - D2						X	
CYL - PO - PA - D1						X	
CYL - PO - PA - D2						X	
PAN - PO - PA						X	
PAN - PO - SB						X	

= En raison d'une contamination, les échantillons n'ont pas pu être utilisés pour les essais, ceux-ci ayant été rendus inexploitables.

= Des dommages mécaniques survenus au cours de la découpe ont compromis l'intégrité de certains échantillons, les excluant ainsi du protocole d'essai.

* = Les essais n'ont pas pu être réalisés en raison de problèmes techniques avec l'appareil

Annexe 7 : Résultats expérimentaux

Absorption d'eau par capillarité

BRI - PL - SB

Temps [min]	Masse [kg]	Absorption d'eau [kg/m ²]
0	0,39868	27,91877
5	0,40992	28,70588
10	0,41346	28,95378
15	0,41446	29,02381
20	0,41549	29,09594
25	0,41652	29,16807
30	0,41762	29,2451
35	0,41882	29,32913
40	0,41992	29,40616
45	0,42113	29,4909
50	0,42161	29,52451
55	0,42193	29,54692
60	0,42306	29,62605
75	0,42438	29,71849
90	0,42731	29,92367
105	0,42924	30,05882
120	0,43037	30,13796
240	0,43983	30,80042
360	0,4485	31,40756
1440	0,5136	35,96639

BRI - PL - PA - 1

Temps [min]	Masse [kg]	Absorption d'eau [kg/m ²]
0	0,24871	14,71657
1	0,25354	15,00237
2	0,2541	15,0355
3	0,25441	15,05385
4	0,25493	15,08462
5	0,25548	15,11716
6	0,25621	15,16036
7	0,25637	15,16982
8	0,25676	15,1929
9	0,25732	15,22604
10	0,25799	15,26568
15	0,25899	15,32485
20	0,26034	15,40473
25	0,26109	15,44911
30	0,26232	15,52189
35	0,26276	15,54793
40	0,26411	15,62781
45	0,26411	15,62781
50	0,26515	15,68935
55	0,26586	15,73136
180	0,2759	16,32544
300	0,28079	16,61479
1380	0,30784	18,21538

Surface = 0,01428 m²

Surface = 0,0169 m²

Evolution temporelle de la température mesurée par sonde à aiguille

CYL - PO - SB - D2 (24h de séchage)

R (ohm/m)	75,43
Lambda(W/mK)	0,283
1/L (cmK/W)	354
Courant (mA)²	255

D(p) min	1,0244
Indice	15
Tps opt(s)	34
Pente opt	1,380
T° opt	12,18

Temps	Température	Ln(t)	Pente	1/D(pente)
2,3	6,15	0,832		
3,8	8,07	1,332		
5,3	9,02	1,662	3,040	
6,8	9,60	1,910	2,362	
8,2	9,99	2,109	2,005	-0,263
9,7	10,29	2,274	1,808	-0,095
11,3	10,55	2,421	1,666	0,083
12,7	10,74	2,545	1,578	0,274
15,2	11,01	2,722	1,518	0,468
17,7	11,24	2,872	1,500	0,587
20,1	11,43	3,003	1,459	0,647
22,7	11,61	3,121	1,423	0,618
26,2	11,80	3,266	1,407	0,721
29,7	11,98	3,391	1,371	0,889
34,3	12,18	3,534	1,360	1,024
38,8	12,34	3,658	1,370	0,848
44,3	12,52	3,790	1,394	0,753
49,8	12,69	3,907	1,432	0,837
56,2	12,87	4,030	1,435	0,935
63,7	13,05	4,154	1,426	
72,3	13,22	4,281	1,387	
81,8	13,41	4,405		
92,4	13,55	4,526		

CYL - PO - SB – D1 (24h de séchage)

R (ohm/m)	75,43
Lambda(W/mK)	0,045
1/L (cmK/W)	2217
Courant (mA)²	246

D(p) min	0,6662
Indice	15
Tps opt(s)	34
Pente opt	8,054
T° opt	20,46

Temps	Température	Ln(t)	Pente	1/D(pente)
2,3	4,68	0,833		
3,8	6,70	1,333		
5,3	8,08	1,662	4,287	
6,8	9,17	1,910	4,719	
8,2	10,19	2,108	5,278	-0,446
9,8	11,19	2,279	5,861	-0,522
11,3	12,07	2,421	6,367	-0,506

12,7	12,88	2,545	6,819	-0,435
15,2	14,10	2,722	7,190	-0,365
17,7	15,24	2,872	7,461	-0,282
20,2	16,26	3,003	7,766	-0,192
22,6	17,15	3,119	7,888	-0,056
26,1	18,31	3,263	7,983	0,204
29,7	19,32	3,390	8,055	0,385
34,2	20,46	3,531	8,088	0,666
38,7	21,48	3,656	8,096	0,548
44,2	22,56	3,789	8,048	0,167
49,7	23,49	3,906	7,951	-0,039
56,2	24,46	4,029	7,776	-0,164
63,7	25,43	4,153	7,577	
72,2	26,36	4,279	7,349	
81,7	27,26	4,403		
92,2	28,11	4,524		

CYL - PO - SB - D2 (48h de séchage)

R (ohm/m)	75,43	D(p) min	0,4760
Lambda(W/mK)	0,041	Indice	15
1/L (cmK/W)	2436	Tps opt(s)	32
Courant (mA) ²	254	Pente opt	9,434
		T° opt	21,98

Temps	Température	Ln(t)	Pente	1/D(pente)
1,5	1,55	0,390		
3,0	4,88	1,084		
4,5	6,90	1,504	5,078	
6,0	8,50	1,790	5,607	
7,5	9,87	2,011	6,324	-0,450
9,0	11,14	2,198	6,904	-0,522
10,5	12,29	2,355	7,422	-0,543
12,0	13,32	2,487	7,960	-0,510
13,5	14,26	2,603	8,378	-0,425
16,0	15,69	2,771	8,670	-0,323
18,4	16,97	2,915	8,913	-0,223
20,9	18,12	3,041	9,180	-0,157
24,5	19,56	3,199	9,338	-0,045
28,0	20,85	3,332	9,453	0,201
31,6	21,98	3,452	9,509	0,476
36,1	23,26	3,586	9,471	0,285
40,6	24,36	3,704	9,399	0,051
46,1	25,56	3,830	9,247	-0,119
52,6	26,78	3,963	9,077	-0,218
59,1	27,81	4,079	8,828	-0,268
66,6	28,86	4,199	8,590	-0,312
75,1	29,88	4,319	8,367	
84,6	30,86	4,438	8,087	
95,1	31,80	4,555	#N/A	
107,6	32,74	4,679	#N/A	

Essai d'adhérence

vendredi 8 août 2025

Elisa_traction_Blocs de terre.is_tens

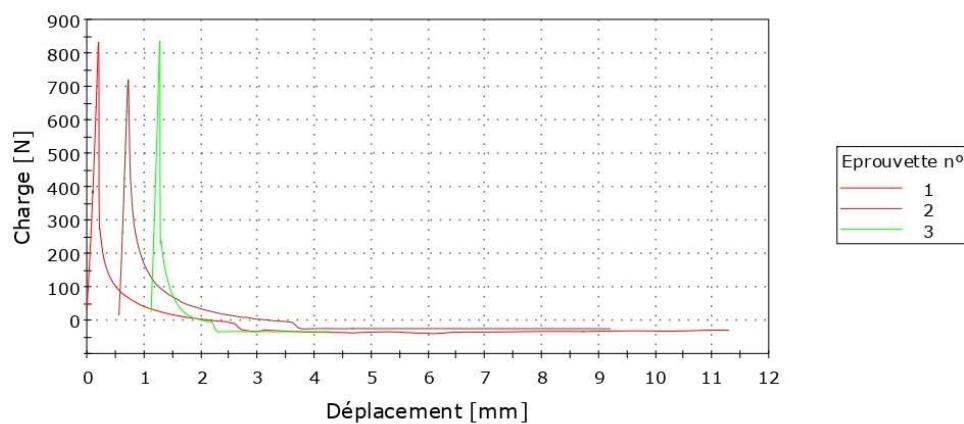
A : Terre crue

A/B : Interface

B : MBC

No Rapport	Elisa
Nom de l'essai	Traction
Norme	
Opérateur	YV
Cellule [kN]	10
Vitesse	0,01 MPa/s
Température [°C]	23,6
Humidité [%]	50,6
Etat	-
Type	Terre

Eprouvette 1 à 3



	N°	Charge rupture [N]	Contrainte rupture [N/mm ²]	Larg. [mm]	Long. [mm]	Type A [%]	Type A/B [%]	Type B [%]
1	A	833,29	0,0856	99,4	98,0	0	0	0
2	B	722,31	0,0698	100,8	102,7	0	0	0
3	C	835,87	0,0830	99,6	101,2	0	0	0
Moy		797,15	0,0794	99,9	100,6	0	0	0
E-T		64,83	0,0085	0,78	2,40	0,00	0,00	0,00

Laboratoire des Matériaux de Construction - ULg

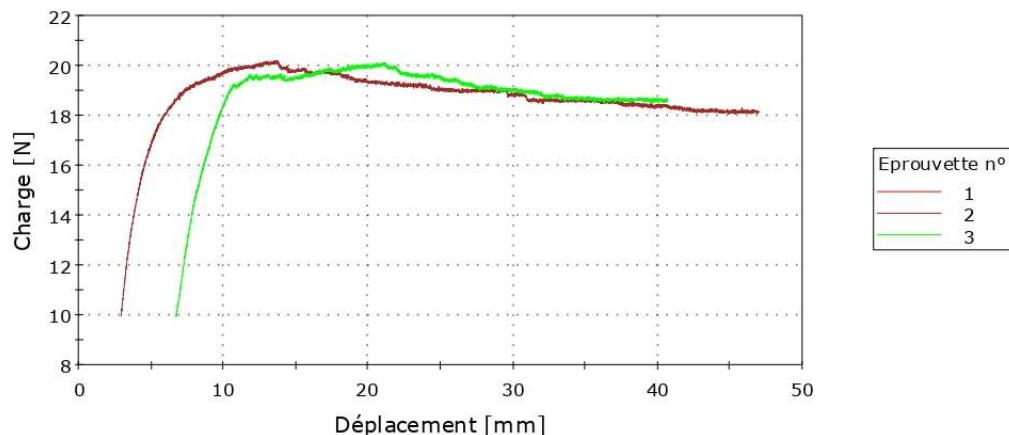
jeudi 7 août 2025

Elisa_traction_carré.is_tens

A : Terre crue
A/B : Interface
B : MBC

No Rapport	Elisa
Nom de l'essai	Traction
Norme	
Opérateur	YV
Cellule [kN]	10
Vitesse	10,00 mm/min
Température [°C]	23,1
Humidité [%]	49,1
Etat	30j de dévlo.
Type	Paille hachée

Eprouvette 1 à 3



	N°	Charge rupture [N]	Contrainte rupture [N/mm ²]	Larg. [mm]	Long. [mm]	Type A [%]	Type A/B [%]	Type B [%]
1	2	-----	-----	99,6	95,6	0	90	100
2	1	20,22	0,0021	98,2	99,8	0	100	0
3	3	20,14	0,0020	98,4	100,3	0	0	100
Moy		20,18	0,0021	98,7	98,6	0	63	67
E-T		0,06	0,0000	0,78	2,58	0,00	55,0 8	57,7 4

Annexe 8 : Formulaire de consentement

Formulaire de consentement pour l'utilisation de données à caractère personnel dans le cadre d'un travail de fin d'études

Travail de fin d'étude : workshop matériaux fongiques et construction durable

Objet de l'étude

Dans le cadre de mon mémoire, je mène une recherche sur l'acceptabilité des matériaux fongiques (à base de mycélium) dans le secteur de la construction. Vous êtes invité·e à participer à un atelier interactif explorant la perception, les usages et les freins à leur adoption.

Responsables

- **Responsable académique** : Luc Courard – courard@uliege.be
- **Référent de l'atelier** : Audrey Mertens - Audrey.Mertens@uliege.be
- **Étudiante** : Elisa Hofmann – elisa.hofmann@student.uliege.be

Déroulement et collecte des données

Durant l'atelier, les données suivantes seront recueillies :

- Données d'identification (âge, sexe, profession)
- Données liées à l'activité (durée, lieu, nombre de participants)
- Enregistrements audio (avec accord)
- Photos sans visages identifiables
- Documents produits par les participant·es
- Réponses à questionnaires

Utilisation des données

Les données serviront exclusivement à :

- la réalisation de ce travail de fin d'études ;
- la diffusion scientifique (mémoire, conférences, articles) **sous forme anonymisée**

Protection des données

Le ou les responsables du projet prendront toutes les mesures nécessaires pour protéger la confidentialité et la sécurité de vos données à caractère personnel, conformément au *Règlement général sur la protection des données* (RGPD – UE 2016/679) et à la loi du 30 juillet 2018 relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel.

Le Responsable du Traitement est l'Université de Liège, dont le siège est établi Place du 20-Août, 7, B-4000 Liège, Belgique.

- Les données seront **pseudonymisées**, puis **anonymisées** dans un délai de 2 mois après l'atelier.
- Aucune donnée nominative n'apparaîtra dans les analyses.
- Les données seront stockées sur un support sécurisé.
- Aucune transmission à des tiers n'est prévue.

Durée de conservation

Jusqu'à la validation du travail, puis suppression des données de contact.

Base légale et droits

Votre participation repose sur votre **consentement libre et éclairé**. Conformément au RGPD (Art. 15 à 23), vous disposez des droits suivants :

- **Accès** : obtenir une copie de vos données et des informations sur leur traitement.
- **Rectification** : corriger ou compléter vos données si elles sont inexactes.
- **Effacement** : demander la suppression de vos données, sous conditions légales.
- **Limitation** : demander la suspension temporaire de leur traitement.
- **Portabilité** : recevoir vos données dans un format structuré, si applicable.
- **Retrait du consentement** : possible à tout moment, sans justification.
- **Réclamation** : introduire une plainte auprès de l'Autorité de protection des données

Contact RGPD : dpo@uliege.be

Conditions de participation

- Aucune rémunération ou dédommagement n'est prévu.
- Vous pouvez vous retirer de l'étude à tout moment sans conséquence.

Questions sur le projet de recherche

Toutes les questions relatives à cette recherche peuvent être adressées à l'étudiant réalisant le travail, dont les coordonnées sont reprises ci-dessus.

Je déclare avoir compris les informations ci-dessus.

Je consens à participer à cette étude et à être enregistré durant le temps des activités du focus group.

Nom & prénom :

Date :

Signature :

Nom de l'étudiante : Elisa Hofmann

Signature :

Annexe 9 : Formulaire d'entrée



Workshop : Matériaux fongiques et construction durable

Ce questionnaire vise à recueillir quelques informations de base sur les participant-e-s présent-e-s lors de ce workshop. Il permet d'avoir un aperçu général du groupe (profils, parcours, âges) et d'évaluer les connaissances préalables sur le sujet des biomatériaux à base de mycélium.

Merci pour votre participation !

Connectez-vous à Google pour enregistrer votre progression. [En savoir plus](#)

* Indique une question obligatoire

Informations Personnelles

Quel numéro correspond à celui de votre place ?

- Participant 1
- Participant 2
- Participant 3
- Participant 4
- Participant 5

Quel âge avez-vous ? *

- 18 - 24 ans
- 25 - 34 ans
- 35 - 44 ans
- 45 - 54 ans
- 55 - 64 ans
- 65 ans et plus

Quel est votre sexe ? *

- Homme
- Femme
- Non genré

Quelle est votre profession ?

Votre réponse

Le mycélium comme matériau de construction

Avez-vous des notions sur les bio composites * fabriqués à partir de mycélium ?

- OUI
- NON
- Autre : _____

Avez-vous déjà entendu parler du mycélium * dans le milieu de la construction ?

- OUI
- NON
- Autre : _____

Avez-vous une remarque ?

Votre réponse

Envoyer **Effacer le formulaire**

N'envoyez jamais de mots de passe via Google Forms.

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google. - [Conditions d'utilisation](#) - [Règles de confidentialité](#)

Ce formulaire vous semble suspect ? [Signaler](#)

Google Forms



Annexe 10 : Invitation au focus group

WORKSHOP

MATÉRIAUX FONGIQUES & CONSTRUCTION DURABLE

Dans le cadre de mon travail de fin d'études, je vous invite à participer à un atelier interactif dédié à l'exploration des matériaux biosourcés à base de mycélium.

Objectif : Comprendre comment ces matériaux sont perçus par les professionnels et acteurs du bâtiment, et identifier les leviers de leur acceptabilité.



Date : mardi 15 avril 2025

Horaire : 12h30 ou 17h30

Durée : Environ 1h30

Lieu : Bâtiment B52, Sart Tilman

Public : Acteurs dans le domaine de la construction, étudiants, chercheurs ou professionnels curieux

Pour vous inscrire ou en savoir plus, contactez :

 +32 471 66 27 78

elisa.hofmann@student.uliege.be

Annexe 11 : Présentation focus group



INTRODUCTION AU FOCUS GROUP



Découverte



Compréhension



Réflexion



Echanges

Les règles du jeu

J'écoute les autres.
Je suis libre pendant la séance.
Je ne juge pas.
Je respecte la confidentialité.
Je parle librement.
Je rebondis sur les idées.



02



**QUE VOUS VIENT-IL À L'ESPRIT
QUAND ON PARLE DE
MYCÉLIUM ?**

03

EXPLORATION SENSORIELLE LIBRE

15'

3 NIVEAUX D'APPRECIATION

SENSATIONS

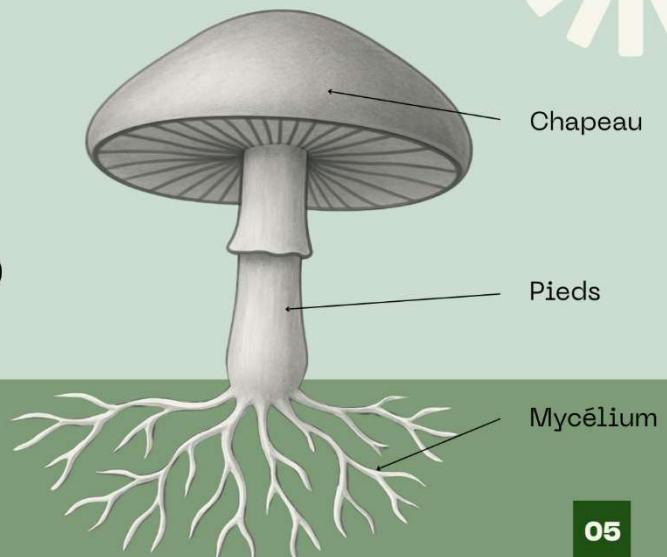
EMOTIONS

SYMBOLES

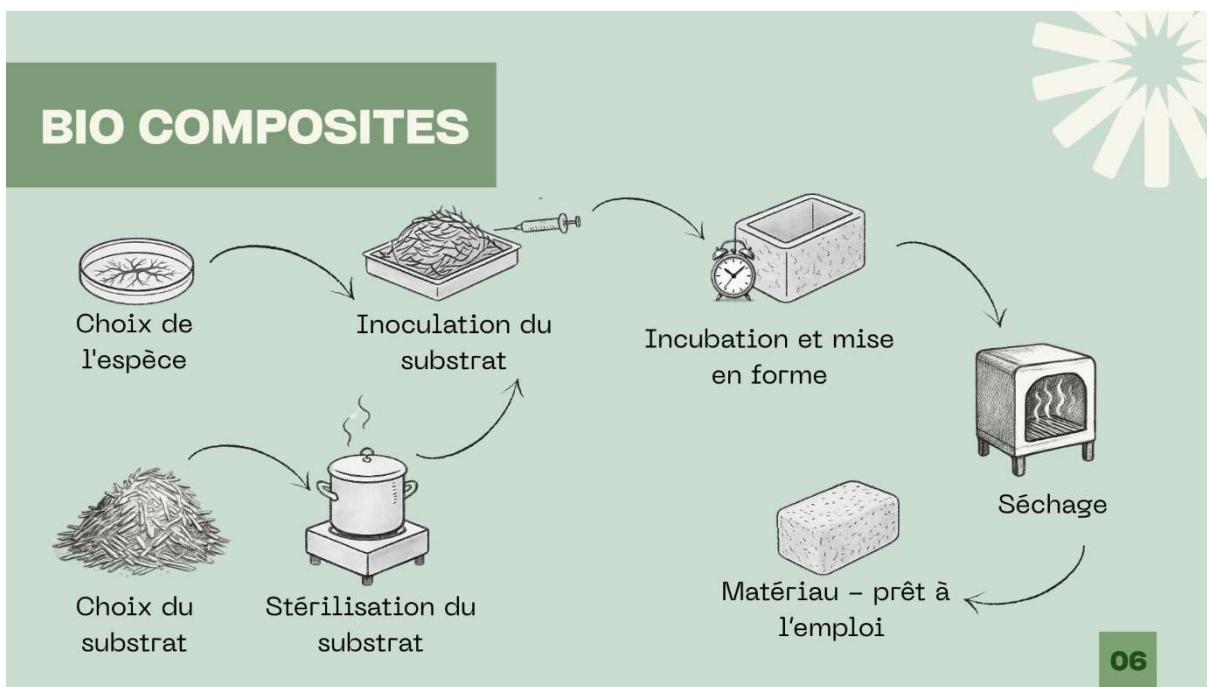
04

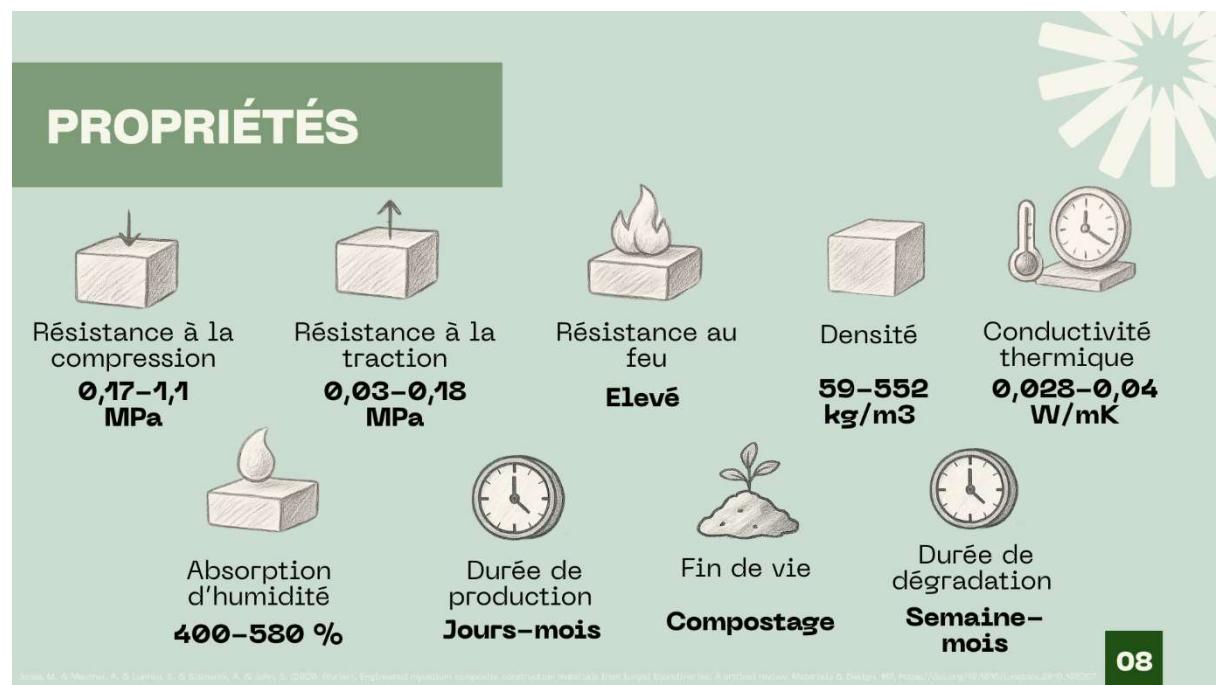
DEFINITION

Mycélium = partie végétative du champignon, constituée de longs filaments ramifiés (hyphes)



05





USAGES ET ACCEPTABILITÉ



09

20'





Cellulose



Chanvre



Fibres de bois



EPS/XPS



PIR/PUR



Laine de verre



Mycelium



Liège



Laine de roche

CLASSEMENT COMPARATIF DES ISOLANTS

CRITÈRES

- Aspect visuel
- Performance thermique
- Impact environnemental
- Acceptabilité
- Facilité de mise en œuvre
- ...

10



Université de Liège 

MERCI !

POUR VOTRE
PARTICIPATION

15 avril 2025

Hofmann Elisa

Annexe 11 | Présentation focus group

Page | 190

Annexe 12 : Fiches techniques matériaux isolants

Liège expansé

Type d'isolant

Origine : végétale



Composants

Matière : Ecorce du chêne-liège

Disponibilité : Présente en quantité limitée

Origine géographique : Europe
(régions méditerranéennes)



Propriétés *

120 à 160 kg/m³

0,036 à 0,042 W/mK

1 600 à 2 000 J/kgK

E

Ouvert à peu ouvert : 5 à 30

Très peu hygroscopique

Peu hydrophile, imputrescible

* en fonction des fabricants

Fabrication

Pour améliorer son pouvoir isolant, le liège est chauffé à haute température, ce qui le fait gonfler (expansion).

Les granulés expansés sont ensuite compressés et chauffés pendant plusieurs heures dans un grand moule.

Durant ce processus, ils doublent de volume et s'agglomèrent naturellement.

Mise en œuvre



Traitement en fin de vie : 80% recyclable, 10% incinération, 10% décharge

Bilan CO₂ Carbone : -27,06 kg CO₂ eq /m³ (puits de carbone)

Energie grise : 43 kWh

WORKSHOP : MATÉRIAUX FONGIQUES ET CONSTRUCTION DURABLE

SOURCE : CLUSTER ECO CONSTRUCTION

Fibre de chanvre

Type d'isolant

Origine : végétale



Composants

Matière : Fibre de chanvre longue

Disponibilité : Présente en quantité importante

Origine géographique : Local

Fabrication

La tige de la plante donne 2 types de fibres : fibre longue (partie périphérique) et fibre courte (partie centrale). Les fibres longues sont utilisées directement en vrac et ne reçoivent pas de traitement.

Propriétés *

- P** 35 à 55 kg/m³
- λ** 0,0039 à 0,05 W/mK
- C** 1 300 à 1 700 J/kgK
- 🔥** E
- μ** Très ouvert : 1 à 2
- 💧** Hygroscopique
- 💧** Hydrophile, putrescible

* en fonction des fabricants

Mise en œuvre

Les fibres de chanvre en vrac peuvent être placées manuellement ou soufflées à l'aide d'une machine.



Traitement en fin de vie : 100% recyclable et compostable

Bilan CO₂ Carbone : -7 à -15 kg CO₂ eq/m² (puits de carbone)

Energie grise : env. 15 à 20 kWh



Ouate de cellulose

Type d'isolant

Origine : végétale recyclée

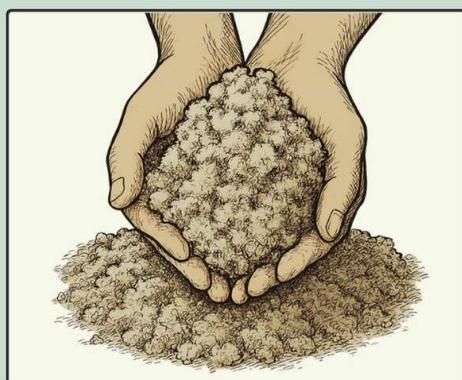


Composants

Matière : Papier + agents ignifuges et substances anti-moisissure

Disponibilité : Présente en quantité importante

Origine géographique : Europe



Fabrication

L'ouate de cellulose est obtenue à partir de papiers recyclés. Le papier est broyé, défibré en flocons et stabilisé par incorporation de divers agents.

Propriétés *

- **P** 70 à 90 kg/m³
- **λ** 0,0039 à 0,0042 W/mK
- **c** 1 600 à 2 000 J/kgK
- **flame** B-s1, d0 à C-s2, d0
- **μ** Très ouvert : 1 à 2
- **Hygroscopique**
- **Hydrophile, putrescible**

* en fonction des fabricants

Mise en œuvre

L'ouate de cellulose en vrac peut être placée par :

- Soufflage en compartiment fermé
- Soufflage ouvert
- Projection humide



Traitement en fin de vie : 50% incinération, 50% recyclable

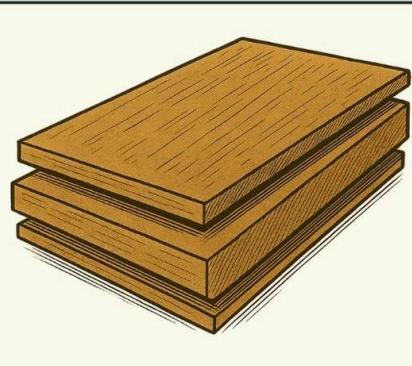
Bilan CO₂ Carbone : -10,01 kg CO₂ eq/m³(puits de carbone)

Energie grise : 21 kWh

Fibres de bois

Type d'isolant

Origine : végétale



Composants

Matière : Fibre de bois (avec ou sans additif)

Disponibilité : Présente en quantité importante

Origine géographique : Europe

Fabrication

Les fibres sont issues du défibrage thermomécanique de chutes de bois résineux, puis mélangées à de l'eau pour former une pâte.

En présence d'adjuvants, la pâte est ensuite coulée, laminée et séchée à une température comprise entre 120 et 200 °C.

En l'absence d'adjuvants, c'est la lignine naturellement présente dans le bois qui assure l'agglomération des fibres, sous l'effet de la chaleur.

Propriétés *

 140 à 280 kg/m³

 0,038 à 0,055 W/mK

 1 600 à 2 300 J/kgK

 E

 Ouvert : 3 à 5

 Hygroscopique

 Hydrophile, putrescible

* en fonction des fabricants

Mise en œuvre



Traitement en fin de vie : 95% incinération et 5% décharge

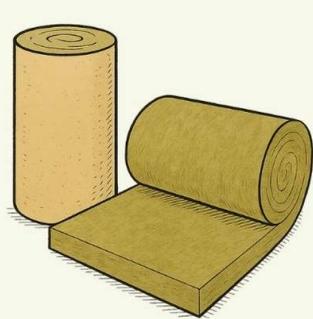
Bilan CO₂ Carbone : -18,56 CO₂ eq/m³ (puits de carbone)

Energie grise : 122 kWh

Laine de verre

Type d'isolant

Origine : minérale



Composants

Matière : Sable ou verre recyclé (+ additifs)

Disponibilité : Présente en quantité abondante

Origine géographique : Europe

Fabrication

La laine de verre est fabriquée à partir d'un mélange de sable siliceux et/ou de verre recyclé, fondu à environ 1050 °C. Une fois fondu, le matériau est étiré en fibres, puis lié par pulvérisation d'un liant (souvent une résine formophénolique).

Propriétés *

- P** 10 à 40 kg/m³
- λ** 0,032 à 0,042 W/mK
- c** 840 à 1030 J/kgK
- 🔥** A1, A2
- μ** Très ouvert : 1
- 💧** Non hygroscopique
- 💧** hydrophobe, imputrescible

* en fonction des fabricants

Mise en œuvre

Elle se présente sous forme de rouleaux souples ou de panneaux semi-rigides, selon l'usage prévu et les contraintes du chantier.



Traitement en fin de vie : 100% décharge

Bilan CO₂ Carbone : 10,17 kg CO₂ eq/m³

Energie grise : 62 kWh



Laine de roche

Type d'isolant

Origine : minérale

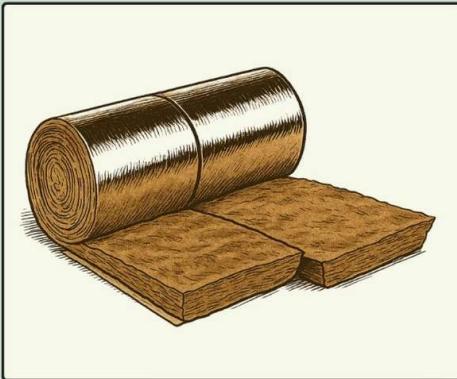


Composants

Matière : Roche volcanique : basalte (+additifs)

Disponibilité : Présente en quantité abondante

Origine géographique : Europe



Fabrication

La laine de roche est fabriquée à partir de basalte fondu à 1 500 °C. Elle est ensuite étirée puis encollée par pulvérisation de liant (résine formo-phénoliques ou autres liants écologiques).

Propriétés *

- P** 15 à 200 kg/m³
- λ** 0,034 à 0,044 W/mK
- C** 840 à 1030 J/kgK
- 🔥** A1, A2
- μ** Très ouvert : 1
- 💧** Non hygroscopique
- 💧** Hydrophobe, imputrescible

* en fonction des fabricants

Mise en œuvre

Elle se présente sous forme de rouleaux souples ou de panneaux semi-rigides, selon l'usage prévu et les contraintes du chantier.



Traitement en fin de vie : 100 % décharge

Bilan CO₂ Carbone : 9,35 kg CO₂ eq/m³

Energie grise : 37 kWh

Polystyrène extrudé

Type d'isolant

Origine : synthétique

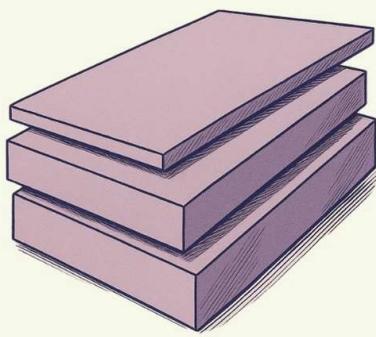


Composants

Matière : Styrène + HFC ou CO₂ (agent d'expansion), additifs

Disponibilité : Présente en quantité limitée

Origine géographique : Europe



Fabrication

Les billes de styrène sont fondues, mélangées à des additifs et à un gaz d'expansion, puis extrudées pour former une mousse à peau étanche.

Depuis l'interdiction des gaz CFC et HCFC, on utilise aujourd'hui principalement du CO₂ ou des HFC.

Propriétés *

- P 25 à 40 kg/m³
- λ 0,029 à 0,035 W/mK
- C 1 300 à 1 500 J/kgK
- 🔥 A2 à E (selon ignifugeant)
- μ Très peu ouvert : 80 à 200
-  Non hygroscopique
-  Hydrophobe, imputrescible

* en fonction des fabricants

Mise en œuvre

Plus résistant mécaniquement que l'EPS, l'XPS est adapté à des usages techniques tels que l'isolation en sous-sol, les planchers chauffants, ..



Traitement en fin de vie : 50% incinération, 50% recyclage

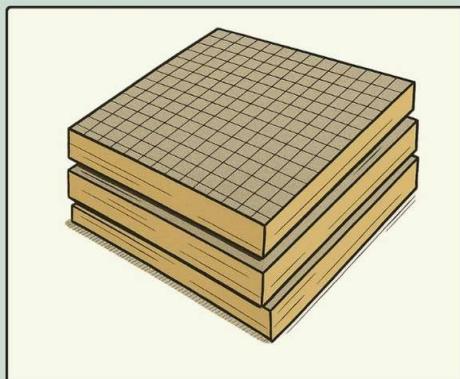
Bilan CO₂ Carbone : 22,02 kg CO₂ eq/m³ (XPS avec CO₂)

Energie grise : 181 kWh

Polyisocyanurate

Type d'isolant

Origine : synthétique



Composants

Matière : Un polyol, isocyanate, agent d'expansion (CO_2 et HFC)

Disponibilité : Présente en quantité limitée

Origine géographique : Europe

Fabrication

Les isolants PIR sont fabriqués à partir de dérivés pétrochimiques. Les composants sont mélangés et expansés sous forme de mousse entre deux parements faisant office de pare-vapeur, jusqu'à atteindre l'épaisseur souhaitée.

Propriétés *

- P** 25 à 40 kg/m³
- λ** 0,022 W/mK
- C** 1 300 à 1 500 J/kgK
- flame** A1
- μ** Très peu ouvert : 60
- water** Non hygroscopique
- oil** Hydrophobe, imputrescible

* en fonction des fabricants

Mise en œuvre

Les panneaux PIR sont disponibles en version brute ou composite. Ils peuvent également être moulés pour des applications spécifiques.



Traitement en fin de vie : 100% décharge

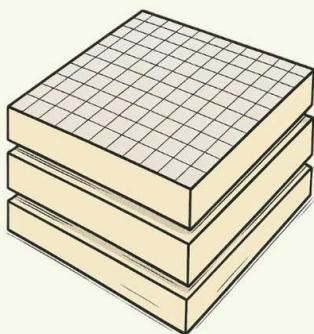
Bilan CO₂ Carbone : +45 à +60 kg CO₂ eq/m³

Energie grise : 150 kWh

Polyuréthane

Type d'isolant

Origine : synthétique



Composants

Matière : Un polyol, isocyanate, agent d'expansion (CO_2 et HFC)

Disponibilité : Présente en quantité limitée

Origine géographique : Europe

Fabrication

Le PUR est fabriqué à partir de polyol et isocyanate, avec ajout d'un agent d'expansion (CO_2 ou HFC), d'un stabilisant et d'un retardateur de flamme (indispensable).

Ce mélange est moussé entre deux feuilles (kraft, aluminium...) qui servent aussi de pare-vapeur. La mousse s'expande, prend sa forme, puis durcit pour former un panneau rigide isolant.

Propriétés *

- P** 20 à 40 kg/m³
- λ** 0,023 à 0,035 W/mK
- c** 1 300 à 1 500 J/kgK
- 🔥** A2 à E (selon ignifugeant)
- μ** Très peu ouvert : 30 à 200
- 💧** Non hygroscopique
- 💧** Hydrophobe, imputrescible

* en fonction des fabricants

Mise en œuvre



Traitement en fin de vie : 100% décharge

Bilan CO₂ Carbone : 16,36 kg CO₂ eq/m³ (PUR avec CO₂)

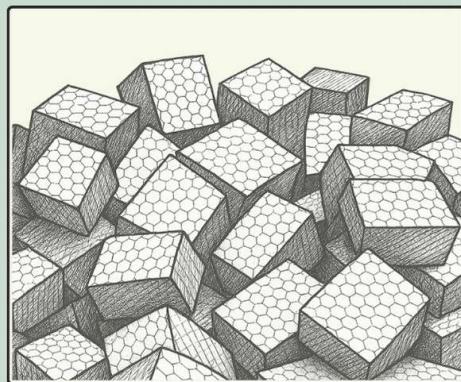
Energie grise : 115 kWh



Polystyrène expansé

Type d'isolant

Origine : synthétique



Composants

Matière : Styrène, agent gonflant (pentane), agent ignifuge

Disponibilité : Présente en quantité limitée

Origine géographique : Europe

Fabrication

L'EPS, aussi appelé frigolite, est un matériau issu de résidus de raffinage du pétrole. Les billes de polystyrène sont d'abord produites par polymérisation, puis expansées à la vapeur d'eau et moulées.

L'EPS peut être de couleur blanche ou grise lorsqu'il contient des nanoparticules de graphite ou d'argent, ajoutées pour améliorer ses performances isolantes.

Propriétés *

- P** 10 à 30 kg/m³
- λ** 0,032 à 0,038 W/mK
- c** 1450 J/kgK
- 🔥** A2 à E (selon ignifugeant)
- μ** Peu à très peu ouvert : 20 à 100
- 💧** Non hygroscopique
- 💧** Hydrophobe, imputrescible

* en fonction des fabricants

Mise en œuvre



Traitement en fin de vie : 80% recyclable, 10% incinération, 10% décharge
Bilan CO₂ Carbone : 10,26 kg CO₂ eq/m³
Energie grise : 81 kWh



Annexe 13 : Retranscription Interview Juliette Salme

[Le début de l'interview a été retiré car il n'apporte pas d'élément essentiel à la compréhension du sujet abordé. Il contenait par ailleurs des éléments à caractère confidentiel.]

Elisa : Oui voilà j'avais quelques petites questions. Du coup la première c'était de, est-ce que tu pourrais me parler du cas concret qui a été celui de la Biennale avec... Comment est-ce qu'il a été mis en place au niveau du... autant de la production, sans besoin de rentrer dans les détails évidemment de la fabrication. Comment est-ce qu'il a été transporté et puis comment après est-ce qu'il a été démonté en fin de vie, et cetera. Comment ça s'est passé vraiment tout ce cycle-là de la production jusqu'à la fin de la Biennale ?

Juliette : Ok donc du coup la Biennale de Venise, c'était la dix-huitième Biennale d'architecture qui a eu lieu en deux-mille-vingt-trois. Moi j'y étais comme partenaire des deux commissaires, c'est-à-dire donc le bureau d'architecture Bento et la philosophe Vinciane Despret. Donc moi ce que j'y ai fait, c'était vraiment un travail, je vais dire d'archivage des réflexions, des processus, de toute l'élaboration en fait du pavillon et de la mise en place... la mise en place un petit peu moins. Donc à nouveau là, enfin, comme je te l'ai dit précédemment, il y a des éléments qui ne sont pas hyper précis pour moi, enfin je ne peux pas t'apporter de manière extrêmement précise, parce que je n'étais pas là à toutes les étapes et ce n'est pas sur ça que je me suis concentrée. Mais du coup de les accompagner un petit peu tout du long avant, pendant, après, et j'ai aussi, pour information, participé à la réalisation du catalogue. Donc le catalogue, je réfléchis pour voir s'il y aurait des choses qui pourraient être intéressantes là-dedans, mais c'est surtout un livre de semi-fiction qui s'appuie en fait sur des observations ethnographiques, donc ça, c'est ce que je fais dans le cadre de ma thèse, et sur une des réflexions et des propositions spéculatives plutôt de philosophie et de sciences humaines et sociales. Donc en fait le catalogue il n'est pas fondamentalement centré sur l'architecture, et quelque part le pavillon, c'est un peu bizarre à dire comme ça vu que c'est un pavillon d'architecture, mais non plus. Donc ça je voulais un petit peu préciser avec toi pour voir un petit peu cette question par rapport aux matériaux de construction, qui sont ceux, je pense, qui t'intéressent vraiment spécifiquement. C'est vraiment les matériaux de construction. Questions par rapport à la mise à l'échelle et c'est... on va on va un petit peu en parler. Donc du coup, comment est-ce que ça s'est passé... En fait ça a posé un tas un tas de questions spécifiques aux praticiens je vais le dire au masculin parce que c'étaient tous des praticiens qui étaient concernés, ça posait un tas de questions. Et une des premières et pas des moindres, c'était justement cette question d'où se fournir en matériaux, en matériaux divers et variés. Comment les apporter éventuellement, comment les ramener, comment aborder la question de la fin de vie. C'était vraiment, enfin, c'est tout un enjeu parce qu'en fait cette création des micromatériaux, donc moi je parle de micromatériaux mais il y a des termes différents, tu le sais bien. Une des raisons d'existence et de ces micromatériaux et du fait que les gens s'impliquent dans leur fabrication et leur élaboration avec toutes les difficultés qui vont avec, c'est justement cet idéal de circularité, de localité, de ressources locales, de retour à la terre... enfin tous ces enjeux-là qui sont vraiment... C'est vraiment les valeurs qui sont portées en général et principalement par les personnes qui participent à ce type d'élaboration de matériaux. Et là, pour un événement comme celui de la Biennale, ça pose un tas de questions parce que, par exemple, en termes d'où se fournir. Est-ce qu'il fallait se fournir en Belgique ? Est-ce qu'il fallait se fournir à Venise ? Est-ce qu'il fallait

amener les matériaux ? Et si oui, lesquels ? Est-ce qu'on pouvait amener tous les matériaux, seulement une partie d'entre eux ? Quel type de transport était possible, était aussi le plus écologique ?

Parce qu'on est vraiment dans une... pour les personnes que j'ai rencontrées, avec lesquelles j'ai travaillé, vraiment la dimension écologique, elle est au cœur du projet. Donc le but, c'est d'être le plus possible aligné avec ça. Et forcément les questions de transport posent tout un tas de questions, surtout pour un événement qui est très ponctuel en fait. Il dure quelques mois, mais l'idée même de faire tout ce travail, toutes ces démarches pour quelque chose qui ne va pas durer énormément dans le temps, c'est un autre enjeu. Donc il y a vraiment l'enjeu du transport, l'enjeu de la raison même de pourquoi faire ça en fait, pourquoi participer à un événement de telle ampleur mais aussi court dans le temps, aussi restreint en fait alors que... que l'idée de la fabrication de ces matériaux, c'est un truc qui... Pas qui dure dans le temps de manière indéfinie, mais aussi qui ne soit pas juste là pour être présenté pour juste un petit laps de temps. Et donc du coup, je parlais du premier enjeu, c'était celui de la localité. Voilà. Les architectes, eux en tout cas – et pas que les architectes, mais toute l'équipe autour d'eux, microbiologistes et designers – se sont vraiment posé la question de : est-ce que ce serait possible de transposer le concept, le concept qu'ils mettent en place ici à Bruxelles, sur lequel ils travaillent dans leur laboratoire, mais à Venise ? C'est-à-dire de ne pas amener ce qu'ils ont préparé, fabriqué, élaboré ici, mais plutôt reprendre les mêmes principes, les mêmes protocoles, les mêmes idées, mais tout faire à Venise. C'est-à-dire que le moment de la mise en œuvre, de la préparation du pavillon, serait aussi celui, et du coup plus long, de la fabrication proprement dite, c'est-à-dire recréer une sorte de laboratoire, tout remettre en place, et puis après recommencer tout le processus d'incubation, de fabrication, là-bas. Bon, clairement, ça n'a pas été possible. C'était vraiment trop complexe, c'était impossible de mettre ça en place. Mais c'est une question qui leur a été beaucoup posée. Moi j'ai aussi étudié, enfin analysé, les conférences, les articles de presse, les discussions qui ont eu lieu pendant et après, et en fait, c'est un petit peu un point... je ne vais pas dire un point faible, mais un point en tout cas sur lequel on a... enfin, les personnes attirent l'attention, c'est-à-dire : Mais en fait, quelle est la logique derrière tout ça ? Est-ce que ça a un sens par rapport au projet ? Et ils ont dû se justifier pas mal de fois, enfin "se justifier", j'exagère un petit peu mais ils ont dû expliquer que ce n'était pas Ils ont essayé de mettre des choses en place, ce n'était pas possible, mais ça n'enlève rien en fait à la qualité du projet et aux idées qui étaient derrière. C'est juste qu'il y a des choix qui sont à faire, et c'est une question de compromis. Donc cette idée de compromis, on peut en reparler aussi. Mais moi c'est vraiment central dans ma recherche, c'est vraiment constamment, en travaillant avec les micro-matériaux, c'est constamment faire des compromis sur un tas d'aspects du processus, et donc c'est vraiment central. Donc du coup, pour revenir sur ta question : Ils n'ont pas pu faire cette idée. Ils n'ont pas pu, en tout cas, aller plus loin. Ça a été rapidement éliminé.

Elisa : Pourquoi ?

Juliette : Parce que techniquement, c'était trop compliqué de remettre en place sur place des chambres d'incubation, etc. En fait, c'était toute une organisation qui dépasse vraiment... qui dépasse strictement les dimensions techniques comme on peut les retrouver dans un laboratoire.

C'est-à-dire qu'en fait il fallait tout... C'est plutôt au niveau de l'organisation globale d'un événement d'une telle ampleur, j'allais dire, en tout cas selon moi, dans le sens où, dans le cadre d'un événement comme celui de la Biennale, les commissaires doivent vraiment... Ils travaillent avec la Fédération Wallonie-Bruxelles, mais ils doivent gérer tous les aspects eux-mêmes. C'est un travail vraiment monumental. C'est-à-dire qu'ils ne sont plus seulement architectes ni praticiens en bio-fabrication – parce que ce sont des choses quand même différentes, mais ils sont aussi... enfin je veux dire, ils sont dans un truc de gestion, de management, d'organisation. C'est eux qui gèrent les transports, c'est eux qui doivent appeler, qui doivent lever certains fonds, qui doivent s'organiser sur place en étant à... j'allais dire à Bruxelles, mais non, en Belgique. S'organiser avec les personnes qui sont sur place. Donc il faut... tous ces aspects-là, en fait, prennent une place vraiment énorme par rapport au travail à proprement parler de préparation du pavillon et de la mise en place des matériaux. Donc moi je dirais que c'est plutôt cet aspect-là, en termes pratico-pratiques, de mise en place, de recherche aussi d'interlocuteurs sur place, de personnes ressources à mobiliser. Ils ont déjà dû le faire et l'ont fait dans une certaine mesure. Il y a eu beaucoup de personnes en fait directement sur place à Venise qui ont pu les aider pour le transport, pour la mise en place du pavillon, pour l'après, le démontage, ce genre de choses. Donc tout ça, ils ont pu trouver un certain nombre d'interlocuteurs et de personnes qui pouvaient les aider. Mais pour mettre en place tout le projet de A à Z à Venise, ce n'était pas possible, pour l'organisation et aussi, mais ça je ne saurais pas te dire comme ça de tête quelles étaient les contraintes, mais aussi d'un point de vue vraiment de la Biennale et des contraintes liées à la Biennale. Parce qu'en fait, les bâtiments, c'est une sorte de page blanche. Chaque pavillon est juste un bâtiment... je vais dire "pied de nez", pratiquement vide, où il faut tout construire, tout mettre en place. Mais du coup, avec quand même certaines contraintes, et pas beaucoup d'autres espaces à disposition. C'est-à-dire que voilà, il y a le pavillon, il y a ce grand espace qui est super pour une expo, pas forcément super pour remettre en place autre chose, et il n'y a pas forcément d'autres lieux disponibles. Et la question du vivant dans le pavillon a été aussi un autre enjeu. C'est-à-dire que l'idée de mettre un incubateur sur place, ce n'est pas quelque chose qui se fait aussi facilement que ça dans le cadre d'un lieu d'exposition qui est censé durer plusieurs mois, qui a d'énormes contraintes de sécurité, d'hygiène, ce genre de choses. Donc voilà, pour toutes ces raisons, et certainement d'autres, mais principalement celles-là : ce n'était pas possible. Et puis, ce n'était peut-être pas non plus la meilleure manière de mettre en avant les réalisations, et ça, c'est moi qui mets en avant cette hypothèse-là, Peut-être pas la meilleure manière de mettre en avant les réalisations du collectif, de repartir sur quelque chose aussi de complètement bricolé à zéro, pour un événement d'une telle envergure, aussi prestigieux. Et où, en fait, la Belgique a quand même un enjeu très fort à venir présenter des réalisations qui sont achevées, complètes, esthétiques... voilà. Donc à nouveau : compromis. Et petit à petit, voilà, beaucoup de discussions, d'échanges, de choses... Tout le monde n'a pas forcément pu faire exactement ce qu'il avait en tête au départ, ou en tout cas, de la manière la plus adéquate avec leurs idées. Tout le monde est extrêmement satisfait du pavillon au sein du comité d'organisation. Vraiment, ça a été un super grand succès, aussi bien pour nous que pour les personnes qui sont venues visiter. C'est vraiment super.

Mais voilà, il faut savoir que pour arriver à un résultat comme ça, c'est énormément de négociations, énormément de choses qu'on a dû mettre de côté, de choses qu'on a pu insuffler, d'autres qu'il a fallu abandonner... Donc vraiment un long processus, qui n'a pas, au final,

toujours grand-chose à voir avec les matériaux eux-mêmes en fait, mais plutôt avec vraiment comment est-ce qu'on organise un tel projet. Mais du coup, pour le transport, alors comme je te disais, il y a eu une organisation avec des transporteurs sur place. Il me semble que la majorité sont, non tous, sont venus par camion. Oui. Et pour le démontage, il faudrait que je me rappelle du nom que je n'ai pas, que je l'ai sur le bout de la langue, mais je ne suis plus sûre duquel c'est. Mais je peux te retrouver des articles qui parlent de tout ça, de tous ces aspects-ci, si tu ne les as pas déjà trouvés.

Elisa : Je ne suis pas certaine que j'ai trouvé ça

Juliette : Parce que ça, normalement, il y a quand même certains articles vraiment d'archi qui traitent un peu toutes ces questions autour du pavillon. Et pour le démontage, en fait, ils se sont mis en contact avec une association sur place qui justement milite un peu autour de cette question. Les pavillons à la Biennale de Venise c'est génial, que ce soit celle d'art contemporain et celle d'archi, mais qu'est-ce qu'on fait de tout ça, en fait ? Surtout dans le monde d'aujourd'hui, et avec des thématiques comme celle de cette année-là qui était vraiment la décarbonisation. Enfin, ça va être comme ça de plus en plus, ce sont des questions vraiment d'actualité. Quelle est la logique en fait ? Est-ce qu'il n'y a pas quelque chose d'un peu... de contre-intuitif entre mettre tout ça en place et en fait faire des choses qui sont tout à fait polluantes, vraiment énergivores, où on balance après plein de déchets... et qu'est-ce qu'on en fait ? Et donc du coup, cette association, cette ASBL je pense, dont je retrouverai le nom, eux en fait, ils travaillent à accompagner celles et ceux qui sont preneurs, preneuses, pour justement voir : comment est-ce qu'ils peuvent récupérer des matériaux ? Qu'est-ce qu'ils peuvent en faire ? Est-ce que, voilà, sur place directement à Venise, un peu plus loin ou alors ailleurs, est-ce qu'on peut les réinsérer dans un autre... Est-ce qu'on peut les réutiliser ou est-ce qu'on peut les recycler, voilà. Et donc du coup ils se sont mis en contact avec eux, ils ont travaillé avec eux. Et je sais que dans les panneaux du pavillon — mais on peut aussi regarder un peu plus en détail le pavillon à proprement parler, parce que comme ça je peux parler des matériaux aussi C'était des panneaux, il y avait énormément de panneaux, et les panneaux, certains d'entre eux ont aussi été récupérés, ont été ramenés en Belgique. Des utilisations diverses et variées, parce qu'il faut savoir que, voilà, ces panneaux, ce n'était pas des matériaux de construction à proprement parler. On est vraiment sur du parement, donc ils ont pu être utilisés de diverses manières.

Mais voilà, je ne sais pas du coup si ça répond à ta question ?

Elisa : Si, mais donc ils n'ont pas été entre guillemets, les éléments qui ont été rendus à la terre ?

Juliette : Ils ont été réutilisés dans d'autres applications, oui, a priori. Je ne saurais pas te le garantir à 100 %, mais en tout cas, de ce que moi je sais, de ce que j'ai suivi, ils ont été réutilisés. Peut-être que maintenant certains d'entre eux ont été remis en terre. Mais en tout cas, directement après, il me semble que tous ont été d'une manière ou d'une autre remobilisés dans le cycle, plutôt de remise en exposition, ou alors utilisés comme pièces un petit peu, tu vois, que... que tu montres dans des conférences, quand tu fais des interventions, ce genre de choses. Ou alors carrément du mobilier ou ce genre de choses, quoi, en termes plutôt

d'utilisation pour du design. Mais de ce que je sais, de ce que je savais à l'époque, parce qu'à nouveau, on est déjà en train de parler de quelque chose d'il y a un moment. Ils n'ont pas été directement remis à la terre pour rentrer dans ce cycle qui est prévu à la base. Donc pour cela, en tout cas, pour les panneaux vraiment strictement du pavillon de la Biennale, ce qui n'est pas le cas de tous les autres matériaux qui sont utilisés dans d'autres projets par les collectifs que j'ai observés.

Elisa : Est-ce que dans tout ce que tu as pu observer, est-ce que tu as vu des cas où l'objectif était d'avoir quelque chose qui tenait entre guillemets sur... Nous, enfin moi en construction, on a la fameuse... les 10 ans de garantie... Sur quelque chose qui dure dans le temps, un peu comme les matériaux conventionnels, où on assure que dans 10 ans ils seront toujours là ? Ou ce sont toujours en fait des éléments à cycles de vie assez courts, assez temporaires ?

Juliette : Ouais alors du coup, moi je me base vraiment uniquement sur mes enquêtés et les personnes que j'ai accompagnées. Et c'est aussi ça que je te disais en fait quand tu m'as contactée, c'est que pour le coup, même si moi j'ai travaillé avec des architectes et des designers, le cadre vraiment spécifique de mon enquête de terrain, c'est les laboratoires Do It Yourself, sciences participatives, citoyennes. Et même si moi j'ai observé vraiment pas mal d'évolutions auprès de tous ces différents acteurs, donc certains qui sont tous engagés dans des projets plutôt d'entrepreneuriat, d'autres qui ont complètement lâché l'affaire, d'autres qui sont partis vraiment dans l'artistique pur et dur. Enfin voilà, dans plein de directions différentes... Ce ne sont pas des personnes qui, pour celles avec lesquelles j'ai fait le plus de terrain, puisque j'ai fait des entretiens aussi avec d'autres, ce ne sont pas des personnes qui avaient, au moment de l'enquête, l'objectif de mettre sur le marché leurs productions. C'était peut-être un horizon lointain : "Un jour on y arrivera peut-être, un jour on le fera, ce serait super de le faire..." Mais là, pour l'instant, ce n'est pas l'objectif. L'objectif pour eux, c'était vraiment de perfectionner ce qu'ils étaient en train de faire, de développer d'autres protocoles, des processus innovants, différents de ce qui existe déjà. Et par exemple, pour citer les architectes de la Biennale, eux ils le disent très clairement : leur objectif à eux, ce n'est pas d'être des producteurs. En fait, ils travaillent avec le mycélium parce que c'est passionnant, parce que ça leur a fait découvrir plein de choses, parce qu'ils ont envie de l'intégrer dans leur conception de l'architecture. Mais ils ne se voient pas comme des personnes qui, à long terme, produiront des micro-matériaux à grande échelle. Ce n'est pas quelque chose qui est... qui est central pour eux.

Donc voilà, c'est pour ça, les personnes avec lesquelles moi j'ai travaillé, ce n'est pas exactement l'idée d'avoir des matériaux qui... qui tiennent dans le temps, qui répondent aux normes, et qui puissent être vraiment achetés, intégrés à des projets architecturaux ou autres. À certains moments, ça a été un objectif, à d'autres moments, plus du tout, mais en tout cas, moi ce n'est pas ce que j'ai pu observer dans les pratiques.

Donc voilà, c'est aussi ça qui est un petit peu compliqué pour... pour te répondre sur cette question. Alors que, par exemple, pour la Biennale de Venise, donc c'est le collectif Bento qui était commissaire, mais les personnes qui ont produit vraiment les panneaux en mycélium, c'est l'entreprise PermaFungi, de Bruxelles.

Mais moi je n'ai pas d'observation de terrain avec eux pour ce moment de la production. Donc... alors qu'eux, par exemple, au début de ma thèse, n'étaient pas du tout dans cette dynamique-là. Ça faisait longtemps qu'ils travaillaient avec les micro-matériaux, c'était vraiment, en Belgique, presque des pionniers, là-dedans. Mais ils n'étaient... au moment où j'ai commencé, ils n'étaient plus exactement là-dedans, ils étaient plutôt dans la production vraiment de... Comment dire... la culture de champignons à Bruxelles, principalement. Et là, ces dernières années, ils ont vraiment levé des fonds pour devenir les acteurs principaux, je vais dire de Belgique, voire même certainement plus que de Belgique, de la production de mycomatériaux. Je ne sais pas si tu l'as vu, du coup, mais il y a eu des articles de presse aussi qui sont sortis, et pas mal de choses. Donc eux, ils se spécialisent là-dedans. Eux, c'est vraiment leur truc. Mais moi, au moment de mon terrain, ce n'est pas ça que j'ai pu observer, ce n'était pas ça. J'aurais voulu suivre ça, parce que je trouve que justement le transfert entre le laboratoire artisanal et l'industriel est passionnant, et les questions ont été abordées en long en large pendant toute mon enquête, mais je n'ai pas pu les observer. Donc ça, c'est plutôt, je dirais, avec des personnes comme PermaFungi que ces questions, elles se poseraient directement.

Elisa : Ils sont plus compliqués à contacter...

Juliette : Oui, C'est ça. C'est sûr. Et puis il faut savoir que tout ça, c'est très récent aussi. En fait, les questions, elles sont discutées, elles... oui, elles travaillent avec les praticiens depuis très longtemps, mais le fait, pour certains, d'être capables de mettre en œuvre ce type de mise à l'échelle, de standardisation, ce sont des choses qui prennent beaucoup de temps et qui commencent à peine à arriver, en tout cas pour les personnes dont on parle. Il y a d'autres groupes, il y a d'autres entreprises qui le font depuis plus longtemps. Il y a des groupes comme, bah tu les connais, les autres, hein, ceux qui sont aux États-Unis ou en Europe. J'ai eu l'occasion de discuter avec certains d'entre eux. C'est plutôt... c'est moins dans les matériaux de construction. Je ne sais pas ce que toi tu as pu découvrir, en fait, dans tes recherches, parce que j'imagine que tu t'es penché aussi sur la littérature scientifique sur les matériaux de construction. Moi, c'est plutôt au niveau du design et du mobilier, en fait, que les personnes... Enfin, c'était plutôt sur ces aspects-là que les personnes travaillaient. Donc ce ne sont pas les mêmes enjeux non plus, en termes de normes. On n'est pas du tout... les matériaux de construction, c'est... On est vraiment sur quelque chose de très spécifique, de très normé, et c'est ça qui pose un tas de problèmes, et de questions, quoi.

Elisa : Et moi, c'était le gros point qui a été problématique, enfin, pas problématique, mais qui était complexe, dans mon travail. C'est qu'étant donné que c'est un nouveau matériau, qui en plus de ça est vivant, il y a autant de protocoles que de papiers, il y a autant de types d'essais... Et toutes les normes ne sont pas, pour le moment, adaptées aux mycomatériaux, et donc on est obligé d'utiliser des normes, par exemple, pour le béton. Enfin... les essais d'absorption d'eau, moi c'était le cadre de référence des absorptions d'eau du béton, c'est ça. Mais ce ne sont pas les mêmes matériaux, donc ce ne sont absolument pas les mêmes choses, et donc on se retrouve avec un éventail de normes différentes, qui compareraient, des fois, les mêmes matériaux, mais qui n'ont pas les mêmes bases théoriques, et donc, au final, comparer... Je fais une espèce de benchmarking de tout ce qu'on avait et de tous les résultats, et au final la conclusion, c'est de dire qu'on peut difficilement comparer ce qu'on a obtenu, parce qu'on a des valeurs qui sont dans des cadres théoriques différents, mais qui sont difficilement comparables,

parce que pas les mêmes normes de référence, et donc c'est super compliqué de pouvoir intégrer, d'un point de vue propriétés pures, le matériau dans les cadres de la construction.

Juliette : Oui, oui, c'est ça. Et en fait, j'ai, moi, vraiment l'impression que c'est peut-être, pour certains aussi, ce qui les bloque dans la poursuite de leurs activités. C'est en fait dépasser ces obstacles-là, c'est vraiment monumental comme exercice. Parce qu'en fait, non seulement ça prend du temps, tu le sais bien, j'imagine que tu l'as lu, tu l'as vu, ça prend énormément de temps, c'est énormément de temps pour... même soi-même s'approprier des protocoles, les redévelopper, les adapter avec les spécificités de tes propres matériaux, tes propres mycéliums, tes propres conditions. Ça prend plein de temps. Pour les personnes, moi, avec lesquelles j'étais sur le terrain, en fait faire tester les matériaux quand tu es dans un cadre artisanal, Do It Yourself, ce n'est pas facile non plus d'accès. Pour être en contact avec des labos, aller tester des matériaux, ou être pris aussi au sérieux, je veux dire que les gens t'ouvrent les portes, et ça a un coût, ça coûte... enfin c'est vraiment, c'est très cher ce genre de choses. Donc c'est très compliqué, pour tous ces aspects-là. Et aussi, comme tu le dis bien, en fait, simplement parce que les référentiels n'existent pas, n'existent pas encore. Et ça, ce n'est pas uniquement du fait des praticiens. Il faut que d'autres choses soient mises en place, par d'autres acteurs, enfin plus nombreux, du secteur de la construction et autres, pour que les praticiens eux-mêmes puissent répondre et rentrer dans ces référentiels. C'est ça qui est vraiment complexe. C'est qu'on ne peut pas juste inventer quelque chose, le mettre en œuvre, ça fonctionne, c'est bien, toi tu sais que ça marche, tu sais qu'en tout cas, ça fait le boulot que tu demandes de faire à ce type de matériau, à ce type d'objet... Mais... "Maintenant faites-nous confiance, et vous verrez comment ça se passe" ... ça ne marche pas comme ça. C'est hyper complexe. Moi, j'ai des personnes sur le terrain qui, par ailleurs, se spécialisent dans la terre crue, et alors, ce n'est pas les mêmes enjeux, ce ne sont pas les mêmes questions, mais il y a pas mal de choses qu'on peut mettre en commun entre différentes pratiques. Et même, on le voit bien pour la terre crue, qui pourtant est un procédé beaucoup plus connu, beaucoup plus ancien, beaucoup plus référencé, et même, y compris dans des gros chantiers, même pour eux, c'est déjà compliqué parfois de mettre en place des choses.

Ou alors, avec des matériaux plutôt naturels, ou qui mobilisent en tout cas des ressources un petit peu différentes, mais qui pourtant existent depuis longtemps, et qui sont déjà mis en place, et qui fonctionnent depuis des années. Déjà, pour tous ces produits-là, c'est compliqué. Donc il faut imaginer qu'avec les matériaux fongiques, on est dans quelque chose qui n'existe même pas encore vraiment... enfin, pas vraiment ici, en tout cas en Europe. Moi, je parle surtout de la Belgique et de l'Europe que je connais le mieux. Mais je me pose aussi la question pour les États-Unis, qui sont beaucoup plus en avance que nous sur ces matériaux de construction à base de champignons, dans le sens où là-bas, il y a des laboratoires qui travaillent vraiment spécifiquement là-dessus, et je parle de gros laboratoires institutionnels. Donc je me demande aussi comment, chez eux, ça s'aligne avec ce type de normes et avec les règles de brevetage. Parce qu'il y a, d'un côté, la question des normes, et de l'autre, celle du brevetage du vivant. Et ça, c'est encore un autre sujet, qui pose tout un tas de questions, pas seulement techniques et légales, mais aussi en termes de positionnement : en tant que praticien ou praticienne, est-ce qu'on est d'accord avec ça ou pas ? Il y a vraiment plein d'enjeux différents. Les brevets, le brevetage, c'est plutôt quand tu veux commercialiser des produits ou des procédés de fabrication. Comme tu sais, il faut déposer des brevets dans ce genre de situation.

Mais pour les personnes qui travaillent avec le mycélium, c'est un gros sujet, un vrai enjeu. Tout ce que j'ai pu étudier et observer montre que beaucoup ne sont pas entièrement à l'aise avec l'idée de breveter ce qu'ils font avec le vivant. Pour eux, les mycéliums, les non-humains, sont des partenaires du projet. Et il y a quelque chose de très contre-intuitif dans le fait de transformer ce vivant, avec lequel, au quotidien, dans les laboratoires, ils développent une véritable relation, en simple objet de propriété intellectuelle. Les humains qui travaillent avec le mycélium ont bien conscience de son agentivité, de sa puissance d'agir. Ils ne peuvent pas le considérer juste comme une ressource. Ce n'est pas quelque chose d'inerte, de passif. Certes, ce n'est pas un animal avec lequel on peut interagir de manière sensible, mais ce n'est pas non plus une matière morte. En fait, on parle rarement de « matière » à son sujet. Les champignons répondent à ce qu'on leur propose... et parfois pas du tout, ce qui montre bien qu'ils sont vivants. Alors vouloir faire entrer toute cette richesse, toute cette complexité, dans le cadre hyper strict, normé et rigide des brevets... c'est compliqué. Comment breveter le vivant, comment breveter la vie ? Ça se fait, oui, certains le font. Mais ça soulève des débats : il y a ceux qui refusent, ceux qui acceptent, parfois après de longues réflexions, et ceux qui finissent par le faire par nécessité. Dans tous les cas, ça prend du temps et ça demande de la réflexion. J'ai aussi une des interviews avec certains praticiens qui, eux, sont vraiment entrés dans des processus plus industriels. Et ils vont finir par le faire, breveter, parce qu'ils n'ont pas vraiment le choix. Mais ils le font avec beaucoup de réflexion, beaucoup de considérations sur ce qu'ils veulent ou ne veulent pas faire. Et malgré tout, ça reste nécessaire. Parce que, moi, je ne sais pas comment toi tu as découvert les recettes ou les protocoles qui t'intéressaient, mais il faut se rappeler qu'au départ, la fabrication des micro-matériaux, ça vient d'une très grande communauté vraiment artisanale, qui se partageait ses trucs et astuces, notamment sur internet. C'était beaucoup sur les forums, et c'est là que les choses se sont mises en place, avec énormément de générosité, de partage, d'entraide. Mais au moment où tu commences à fabriquer tes propres matériaux et que tu as envie de les valoriser, que ce soit dans des expositions ou en les commercialisant, le partage de tes recettes avec d'autres devient plus complexe. Et donc, même si au départ, chez toutes les personnes que j'ai rencontrées, y compris celles dont j'ai lu les travaux dans des articles, il y avait un idéal très fort de partage, d'open source, de communauté autour des champignons... à un moment donné, ça se complexifie. Est-ce qu'on a vraiment envie de partager tout ce qui nous a pris parfois des années à mettre en place, pour que quelqu'un vienne récupérer la recette, la redéveloppe, et peut-être, réussisse à la mettre plus en avant que nous ? Et du coup, il y a toute cette question qui se pose dans des communautés qui, il faut le dire, sont extrêmement précaires. Ce sont des personnes qui travaillent avec leurs propres ressources, leurs propres moyens, qui n'en vivent pas ou très rarement. Tout ce travail est en fait gratuit, non salarié, il prend énormément de temps, il est complexe. Alors si quelqu'un décide d'utiliser une recette pour se faire de l'argent ou défendre des valeurs complètement différentes, par exemple pas du tout écologiques, juste dans l'apparence, ça pose problème.

Elisa : Tu me dis que toi aussi, tu as été confronté à cette question : à un moment donné, le partage coinçé. Oui. Et souvent, les rares fois où j'ai trouvé des protocoles complets, de A à Z, où tout était dedans, eh bien c'était précieux. Mais pour moi, le plus gros défi de mon travail, ça a été qu'au final, quand je regarde maintenant, en fin de parcours, mon planning, tout ce que j'ai accompli, je me rends compte que j'ai eu énormément d'erreurs pour peu de réussites du point de vue de la production. Si je mets un tableau avec tous les essais que j'ai faits, et

que je mets sur une table tout ce que j'ai produit, il n'y en a pas tant que ça. Beaucoup d'erreurs venaient de choses que tout le monde a déjà vécues au début, c'est certain. Mais comme ces erreurs ne sont pas toujours indiquées, soit pour mettre en avant uniquement ce qui marche, soit par choix de garder certains détails secrets... eh bien, on se retrouve à les refaire. Et parfois, ce sont juste des petits détails qui changent tout, mais qui ne sont pas transmis, justement parce que ça fait partie des recettes que l'on garde pour soi, ce que je comprends aussi, quand on a mis tellement de temps à développer quelque chose.

Juliette : Ça, c'est intéressant ce que tu dis, parce que ça conforte complètement ce que moi j'ai pu observer. Et là, à nouveau, il ne s'agit pas forcément d'une intention volontaire et malveillante de cacher les choses, mais par la force des choses... j'ai quand même pu observer qu'il y a une petite notion de secret qui est présente. Et parfois, ça entre un peu en confrontation avec les idéaux portés par les parties prenantes de ce type de projet.

Pour les raisons qu'on vient d'énoncer, et qui, je pense, sont tout à fait compréhensibles, il y a aussi cette idée de valoriser l'essai-erreur, le travail à faire par soi-même, pour vraiment apprendre à connaître ces champignons et ces matériaux avec lesquels on travaille. Mais c'est marrant que tu dises que potentiellement les autres ont aussi fait toutes ces erreurs pour arriver à très peu de résultats, parce que, pour moi, c'est sûr à 100 %. C'est ce que j'ai vu dans tout ce que j'ai lu avant et pendant mon terrain, dans les travaux des étudiants, des chercheurs, et sur le terrain lui-même. Tout le monde passe par là. J'ai même l'impression que c'est inhérent à ce type de projet, avec la frustration qui va avec : tout ça pour ça. Et en même temps, il faut trouver un moyen d'en être satisfait, d'en être fier, et de réussir à valoriser quelque chose là-dessus. Ou alors, complètement lâcher l'affaire, ce qui arrive à certains, évidemment. Tout le monde n'a pas envie de se démener pour si peu de résultats.

Ce que je mets en avant dans mon travail, d'un point de vue plus anthropologique, c'est que dans toute cette frustration et ces « échecs » entre guillemets, il y a aussi de l'intérêt. En tout cas, pour celles et ceux qui continuent de s'engager dans ce type de pratique. Parce que, pour d'autres, c'est vraiment un frein : à un moment donné, si tu as si peu de résultats pour autant de boulot, tu peux te dire que ça ne vaut pas la peine.

Pourquoi certains continuent ? Peut-être parce qu'il y a quelque chose à creuser là-dedans, qui fait que le sens reste présent et même, parfois, se décuple. Pour moi, c'est un des résultats de mon travail : ce qui donne du sens à tout ça, c'est justement cette relation au vivant et aux choses qui se développent, et qui ne fait que s'approfondir. Ça amène vers d'autres horizons, d'autres possibles quitte à ce que, parfois, ces possibles n'aient plus grand-chose à voir avec le mycélium.

Par exemple, chez les architectes, tous leurs projets ne sont pas liés au mycélium. En fait, c'est un projet plus global de construction, qui n'est pas uniquement centré sur les micro-matériaux. Parce qu'à un moment donné, il faut être réaliste et voir ce qui prend et ce qui ne prend pas. Pour revenir à ce dont on parlait juste avant : la question qu'on leur pose tout le temps, aux architectes, c'est « quand est-ce que ce sera possible de vraiment mettre en place ces micro-matériaux dans un projet architectural ? » Imaginons : il y a un projet qui s'ouvre à Bruxelles, vous gagnez le marché public... est-ce que vous pouvez intégrer les micro-matériaux dedans ?

En réalité, n'ayant pas de réponse immédiate, ne sachant pas exactement comment contourner les obstacles, il ne faut pas rester bloqué là-dessus. Il y a plein d'autres choses à faire pour faire avancer le projet global d'une construction plus écologique. C'est pour ça que, pour le bureau d'architecture Bento par exemple, même si on met souvent en avant leur travail avec le mycélium, ils sont loin d'être centrés uniquement là-dessus. Leur approche passe aussi par le réemploi, les partenariats avec d'autres acteurs, etc. Parce que, aussi passionnante que soit l'élaboration de matériaux à base de mycélium, ça reste très, très complexe. Et pour l'instant comme je le disais tout à l'heure, je ne sais pas exactement... mais je n'ai pas vu, en tout cas ici en Belgique, de moyens de contourner ces obstacles qui soient déjà accessibles. Peut-être qu'il y a eu du nouveau depuis, mais je n'ai pas refait de terrain depuis quelques mois.

Elisa : Tu peux m'en dire un peu plus, du coup, sur ces obstacles que toi, tu as identifiés en Belgique ?

Juliette : Oui, mais c'est justement ce dont on parlait tout à l'heure : c'est vraiment la question des normes. Les normes, mais aussi et là, c'est ce qui m'intéresse le plus les dimensions socioculturelles des matériaux. Il n'y a rien à faire, on touche à plein de choses... mais en premier lieu, à la perception des champignons. Il y a une évolution, ça oui. Moi, j'ai vraiment observé, en quelques années, avec la médiatisation et le succès de ce type de matériaux dont je parlais dans la conférence l'autre fois, qu'il y a un intérêt grandissant pour les champignons. Une curiosité, en tout cas, qui est vraiment notable.

Mais d'un point de vue des représentations qu'on peut avoir, nous, en Europe, en Belgique, dans une société occidentale contemporaine, les champignons restent quand même globalement associés à des choses assez négatives. Sauf quand on est dans le médicinal ou l'alimentaire, là, ils sont extrêmement valorisés, leur potentiel est bien connu et apprécié depuis longtemps. Quoique, même pour le médicinal, ce n'est pas encore si ancré que ça, en tout cas en Europe. On est moins là-dedans, même si aujourd'hui, il y a de nouvelles approches qui se développent, y compris dans des traitements liés à la psychologie ou à la psychiatrie.

Par contre, pour la construction, pour l'intérieur, pour l'habitat, là, clairement, les représentations sont négatives. Vraiment, en termes d'émotions et d'affects associés, on est sur du dégoût très fort. Je pense que le dégoût est l'un des ressentis les plus élevés chez les gens quand on parle d'avoir des matériaux à base de champignons chez soi, d'autant plus quand ces matériaux sont encore, dans une certaine mesure, vivants. Cette idée-là aussi est importante : les mycomatériaux restent, d'une certaine façon, vivants. Et ça, ça fait quelque chose aux gens. C'est très associé au dégoût, mais aussi parfois à la crainte, ou à une sorte de malaise lié au fait d'avoir quelque chose de vivant chez soi.

C'est rare, en fait, d'avoir quelque chose de vivant chez soi dont on a conscience et qui est perçu comme tel. Je ne parle pas d'une plante verte dans le salon, ici, on parle d'objets, d'artefacts, dont la caractéristique principale est d'être vivants, de provenir du vivant. D'habitude, le mobilier ou les objets du quotidien sont considérés comme inertes. Bien sûr, certains sont faits de matériaux naturels, et oui, ils évoluent avec le temps, même une chaise en bois ou en plastique n'est pas complètement inerte, mais on ne les perçoit pas comme vivants. Là, avec ces matériaux, la dimension vivante est centrale et assumée. Et donc, cet aspect vivant est perturbant pour beaucoup de raisons. Les champignons, en eux-mêmes, sont perturbants pour

plein de raisons aussi. Dans la construction, associer « champignons » et « bâtiment », normalement, c'est l'angoisse. C'est le stress. Les deux mots ne vont pas ensemble dans l'imaginaire collectif.

Alors oui, comme je le disais tout à l'heure, j'ai observé une évolution, surtout dans la presse et dans les événements organisés autour des champignons, notamment en art et design. Il y a un intérêt croissant, lié aussi au contexte actuel où les questions écologiques sont au centre des préoccupations. Mais malgré cet engouement, j'ai encore observé, très récemment, que les réactions premières instinctives restent : « C'est bizarre », « Ça fait peur », « Qu'est-ce qui va se passer ? » Chez beaucoup d'architectes ou de professionnels de la construction, il y a une réticence au départ. Le principe les intéresse, mais concrètement, dans les faits, c'est autre chose. Et puis il y a la question de la contamination, qui est toujours présente — elle fait complètement partie des enjeux de l'élaboration des micro-matériaux. On a du mal à imaginer l'implémentation à grande échelle, et ça demande beaucoup de travail. C'est d'ailleurs un aspect sur lequel je travaille : au-delà de la technique et du technologique, il y a un vrai travail d'accompagnement autour des représentations que les gens se font de ces matériaux.

Comment rendre ces matériaux non seulement techniquement faisables, mais aussi désirables pour d'autres ? Parce qu'à quoi bon faire tout ça si personne n'est intéressé, et si tout le monde est absolument effrayé à l'idée d'avoir des champignons à l'intérieur ? Donc voilà, dans les freins dont on parlait les obstacles, je dirais qu'il y a vraiment cette question des représentations, qui est très forte. Et je pense que j'en avais un autre en tête, mais en développant, il m'a échappé... peut-être que ça va me revenir, mais là, je ne m'en souviens plus.

Elisa : Moi, ce que j'ai observé à travers mes focus groups, c'est qu'au départ, les gens étaient catégoriquement contre : champignons et habitat ou construction, ça ne pouvait pas aller ensemble. Mais une fois qu'ils étaient en contact avec le matériau, il y avait un changement de perception, que j'ai trouvé assez impressionnant. Des personnes qui m'avaient dit dès le début « c'est non, tu peux oublier », finissaient parfois par dire « peut-être ». Ça n'a jamais été un « oui » franc, mais ce « peut-être » est intéressant, surtout quand on pense au point de départ, avec, évidemment, tous les freins et toutes les contraintes que les gens perçoivent autour de ce matériau.

Juliette : Oui, oui, moi aussi, c'est ce que j'ai vu. J'ai beaucoup observé les moments de démonstration des matériaux, un peu comme celui que tu as fait à la conférence, même si c'est très rapide. Le fait de venir avec les matériaux, de les présenter, de voir comment le public réagit, de voir comment les gens les touchent... ça change quelque chose.

Même chez des personnes qui passent beaucoup plus de temps que quelques minutes avec les matériaux, j'ai constaté que le dégoût, qui est pour moi un enjeu central, s'estompe assez vite. Et ça vaut aussi pour des praticiens ou praticiennes qui fabriquent ces matériaux : certains n'étaient pas spécialement emballés au départ, surtout à cause de tout ce que ça implique au laboratoire, les odeurs, les contaminations, etc. Mais en passant du temps avec le matériau, en voyant le résultat, en l'apprécient, en le touchant, en l'installant chez soi, il se crée quelque chose. Pour certains, un lien presque affectif. Pour d'autres, une appréciation plus esthétique, qui vient simplement du fait de se rendre compte de ce que c'est, de voir que ce n'est pas un alien visqueux et gluant qui bouge dans un coin. En fait, selon la manière dont c'est travaillé

esthétiquement, on peut obtenir des rendus très « soft », très épurés, loin du brun organique et de la croissance un peu imparfaite que beaucoup recherchent, mais que d'autres préfèrent éviter. L'entreprise Mogu, par exemple, en Italie : au départ, ils étaient très dans ce côté organique, avec des fruits de champignons qui poussaient sur les objets, la fructification apparente, le côté brut. Aujourd'hui, ils font des panneaux d'isolation au design très soigné, magnifiques... mais où on ne devinerait même pas que c'est du mycélium. Et ça pose à nouveau la question : qu'est-ce qu'on enlève pour rajouter autre chose ? Comment gagner en visibilité, en acheteurs, en adeptes... et qu'est-ce qu'on perd en chemin ? On perd peut-être une partie du vivant, ou en tout cas de ce qui est perçu comme tel — ce qui montrait le côté organique.

Tu vois, ce sont constamment ces enjeux-là. Et donc oui, cette question des représentations... C'est aussi pour ça enfin, pas uniquement que je me suis intéressée à ce sujet. Mais en tout cas, je me suis vite rendu compte que c'était un terrain d'étude intéressant une fois que j'étais dedans : tous ces enjeux liés à ce que les champignons « font » aux gens, à la façon dont ils les connaissent... et en fait, ils les connaissent très peu. Et au-delà des champignons eux-mêmes, il y a aussi tous les objets qui nous entourent : comment on les perçoit, ce qu'on leur attribue ou pas, ce dont on a envie qu'ils aient comme place ou comme impact dans notre quotidien. C'est tout un ensemble de questions qui touchent directement à la vie domestique, et pas seulement à l'aspect technique ou industriel.

[bruits d'interruption de la conversation]

Juliette : Bref, pour revenir au sujet, cette question-là, pour moi, c'est un des gros obstacles. Ça dépasse largement la technique et la simple organisation quotidienne. Tu l'as bien vu aussi : au niveau des temporalités de fabrication des mycomatériaux, il y a tous les enjeux dont on a déjà parlé, essais, erreurs, échecs, réussites partielles... Même si, au bout d'un moment, les praticiens arrivent à bien maîtriser leurs recettes, à garantir que ça fonctionnera à telle date, de telle façon, et à pouvoir livrer ce qui est prévu... il reste un autre enjeu majeur : l'argent. Il faut des personnes prêtes à investir dans ce type de projet, avec toute l'incertitude que ça implique, incertitude qu'on essaie de réduire au maximum, mais qui reste là, que ce soit dans l'enrôlement du vivant dans les processus de fabrication, dans l'évolution du matériau, ou dans le rapport aux normes dont on a parlé. Et ça, ça veut dire qu'il faut des gens extrêmement convaincus pour mettre de l'argent dans le développement de ces projets, que ce soit au niveau des laboratoires ou des projets architecturaux. Des gens qui y croient vraiment, et qui veulent qu'on essaye d'intégrer ce type de matériaux.

Mais il y a aussi la question des finances des praticiens eux-mêmes. Parce que ça coûte cher, très cher, de développer et de créer son laboratoire quasiment de A à Z. Souvent, on parle de collectifs qui doivent tout mettre en place eux-mêmes. Les laboratoires institutionnels, dans les universités, ce n'est pas vraiment leur rôle de produire ce type de matériaux-là. Du coup, déjà, mettre en place ses propres infrastructures, ça a un coût énorme. Et ensuite, il faut pouvoir continuer à développer et à mettre en place les choses sur le long terme. Comme je le disais, pour les personnes avec lesquelles j'ai travaillé, c'est un travail de longue haleine : on part d'activités « à côté » qui ne rapportent pas d'argent, qui en font même perdre et, petit à petit, ça peut devenir un moyen de vivre... ou au moins de ne plus être en déficit. On ne peut pas mettre de côté l'aspect financier. Il est crucial pour comprendre pourquoi les choses sont parfois

aussi lentes à se mettre en place. Il faut convaincre les futurs consommateurs ou acheteurs potentiels, convaincre les financeurs de laboratoires... Et puis il faut tenir sur le long terme. On ne peut pas s'arrêter au milieu. Moi, j'ai aussi rencontré des gens, pas beaucoup, mais certains, qui étaient extrêmement bien engagés dans la fabrication de mycomatériaux et qui, pour diverses raisons, parfois liées au Covid, parfois professionnelles, ont dû faire une pause à un moment donné. Et ça, ça a été extrêmement dur pour eux à reprendre. Certains n'ont même pas su repartir, parce qu'il fallait pratiquement tout recommencer à zéro : leur culture ne fonctionnait plus, leurs expériences ne donnaient plus les mêmes résultats ou ils n'avaient tout simplement pas pu les suivre pendant un certain temps. Du coup, reprendre, c'était très compliqué. Dans ce type de pratique, il faut une continuité, et pour ça, il faut du temps... et de l'argent, comme pour énormément de choses dans la vie. Pour moi, c'est un obstacle très fort, en particulier pour les praticiens et praticiennes.

Elisa : J'avais d'ailleurs vu, et ça m'avait surprise, un article qui disait qu'au niveau du prix au mètre carré, le mycélium était assez compétitif. Mais en réalité, c'est surtout vrai d'un point de vue « matière première ». C'est relativement compétitif à ce niveau-là, mais dès qu'on regarde la production, c'est là que le coût devient relativement élevé.

Juliette : Oui, c'est ça. En tout cas, moi, c'est vraiment l'impression que j'ai. Effectivement, cet argument du prix est souvent mis en avant. Théoriquement, si on arrive à atteindre la circularité souhaitée, où tout est centralisé en termes de ressources, où il y a un retour à la terre au même endroit et où, en théorie, on peut recommencer à l'infini, alors oui, ça pourrait être compétitif. Mais dans les faits, au niveau de la production, pour maintenir une chaîne qui tienne la route, il faut aussi avoir des personnes disponibles, même pour un travail qui, parfois, consiste « juste » à surveiller que tout fonctionne bien. Il faut que quelqu'un soit là pour le faire. Et pour que ce soit rentable, il faut que ce soit optimisé. Là-dessus, je n'ai pas d'études précises, je me base sur un ressenti personnel, mais la rentabilité me semble encore difficile à atteindre. Je trouve compliqué de dire que les mycomatériaux sont aujourd'hui 100 % compétitifs par rapport à d'autres matériaux établis, connus et utilisés depuis longtemps. Malheureusement, là où on gagne certaines choses, on en perd d'autres. Et la sécurité associée aux matériaux plus énergivores, plus polluants, on la perd si on opte pour du fongique, même si, évidemment, on y gagne sur beaucoup d'autres qualités. C'est pour ça qu'il faut garder espoir. Ça peut paraître un peu naïf, mais moi je pense que ce sont des choses qui peuvent évoluer, et qui vont évoluer. Rien qu'en quelques années, j'ai vu un intérêt croissant, y compris de la part d'investisseurs.

Mais cette question-là revient toujours, et on me l'a beaucoup dite sur le terrain : « Est-ce que ça fonctionne ? Si oui, est-ce que ça fonctionne maintenant ? Est-ce que je peux l'acheter maintenant ? Et combien ça coûte ? Est-ce que ce sera rentable ? » Ces questions-là, elles sont constamment présentes. Et les praticiens doivent être prêts à y répondre, à réagir. Pas en masquant leurs faiblesses, mais en réussissant à expliquer que ce qui peut sembler être des faiblesses n'en sont pas vraiment : c'est simplement la réalité d'un processus long, complexe, mais porteur de sens. Les choses se mettront en place, mais il faut que les gens acceptent de faire confiance. Et c'est extrêmement difficile de demander à quelqu'un de faire confiance quand on n'a pas de résultats tangibles, concrets, ou de solutions toutes faites et clés en main. Pourtant, c'est une situation que, d'après ce que j'ai vu, tous et toutes rencontrent en

permanence dès qu'ils discutent avec des acteurs extérieurs, non-initiés ou très peu initiés à ce type de matériaux.

Elisa : Oui, et cette question de demander aux gens de faire confiance... est-ce que, même quand on y croit et qu'on fait confiance, il n'y a pas toujours, derrière, une petite incertitude liée au fait que, comme tu disais, c'est vivant ? Moi, c'est la question que je me posais : j'y crois, j'ai confiance en ce que j'ai développé, mais j'ai toujours cette incertitude liée à la contamination, au fait que mes échantillons ne soient jamais exactement les mêmes...

Juliette : Oui, oui, oui. Ça, clairement, je l'ai observé. Chez les praticiens, architectes, designers, producteurs... il y a à la fois une grande confiance dans le projet et dans les organismes eux-mêmes, dans leurs qualités, dans ce qu'ils sont capables de faire, et une conscience aiguë de ce que peuvent donner les matériaux une fois aboutis. Cette confiance, elle est solide, elle permet de faire tenir le projet. Mais l'incertitude, elle, est constamment présente. Je suis quasiment sûre qu'elle est intrinsèquement liée à ce type de travail avec le vivant. Sauf peut-être quand on entre dans des processus industriels très cadrés, qui éloignent presque complètement du rapport concret et sensible au vivant, ce qui, d'ailleurs, est une des raisons pour lesquelles certains n'ont pas envie d'aller vers l'industriel. L'incertitude, pour moi, c'est une notion clé qui accompagne les projets du début à la fin. Et il ne faut pas forcément la voir comme quelque chose d'uniquelement négatif, même si elle est inconfortable. Elle peut créer du doute, mettre mal à l'aise, compliquer la communication... Ce n'est pas agréable quand on veut vendre un projet, mais elle fait partie du processus. Elle est là à tous les niveaux : techniques, conditions de culture, propriétés et capacités des organismes, cycle de vie des mycéliums et des matériaux... et aussi dans le ressenti : « Est-ce que ça va marcher cette fois-ci ? » Il y a eu tellement d'erreurs avant, pourquoi pas encore une ? Est-ce qu'il n'y aura pas une contamination, même si on a tout fait pour l'éviter ? Avec le temps et la pratique, cette incertitude s'atténue. Elle ne disparaît pas complètement, mais elle devient plus facile à gérer. Et là, pour moi, il y a quelque chose d'important du point de vue de l'anthropologie de la communication : cette incertitude n'est pas toujours mise en avant. Montrer qu'on a confiance tout en disant qu'il y a toujours une possibilité d'échec, c'est une posture qui peut être perçue comme vulnérable, et donc rarement adoptée ouvertement face à des interlocuteurs extérieurs. Entre praticiens, on le sait, et c'est normal. Mais face à des personnes qui ne connaissent pas bien le mycélium ou qui n'ont pas le temps ou l'envie de s'y intéresser, la question qui revient, c'est simplement : « Est-ce que ça fonctionne ? » Et là, on sait qu'il faut répondre « Oui », même si la réalité est plus nuancée.

Est-ce qu'il y a un risque ? Non. Est-ce que c'est dangereux ? Non plus. En fait, on sait que, dans beaucoup de contextes, surtout quand il s'agit de lever des fonds, de faire du networking, ou de convaincre des gens, il faut donner des réponses claires. Pas des zones grises. Pourtant, pour moi, le travail avec les micomatériaux, ça reste souvent du gris. Et ce n'est pas une mauvaise chose. Mais c'est sans doute aussi ce qui fait que, quand certains cherchent à valoriser leur production et à intéresser d'autres personnes, ils vont, sans forcément cacher ces aspects-là, les minimiser ou les présenter autrement. Peut-être en évitant de partager leur incertitude de manière trop spontanée, trop brute. Mais, pour moi, elle est bien là. Je pense que, tant qu'on est dans un degré d'artisanat ou de production à moyenne échelle, cette incertitude est constamment présente. Peut-être qu'à très grande échelle, elle disparaît ou, du moins, on ne la

ressent plus vraiment, parce qu'il y a une telle déconnexion entre les processus et le ressenti de ceux qui les mettent en place... Mais dans ce que j'ai observé, l'incertitude est là. Ce n'est pas une mauvaise chose, mais ça crée quand même un sentiment d'insécurité.

Elisa : Et comme on parlait justement des processus de production, je me suis posé la question : est-ce que l'avenir de ce matériau, ce n'est pas plutôt d'avoir des petites productions locales, un peu en mode do it yourself ? Ou alors de le lier aux producteurs de champignons comestibles qui, eux, ont déjà un développement beaucoup plus avancé et de créer une chaîne de production commune ? Parce que moi, je vois quand même beaucoup de freins à une production standardisée à grande échelle... mais je voulais savoir comment toi tu voyais ça, après avoir surtout observé le terrain.

Juliette : Écoute, moi je crois que toutes les directions sont possibles. Dans mon travail, c'est ce que je mets en avant dans un de mes chapitres, pas en me focalisant sur les matériaux en eux-mêmes, mais plutôt sur les personnes qui les développent. J'ai fait un peu des portraits des gens que j'ai rencontrés, et il y a vraiment trois directions qui se dégagent assez nettement. À un extrême, il y a la voie entrepreneuriale la plus poussée, qui vise la très grande échelle. Elle implique, je pense, de modifier le type de matériaux produits : on gomme la dimension « matériau vivant et réactif », parce qu'on ne peut pas produire ce genre de matériau de manière standardisée et à grande échelle tout en respectant les normes, etc. C'est une direction forte, mais je n'ai pas rencontré beaucoup de personnes qui s'y étaient engagées. À l'autre extrême, c'est le rejet total de cette logique : rester dans de l'artisanal pur et dur, sans aucune intention de produire même à petite échelle. Là, l'objectif est presque uniquement le plaisir de fabriquer, la rencontre avec l'organisme, l'observation de son évolution... quitte, ensuite, à en faire une exposition, une œuvre d'art, un meuble ou autre. Mais le but premier, c'est la pratique, la découverte des potentialités, le lien direct avec la matière vivante, en dehors de tout système capitaliste ou industriel. C'est vraiment hors-système.

Et puis, il y a vraiment cette voie du milieu, celle où, en tout cas moi, j'ai rencontré le plus de personnes. Là, on trouve un peu de tout : Il y a ceux qui, comme tu le dis, peuvent s'allier d'une manière ou d'une autre avec des producteurs de champignons comestibles, capables de développer les choses à plus grande échelle. Dans ce cas, la personne qui travaille sur les mycomatériaux se concentre plutôt sur les aspects « créatifs », entre gros guillemets, par exemple le design ou l'architecture, tandis que la production est assurée ailleurs.

Il y a aussi ceux qui cherchent à faire grandir leur laboratoire ou leur atelier, pour pouvoir fournir des matériaux, des objets, du mobilier... pas à grande échelle, mais quand même dans une production un peu plus significative qu'une simple pièce unique exposée et réutilisée. Pour moi, les trois voies existent. Mais, parmi mes enquêtés, la voie industrielle et commerciale, celle de la standardisation, est clairement la moins recherchée. Même si, pour certains, c'était l'objectif initial, à un moment donné ça ne s'aligne plus avec leur manière de travailler, avec l'intérêt qu'ils trouvent dans ce type de pratique, ni avec les difficultés qu'ils rencontrent. Il y a aussi un facteur socioculturel : pour certains, il y a un rejet très fort de l'entrepreneuriat. Devenir entrepreneur, c'est devoir gérer toute une partie qui n'a plus grand-chose à voir avec le rapport au matériau, avec le fait de mettre les mains dedans et de fabriquer. C'est quelque chose qu'on retrouve dans beaucoup de professions manuelles ou créatives : quand ton activité grossit, tu passes de plus en plus de temps sur de la gestion, de la paperasse, de l'administratif...

et pour certains, ça n'a plus rien à voir avec ce qui les motivait au départ. Ce qui les intéresse, c'est le rapport au vivant. Mais ce n'est pas une règle absolue. J'ai aussi rencontré des entrepreneurs qui ont eu beaucoup de succès, qui ont réussi à lancer leur production de manière très standardisée. Par contre, tous m'ont dit que ça ne s'était pas fait sans se poser de questions : « Est-ce que je trahis un peu mes idéaux ? Est-ce que je perds quelque chose en route ? » Mais c'est resté pour eux une option possible, et assumée. Et puis, il y a aussi cette idée que développer son propre petit laboratoire, ses petites pièces de production, ça plaît beaucoup aux gens. Ça suscite énormément d'intérêt. Les ateliers d'initiation, où on apprend à le faire soi-même, où on manipule un peu sur place, font naître des vocations. Le contact direct avec les matériaux et avec les champignons donne envie à beaucoup de continuer, parfois juste pour le plaisir. Et cette notion de plaisir, elle est hyper présente. Là, on s'éloigne complètement de l'enjeu « matériaux de construction » : on est dans un autre domaine, avec d'autres questions. Mais le plaisir et l'émerveillement sont aussi des notions centrales dans mon travail. Elles expliquent pourquoi certaines personnes s'engagent dans cette voie malgré les difficultés, pourquoi elles restent, et pourquoi d'autres s'y initient alors qu'elles n'étaient pas du tout intéressées au départ. Parce que, malgré tout, voir quelque chose fonctionner après l'avoir raté plein de fois, c'est quand même vachement chouette. Voir qu'en fait tu fais des propositions aux mycéliums, sans savoir si ça va leur donner quelque chose... Parce qu'en réalité, tu ne les vois pas. Les champignons, enfin, le mycélium, tu ne peux pas savoir tout de suite si l'environnement que tu leur proposes fonctionne, si ça leur « plaît » ou non. Et puis, un jour, ça marche : il y a une réaction, quelque chose se passe. Tu le vois visuellement. Et là, ça fait quelque chose — un petit déclic, une émotion. Je ne sais pas si toi tu l'as ressenti comme ça, mais les personnes que j'ai rencontrées, elles vivaient ça presque comme un événement, parfois au quotidien.

Elisa : Ah oui, complètement. Moi, quand j'ai démolé mes premières briques, j'avais travaillé sur un composite terre crue et mycélium. Au début, c'était le doute, les ratés, la pourriture... Et puis le jour où j'ai retourné un moule et que ça tenait, j'ai eu envie de le montrer à tout le monde.

Juliette : Voilà, c'est exactement ça. Et si on se place dans un cadre très rigide, très froid, production, investissement, capitalisme, le plaisir n'est pas perçu comme quelque chose d'important. On dirait que c'est secondaire, presque superficiel. Mais en réalité, dans le quotidien des gens, dans leur pratique, qu'elle soit professionnelle ou personnelle, le plaisir est essentiel. C'est ce qui donne envie de continuer, de développer.

Ce n'est pas « vendeur », ça ne se met pas facilement dans un dossier d'investissement, mais on ne peut pas le mettre de côté. Être fasciné, émerveillé, s'amuser en travaillant, voir de nouvelles possibilités... tester, constater que ça marche, avoir envie d'essayer autre chose... C'est stimulant. Pour moi, c'est une des raisons qui fait que ces pratiques artisanales vont continuer à se développer. Peut-être qu'un jour, vu le succès croissant de ces matériaux et initiatives, on verra une vraie scission entre une dimension très artisanale et une production industrielle où le champignon, le vivant, l'organique seront complètement gommés. On le voit déjà un peu dans certaines entreprises comme Ecovative ou Mogu : elles communiquent encore beaucoup sur le naturel, mais ça pose des questions sur l'écart entre la communication et la réalité des pratiques. Et peut-être qu'un jour, on ne communiquera même plus là-dessus. Le côté vivant, artisanal, pourrait disparaître, et le mycélium entrerait dans un cycle institutionnalisé, intégré aux

standards de la construction, de la science, de l'industrie. Pour l'instant, la dimension artisanale reste très présente. Et quand je dis artisanale, je parle aussi bien des petits labos bricolés que de structures beaucoup plus développées, mais qui produisent en petites quantités. On est encore largement là-dedans.

Elisa : Ça me fait penser à la courbe d'innovation des nouveaux produits. Moi, je situe les mycomatériaux encore relativement au début de cette courbe, par rapport à d'autres matériaux. Du coup, est-ce que ça pourrait complètement retomber un jour ? Est-ce qu'on passerait à autre chose ? Est-ce que ce n'est qu'un boom autour du champignon et du mycélium, vu aujourd'hui comme une alternative ?

Juliette : Oui... Écoute, c'est difficile à dire. On ne peut pas savoir. Moi je pense qu'on ne sait pas, évidemment. Mais c'est une possibilité. Et c'est aussi pour ça que, quand tu parles de « boom », moi je pense à ce « moment champignon » : on le voit, on le sent. Pour peu qu'on s'y intéresse un peu, tu te dis : OK, il y a une hype en ce moment. Pour ceux qui veulent se lancer là-dedans, c'est le moment. Il faut y aller maintenant. Ce ne sera peut-être pas dans cinq ans qu'il faudra le faire, ou peut-être que si, mais d'ici là, ça aura peut-être changé. Peut-être qu'il y aura plus d'ouvertures pour ceux qui veulent se lancer, mais que ce sera moins innovant, moins original, moins inédit. C'est maintenant que c'est « nouveau ». Pour certains, surtout ceux qui sont dans le milieu depuis longtemps, la hype est déjà un peu passée. Pas pour le grand public, mais dans les milieux art, design ou architecture et là, je parle surtout de contextes hors Belgique, certains estiment même que ceux qui arrivent maintenant sont déjà en retard. Mais du point de vue grand public, gros projets, gros investissements... c'est le moment. L'intérêt est là et il faut y répondre. Mais ça, c'est un peu l'ordre des choses : cet intérêt risque de se tasser à un moment donné. La question, c'est de savoir si, au moment où ça se tassera, les protocoles et processus seront intégrés, normalisés, et que ça deviendra « juste » un matériau accepté, moins perçu comme quelque chose de bizarre ou expérimental... ou bien si tout retombera complètement. Peut-être qu'on en restera alors à quelques pratiques artisanales, mais sans le succès mondial que certains annoncent aujourd'hui. Ça, on ne peut pas le savoir. Moi, j'ai quand même tendance à penser que ça va se normaliser. Quand tu vois les brevets qui existent, les entreprises qui se développent, les lancements de produits, et même des secteurs comme la mode et le luxe qui s'y intéressent... Il y a déjà des matériaux fongiques utilisés pour créer des vêtements de haute couture, et pas uniquement de la haute couture. Et petit à petit, ça commence à toucher le grand public. Pour moi, ça, c'est un indicateur. Je ne suis pas spécialiste d'économie, mais ça montre qu'une normalisation est en cours. Et je pense qu'elle va continuer à se mettre en place dans les prochaines années. On va s'habituer à ça, peut-être pas tout le grand public, peut-être pas dans tous les domaines, mais il y a un mouvement. Il faudra voir dans quelques années, avec du recul, mais mon intuition, c'est qu'on va plutôt aller vers cette normalisation.

Elisa : Ok. Et tu disais tout à l'heure qu'il y avait quand même une forte différence avec les États-Unis, avec notamment Ecovative... Ici, en architecture, on l'a moins intégré. Est-ce que tu dirais qu'en Belgique et en Europe, on est un peu à la traîne par rapport à ce développement-là, ou pas spécialement ?

Juliette : Honnêtement, je n'ai pas assez de données pour répondre clairement. Ce que je te dis, c'est vraiment basé sur un ressenti, une hypothèse, sur ce que j'observe, aussi bien dans la littérature scientifique, qui reste assez limitée sur le sujet, que sur le terrain. L'analyse globale, économique et socio-culturelle des dynamiques liées au développement des matériaux à base de mycélium demeure encore largement lacunaire. Si la production scientifique traitant des procédés techniques et expérimentaux est en augmentation, les études adoptant une approche transversale et intégrative restent rares. Dans ce contexte, les données mobilisées pour cette recherche proviennent majoritairement de la presse généraliste et spécialisée, ainsi que de la littérature grise (réseaux sociaux, communications informelles d'entrepreneurs et acteurs du domaine, retours d'expérience d'interlocuteurs). Cette base empirique repose donc en partie sur des impressions et témoignages, et ne prétend pas à une stricte objectivité scientifique. Les observations recueillies indiquent que, dans le contexte belge, le développement de ces pratiques accuse un retard par rapport à d'autres pays européens, notamment les Pays-Bas. Ces derniers disposent depuis plusieurs années d'infrastructures facilitant l'initiation et la formation autour de ces techniques. En Belgique, des disparités régionales sont notables : la Wallonie semble particulièrement en retrait, tandis que la Flandre a accueilli les premières initiatives artisanales pionnières (par exemple, le collectif Glim's). Actuellement, Bruxelles constitue le principal centre d'activité pour les pratiques liées aux micro-matériaux. À l'échelle européenne, de nombreuses initiatives émergent dans les domaines artistiques et du design, avec une forte présence dans des expositions, événements culturels et partenariats avec des institutions d'art contemporain. Toutefois, sur les plans de la commercialisation et de l'industrialisation, l'Europe semble en retrait par rapport aux États-Unis, où des acteurs majeurs, tels que Phil Ross et ses projets, sont actifs depuis de nombreuses années. Ce n'est que récemment que des entreprises européennes spécialisées, souvent identifiables par des appellations incluant les termes *micro* ou assimilés, commencent à se structurer. Leur visibilité et leurs réseaux se construisent principalement via les plateformes professionnelles et sociales, telles que LinkedIn, qui constituent également une source importante pour la veille sectorielle. Depuis environ deux à trois ans, j'observe en Europe l'apparition de nombreuses nouvelles initiatives dans le domaine des matériaux à base de mycélium : des entreprises émergent, lèvent des fonds et développent des projets. Historiquement, parmi les acteurs européens de longue date, un seul se démarquait vraiment comme pionnier à tous les niveaux et ayant atteint un stade de développement avancé bien avant les autres. Les structures qui se lancent aujourd'hui peuvent, selon moi, le faire en partie grâce au travail accompli par de grands groupes, tant aux États-Unis qu'en Europe, qui ont ouvert la voie. En Belgique, plusieurs laboratoires et centres de recherche, notamment à Bruxelles, travaillent désormais sur les mycomatériaux. Il y en a aussi eu au Royaume-Uni. Mais la question de la dynamique européenne reste spécifique.

On trouve encore peu d'acteurs à l'échelle du continent, tandis qu'aux États-Unis, certains projets sont liés à des financements d'envergure, comme ceux de la NASA, ce qui les place dans un tout autre registre. Cela dit, je pense que nous rattrapons progressivement le retard accumulé. Il faut rappeler que l'intérêt pour la culture des champignons et la découverte de leur potentiel sont fortement liés à l'histoire des États-Unis. Des figures comme Paul Stamets ont largement popularisé la mycologie, d'abord à travers les champignons psychédéliques, puis via d'autres applications. La pratique de cultiver ses propres champignons, de publier les protocoles et de les rendre accessibles à tous a pris racine là-bas, même si elle existait aussi en Europe. L'effet de mode, en revanche, a été beaucoup plus marqué aux États-Unis, notamment sur la côte ouest et en Californie, où le contexte culturel favorisait ce type d'innovations. En

Belgique, les acteurs majeurs identifiés incluent PermaFungi et Bento, ainsi que, sur le plan universitaire, les travaux d'Élise Elsacker et de son laboratoire, qui représentent une référence importante. Autour d'elle gravitent plusieurs chercheurs influents, comme Thomas Foumbi, actif depuis longtemps et développant des projets dans d'autres directions innovantes. Sur le plan entrepreneurial, Audrey de Purifungi se distingue par une approche très différente de celle d'autres acteurs, mais avec un fort succès sur la durée. Enfin, on peut citer Eucelint, dont l'activité a évolué au fil du temps. Cette structure faisait partie des acteurs à l'origine du forum international de biofabrication, un espace où les praticiens échangeaient leurs « recettes ». Une grande partie des protocoles accessibles aujourd'hui provient de ce type de plateforme collaborative, qui a joué un rôle central dans la diffusion initiale du savoir-faire. Les premières mises en ligne de protocoles et d'expériences, notamment par Élise Elsacker et d'autres acteurs belges, se sont faites sur les forums spécialisés de biofabrication. Parmi les contributeurs de cette époque figuraient Yesper, Winnie et plusieurs autres personnes gravitant dans ce réseau. Autour de Glim's, Caroline Puls a également joué un rôle à un moment donné : elle avait initié une production de mycomatériaux, probablement en s'appuyant sur les savoir-faire et les infrastructures développés par Glim's, en lien avec Panda Fung-Guy. L'ensemble formait alors un réseau restreint mais étroitement interconnecté, chaque acteur étant en lien direct ou indirect avec les autres. Caroline Puls semble avoir, par la suite, mis cette activité de côté, bien qu'elle soit aujourd'hui active dans le développement du studio low-tech. Cet historique illustre la structure particulière du secteur belge, où le nombre d'acteurs impliqués dans la fabrication de mycomatériaux reste réduit. En dehors des initiatives artisanales moins connues, les structures centrales sont peu nombreuses. Le Fungalab de Bruxelles, aujourd'hui disparu, faisait partie de ces lieux expérimentaux. Actuellement, PermaFungi est sans doute l'acteur incontournable, peut-être même davantage que Bento, qui avait occupé une place centrale lors de la Biennale grâce à ses projets d'actualité à ce moment-là. Alors que Bento se positionne davantage sur l'architecture, Permafungi joue un rôle plus proche de celui d'un producteur à grande ou moyenne échelle, du moins, c'était le cas pour la Biennale. L'évolution de ces rôles dépend largement des projets en cours et des stratégies respectives. Le secteur reste donc caractérisé par un réseau très réduit mais fortement interconnecté : il est presque inévitable de retrouver les mêmes noms et les mêmes personnes d'un projet à l'autre. Cette proximité favorise la circulation des savoir-faire, mais implique également des enjeux spécifiques autour de la transmission, de la confiance et de l'accès aux espaces de production. Le choix de ce qui est partagé, de ce qui reste confidentiel et de la manière dont les connaissances sont transmises dépend fortement des relations établies au sein de ce cercle restreint.

Elisa : J'avais deux petites questions, la première concerne le calendrier et la durée pour la Biennale, afin d'avoir un exemple concret. Combien de temps cela a-t-il pris, fondamentalement ?

Juliette : Ah là là... j'essaie de me souvenir. À nouveau, je n'ai pas envie de dire de bêtises, parce que je n'ai plus exactement les dates en tête. Mais ça a pris beaucoup de temps, c'est long. En fait, on commence pratiquement... donc, la Biennale, le vernissage a eu lieu en mai 2023, et l'été précédent, été 2022, on a eu la réponse de la Fédération Wallonie-Bruxelles. Donc, tu as quasiment un an à partir du moment où tu as cette réponse. Et avant ça, il faut déjà monter le projet pour le déposer. Là, je parle vraiment de l'ensemble du processus, pas seulement de la partie liée aux matériaux. Je dirais qu'aux alentours de mars 2022, on a

commencé à s'y mettre : créer et monter le projet pour pouvoir le déposer. Je ne me souviens plus exactement de la date de dépôt, mais en gros, entre le début de l'année 2022 et l'été 2022, on a préparé le dossier. Cela incluait la prise de contact avec les différents partenaires, PermaFungi, Sonia Woods, BC Materials, bref, toutes les personnes qui devaient déjà être véritablement impliquées dans le projet. À ce stade, la conception du projet était déjà effective. L'idée du pavillon, dans ses grandes lignes mais de manière assez précise, était en cours de développement. La faisabilité devait être attestée dès ce moment-là, pas dans ses moindres détails, mais dans son principe global. On a reçu la réponse à l'été 2022, et à partir de la fin de l'été et tout au long de l'hiver 2022 jusqu'au vernissage, le travail a été constant, sans interruption. Cela dit, ce n'était pas toujours un travail directement lié à l'élaboration concrète du pavillon. Il y a eu énormément de réunions, dont beaucoup sans ma participation, car c'étaient surtout les architectes qui travaillaient sur ces aspects-là. Ils devaient rester dans l'action en permanence, et certains ont même dû se consacrer à temps plein au projet. L'évolution du projet a nécessité un travail constant. Comme je l'ai déjà mentionné, il y avait non seulement les aspects créatifs et techniques, mais aussi toute la partie organisationnelle : prises de contact, élaboration des budgets, coordination générale. Ces tâches prenaient énormément de temps. Concernant les mycomatériaux, certains éléments étaient déjà bien établis. Bento travaillait depuis des années dans son laboratoire sur ce sujet et disposait déjà d'une recette fonctionnelle, ainsi que d'une idée claire du matériau qu'il souhaitait utiliser. Toutefois, des tests supplémentaires ont été réalisés, principalement pour des aspects esthétiques et pour adapter leur protocole aux contraintes spécifiques du projet. Cela a impliqué plusieurs mois de travail. La mise en place sur site, à Venise, a duré un mois complet. Les architectes étaient présents chaque jour sur le chantier, travaillant sur l'ensemble de la structure : le panneau monumental en mycélium, mais aussi une grande dalle en terre crue, la scénographie (même si ce n'était pas la partie principale, elle restait importante), ainsi que la structure en bois. La production des mycomatériaux en Belgique a également demandé plusieurs mois, ou, à tout le moins, de longues semaines. Tout ne s'est pas déroulé exactement comme prévu, même s'il n'y a pas eu de problème majeur. Il n'a pas simplement suffi que Bento prépare une recette, prenne ensuite la main, puis qu'après un certain temps d'incubation et de traitement le tout soit prêt. De nombreux allers-retours ont été nécessaires pour s'assurer que les résultats correspondaient aux attentes : suivi de l'évolution, vérification des propriétés, gestion des contaminations. Ces dernières ont d'ailleurs été présentes, y compris dans le pavillon final, où certains panneaux contaminés ont été volontairement exposés, cette inclusion étant une décision assumée par l'équipe.

Certains panneaux présentant des contaminations trop importantes ont été éliminés, car il n'était pas envisageable d'exposer des éléments entièrement moisissus ou dégradés. Cependant, quelques panneaux présentant de petites taches de contamination ont été conservés et intégrés dans le pavillon. Pour l'équipe, cette imperfection contrôlée faisait partie intégrante du travail avec le mycélium : elle reflétait la nature vivante du matériau et avait une valeur esthétique et conceptuelle qu'ils souhaitaient assumer et valoriser. Cela restait toutefois sous contrôle : il n'était pas question de présenter des éléments visiblement altérés au point de nuire à l'ensemble, et ces contaminations n'étaient pas particulièrement mises en avant dans la scénographie.

Il est à noter que certaines informations précises, notamment sur la production, n'ont pas été partagées ou documentées, ce qui laisse des zones d'ombre. Par exemple, je n'ai pas eu de

contact direct approfondi avec PermaFungi, ce qui m'a empêché d'obtenir des détails pratiques sur leur processus et leurs délais exacts.

L'un des défis majeurs dans le travail avec les mycomatériaux réside dans la fabrication de grandes surfaces homogènes. Même si, dans ce cas, les panneaux n'étaient pas immenses individuellement, ils étaient nombreux, de dimensions déjà conséquentes, et nécessitaient une homogénéité pour garantir la cohérence structurelle et esthétique du pavillon. Cette contrainte impliquait une production en plusieurs étapes, et non en une seule série.

Ainsi, même si la durée nécessaire pour fabriquer un panneau — de l'inoculation à la fin de l'incubation — reste relativement connue, maîtrisée et pas excessivement longue, la répétition du processus pour un grand nombre de pièces, associée à la nécessité de refaire certains éléments, a contribué à allonger considérablement la durée totale de production.

En termes de préparation, on était vraiment sur de longues échéances. Par rapport à d'autres projets connus des architectes impliqués, celui-ci représentait clairement une envergure exceptionnelle. C'était, d'une certaine manière, un projet de vie : réaliser une œuvre de cette ampleur, et dès le début d'une carrière, dans le cadre de la Biennale, c'est quelque chose d'énorme. Bien sûr, ils auront d'autres réalisations importantes par la suite, mais commencer par un événement de ce prestige reste remarquable.

Pour la production, il faut garder en tête que chaque type de réalisation nécessitait plusieurs semaines. Mis bout à bout, cela représentait un volume de travail considérable.

Elisa : En ce qui concerne le retour du public sur le pavillon, qui, personnellement, a été pour moi un déclencheur comment était-il ?

Juliette : Il a été extrêmement positif. Je n'ai que très peu entendu de critiques négatives. Les rares remarques plus mitigées, selon mon interprétation, relevaient davantage de questions d'ego que de véritables objections sur le fond. Elles venaient souvent d'autres professionnels du secteur, présents ou non sur place, qui semblaient chercher la petite imperfection, ce qui est fréquent dans les domaines créatifs où la concurrence et la reconnaissance jouent un rôle important, surtout sur un projet aussi prestigieux. En dehors de ces cas isolés, les retours ont été unanimement favorables, que ce soit de la part de professionnels du domaine, de la presse, du monde de l'art, de la recherche académique, ou encore du grand public, visiteurs sur place, personnes ayant découvert le projet en ligne ou via le catalogue officiel. L'enthousiasme autour du pavillon a été manifeste et a visiblement beaucoup touché les commissaires. Bien qu'ils aient toujours eu pleinement confiance dans leur projet et en soient restés très fiers, il semble qu'ils ne s'attendaient pas à un tel succès, y compris dans la durée. Ce fut impressionnant de constater à quel point le public, qu'il soit professionnel ou non, a été touché par ce type de réalisation. Ce succès repose sur plusieurs facteurs. D'une part, la structure elle-même : esthétiquement, elle présentait des lignes très épurées, avec une dimension presque brutaliste, et sur place, elle produisait une expérience sensorielle marquante. Au milieu du brouhaha permanent de la Biennale, entrer dans ce pavillon, passer sous la structure, se retrouver à l'intérieur d'un cube uniformément beige, baigné par un flux de lumière venant du dessus, créait un contraste saisissant. L'acoustique particulière, due aux propriétés des panneaux en mycélium, ainsi que

les effets sur la température, renforçaient cette sensation. Sans isoler totalement du contexte extérieur, l'espace offrait une impression de bulle, une sorte de rupture avec l'environnement immédiat. D'autre part, l'engouement tenait aussi au sens et aux valeurs portées par le projet. Celui-ci démontrait la faisabilité concrète d'idées souvent perçues comme utopiques dans le champ écologique et environnemental. Il montrait qu'il est possible de transformer des concepts ambitieux en réalisations tangibles et fonctionnelles. Cette double dimension, à la fois la portée symbolique et technique du projet, et ses qualités esthétiques, visuelles et sensorielles, a contribué de manière déterminante à son succès. Depuis plusieurs années, certaines productions en mycomatériaux sont présentées à la Biennale, y compris cette année, même si je n'y suis pas allée. Il peut s'agir de petites pièces ou d'objets réalisés en mycomatériaux. Ces réalisations rencontrent souvent un certain succès et suscitent l'intérêt du public, mais elles ne sont pas comparables à un projet comme celui du pavillon. Même si ces productions plus modestes touchent elles aussi les visiteurs, ici, c'est le caractère monumental, l'esthétique épurée et la beauté formelle qui ont joué un rôle décisif dans la mise en visibilité du projet. C'est d'ailleurs un point que j'ai abordé avec plusieurs interlocuteurs et que je traite dans mon travail : lorsqu'on utilise des matériaux naturels, avec un engagement écologique affirmé et un intérêt marqué pour l'organique, il n'est pas nécessaire de se limiter à des formes douces et arrondies, dans des tonalités brunes ou vertes, qui évoquent immédiatement la « nature » au sens traditionnel.

Il est possible de concevoir des œuvres qui séduisent autant les architectes que les acteurs de l'art contemporain, avec des exigences esthétiques spécifiques et un langage visuel distinct. Cette approche, qui s'écarte des codes attendus du « naturel », constitue selon moi une force majeure du projet : elle permet de toucher un public plus large, au-delà de ceux déjà convaincus par les matériaux d'origine naturelle.

Elisa : Pour ma part, cette discussion a été l'échange le plus enrichissant que j'ai eu dans tout le cadre de ce travail. En tant qu'ingénieur, j'accorde naturellement de l'importance aux aspects techniques et chiffrés, mais ce que j'ai trouvé particulièrement stimulant ici, c'est de réfléchir à la relation avec le vivant, à la manière dont les matériaux sont perçus, et à l'impact sensoriel et symbolique des projets. Cela m'amène à envisager mon propre travail avec un regard renouvelé, qui intègre ces dimensions humaines et sensibles aux côtés des données techniques.

Juliette : Je trouve cela d'autant plus intéressant que cela confirme en partie mes propres intuitions, qui ne sont pas uniquement les miennes, bien sûr, car ce sont des réflexions partagées à savoir qu'il est illusoire de séparer complètement l'approche technique des dimensions sociales, philosophiques ou culturelles lorsqu'on aborde ce type de questions. Ces domaines s'entrecroisent et se renforcent mutuellement. Penser qu'il est possible de travailler uniquement dans un cadre normatif strict, froid et purement technique, sans prendre en compte les aspects d'affect, de ressenti et de représentation, me semble être une illusion. Ces considérations sont présentes en permanence, même dans les disciplines les plus « naturalistes » ou techniques, qu'il s'agisse des sciences de la vie, des sciences en général ou encore des sciences de l'ingénieur. L'anthropologie, la sociologie et la philosophie des sciences apportent justement cette perspective, en montrant que ces dimensions, bien que parfois implicites, traversent toutes les pratiques. Quand on se rend sur le terrain, qu'on observe les acteurs dans leur contexte de travail, on se rend compte qu'il est impossible de mettre de côté la dimension sociale, culturelle,

affective et sensible, même dans des environnements de recherche très normés et aseptisés. Il se produit toujours des choses qui débordent de ces cadres rigides, cadres qui, par ailleurs, restent essentiels et fascinants, mais qui ne suffisent pas à eux seuls à rendre compte de la réalité. C'est aussi l'intérêt de ton travail : parvenir à toucher du doigt ces dimensions, à évoquer les ressentis des personnes, leurs appréhensions, et la manière dont le grand public perçoit ces projets. C'est un apport précieux qui complète les données techniques. Pour ma part, je serais très curieuse de voir ce à quoi mèneront tes résultats, et je lirai avec plaisir ton travail une fois finalisé, même si atteindre les cent-vingt pages constituera probablement la partie la plus complexe.

[Les remerciements et formules de clôture ont été retirés, car ils ne sont pas nécessaires dans la version finale du travail.]

Annexe 14 : Retranscription focus group A

[Dans le but de favoriser une atmosphère propice à la discussion, chaque participant a été invité à se présenter. Cette partie, exclue de la retranscription, vise à respecter l'anonymat des intervenants.]

Animateur : Donc pour commencer merci à toutes et à tous d'être là aujourd'hui. Donc pour vous mettre un peu le contexte dans lequel on est, dans le cadre de mon travail de fin d'études, j'ai décidé de me pencher sur le mycélium et avec 2 phases, donc une phase où je développe un prototype liant terre crue et mycélium et puis une seconde phase de voir, c'est très bien de développer ça, mais en fait est-ce que c'est acceptable comme matériau et est-ce que le secteur de la construction serait prêt à travailler avec un matériau de ce genre-là. Et donc dans ce cas-ci, j'organise un focus groupe, donc aussi appelé workshop dans le langage courant et donc ça va vraiment être basé sur la découverte : pour moi la compréhension des enjeux qu'il y a autour de ce matériau, pour vous la découverte, la réflexion et l'échange autour de ce matériau qui pourrait peut-être, sait-on jamais, dans 50 ans être dans toutes nos maisons. Donc vous êtes comme je vous l'ai dit libres à tout moment, s'il y a quelque chose qui vous dérange n'hésitez pas à parler. Le but c'est qu'en fait tout ce qui va être dit aujourd'hui me serve moi de base pour ma réflexion et mon travail, donc c'est vraiment un lieu de libre échange où le but c'est que tout le monde rebondisse sur les idées de tout le monde.

Animateur : Et donc pour commencer cette petite activité, la première question que j'ai à vous poser c'est : vous, le mycélium, pour vous, c'est quoi en fait ?

Participant 1 : Champignon.

[hésitation]

Participant 1 : Moi, voilà, j'en ai déjà parlé de ton projet et on m'a présenté un peu ce que tu faisais donc évidemment qu'on en a déjà pu discuter. Du coup, c'est difficile de répondre comme n'importe qui, puisqu'on en a déjà discuté.

Participant 2 : Oui, champignon aussi, puisque ce qu'on a discuté du travail que Bento a fait, aussi bien dans le cadre de leur étude, et aussi avec le pavillon qu'ils ont présenté à Venise.

Participant 3 : Moi je n'en avais jamais entendu parler avant donc oui c'est vrai que mycélium c'est effectivement les champignons.

Participant 4 : La partie surtout de réseau du champignon et non le fruit.

Participant 5 : Moi, champignon aussi.

Animateur : Oui d'accord, et quand on vous parle plutôt alors de mycélium avec la construction, qu'est-ce que vous, ça vous évoque au premier abord ?

Participant 3 : Disons que des nouveautés en matière de matériaux de construction il y en a très régulièrement. Ça fait quand même quelques années que je suis dans mon métier donc j'en ai vu passer un paquet, en tout cas des noms. Après voilà, c'est un peu une nouveauté. Pour être tout à fait franc, des nouveautés j'en ai vu depuis 30 ans tout un tas, et c'est vrai que je ne suis peut-être pas le plus avant-gardiste, mais je n'ai jamais rien vu qui a vraiment dépassé le stade de l'expérimentation ou du show un petit peu artisanal, un petit peu exceptionnel. Au final, dans ma pratique de tous les jours, ce sont toujours restés les matériaux traditionnels qui

se sont développés, qui se sont implantés, etc. Et il y a quand même malgré tout toujours un petit peu la barrière au niveau des clients aussi, voilà.

Participant 1 : Moi si je mets tout en dehors, moi si j'entends parler de champignons dans la construction, pour moi, c'est plus un problème nuisible. Moi je suis assez terre à terre, hein.

Animateur : Oui, oui c'est le but, le but.

Participant 1 : Donc si j'entends champignons en construction, ben voilà, pour moi c'est nuisible.

Animateur : Donc pour vous c'est dans le mauvais sens ?

Participant 1 : Oui

Participant 2 : Alors pour moi pas spécialement. J'imagine ça un petit peu dans le même contexte que les gens qui ont essayé les constructions en paille. Donc utilisation de produits là où on n'imagine pas nécessairement qu'ils vont se retrouver. Le chanvre aussi qu'on utilise assez bien, qui est développé un tout petit peu. Voilà, c'est plutôt dans cet esprit-là. Je ne pense pas aux problèmes d'humidité et de pourriture.

Participant 4 : Malgré le fait que pour un cours on a aussi suivi pas mal d'innovations, enfin des innovations qui existaient, qu'on a mises en œuvre, par exemple la terre crue, je suis quand même sensible à tous ces matériaux-là. Mais c'est vrai que de base, champignons et construction ce n'est pas ce qu'on a envie d'associer. Autant la paille, la terre crue, le bois, tout ça on se dit : ok, il y a un moment ça a existé, pourquoi pas, ça pourrait revenir. Le champignon, c'est moins connu, enfin c'est plus une réelle innovation, plus que quelque chose qui revient de pratiques ancestrales.

Participant 3 : Oui, le champignon fait penser à l'humidité et donc du coup à des problèmes d'infiltration, etc., auxquels on devrait être confrontés dans le bâtiment. Mais pourquoi pas, en fonction des caractéristiques du mycélium, que ce soit des caractéristiques d'isolation thermique, acoustique, etc., ça pourrait être bénéfique.

Participant 5 : Au premier abord, champignon, on pense à pourriture, potentiellement des pertes de stabilité, tout ça dans le bâtiment, et donc être un problème. Mais oui, comme disait [Participant 4], ça peut être aussi un avantage, aussi bien d'un point de vue isolation, étant donné que maintenant la température monte de plus en plus, on va avoir des problèmes de bâtiments sur-isolés, et donc potentiellement un matériau comme le mycélium pourrait permettre des exfiltrations de chaleur pendant l'été et donc permettre d'isoler l'hiver et potentiellement permettre le flux de chaleur de sortir de la maison en été.

Animateur : Ça va. Je vous propose alors maintenant qu'on en a parlé et qu'on a vu les premières impressions qui, je m'attendais à ça, pour être honnête. Alors peut-être de vous montrer ce que c'est et que vous puissiez en fait le voir, parce qu'il y a ce qu'on pense et puis en fait ce à quoi le matériau va ressembler.

[Animateur part chercher les échantillons cachés aux yeux des participants et les place sur la table.]

Animateur : Donc je vous ai amené des petits échantillons.

Participant 1 : Je croyais que tu allais nous proposer les sandwichs.

[Rire de l'ensemble des participants.]

Animateur : Non non, c'est pour après, ça.

[Les participants découvrent le matériau et le prennent en main, jouent avec.]

Animateur : Voilà, alors quelles sont vos réactions à chaud, comme ça ?

Participant 2 : Ça a quand même une texture un peu champignon, quoi. J'ai un peu l'impression d'un fromage qui est resté au frigo, quoi.

[Rire des participants]

Participant 5 : C'est doux au toucher.

Participant 3 : C'est à priori plutôt pour l'isolation.

Animateur : Oui, mais on va en discuter après.

Participant 1 : Oui, ça me fait un peu penser à une éponge dure, en fait.

Participant 4 : C'est quoi comme matériau composite, en fait ?

Animateur : C'est paille et mycélium.

[Les participants réfléchissent tout en découvrant le matériau.]

Participant 4 : C'est super léger. Donc c'est top comme isolant.

Animateur : Donc, d'un point de vue sensation, si vous deviez donner un mot en fait qui vous vient à l'esprit avec ça ?

Participant 1 : Alors moi, ici, c'est la douceur. Enfin, le fini ici au-dessus, c'est doux, c'est un peu moelleux, quoi.

Animateur : Est-ce que ça vous surprend ? Est-ce que c'est ce à quoi vous vous attendiez, en fait, avec une "brique" de mycélium, entre guillemets, ou pas du tout ?

Participant 3 : À partir du moment où c'est un matériau qui doit servir à l'isolation, non. L'aspect... alors moi j'aime bien. Alors comme champignon en fait, oui effectivement la forme est un peu bizarre, mais comme panneaux isolants à base de champignons...

Participant 2 : On s'attend à ça.

Participant 3 : Oui.

Animateur : Ok, est-ce qu'il y a des sensations qui vous posent problème ? Odeur, toucher... ?

Participant 2 : Alors odeur, non. Pas que ça ne sent rien, mais ce n'est pas une odeur inquiétante, ce n'est pas une odeur de moisi ou quoi.

[Participant 4 est en accord avec le participant 2.]

Participant 3 : Si une odeur devait ressortir, ça serait plutôt la paille. Après, au niveau du contact...

[Tous les participants marquent leur accord.]

Participant 2 : C'est plus le contact que je trouve étrange.

Participant 3 : Non, moi-même au niveau du toucher, ça ne me dérange pas.

Participant 4 : Et là, c'est toujours vivant, alors ?

Animateur : Non, je vais vous expliquer. Là, c'est la phase découverte, en fait, de voir ce qui, au premier abord, vous, vous allez ressentir avec ce matériau, ce que ça vous évoque... enfin, est-ce que ça vous rappelle quelque chose ?

Participant 5 : Surtout le fromage, comme on disait tantôt.

Participant 2 : Oui, oui.

Participant 3 : À la limite, si on ne disait pas que c'est à base de champignons, on ne le sait pas. Ce qui, en soi, n'est pas une mauvaise chose si on veut l'utiliser dans le bâtiment.

Participant 5 : En termes de couleur ou quoi, oui, on ne pourrait pas se douter que c'est du champignon là-dedans.

Participant 2 : C'est plus l'aspect... enfin du coup, je ne sais pas du tout comment tu l'utilises après, mais ça ne paraît pas fort lisse, mais comme si c'était déjà fini. Enfin, toi, qu'est-ce que tu vas pouvoir mettre comme finition dessus ? Parce que comme il y a déjà justement cette texture, ça, ce n'est pas clair.

Participant 1 : Je suppose que pour sa résistance technique, il faudra quand même mettre un film dessus ou quoi que ce soit. Parce que comme ça... enfin, moi perso, je pense que ça risque d'être un peu cassant pour une fixation mécanique ou autre. Donc voilà, je pense qu'il faudrait peut-être le refermer avec une feuille, peut-être en fibre pour que ça soit naturel, une fibre de quelque chose, pour dire de le rendre un tout petit peu plus rigide. Voilà, pour une fixation mécanique, je n'ose pas forcer, mais j'ai peur que ça se fende.

Participant 3 : Oui, faut un peu voir les dimensions des panneaux aussi. Parce qu'un panneau isolant, en aspect, ce n'est pas beaucoup plus solide que ça. Quand on prend un panneau d'EPS, qu'on utilise pour les crépis extérieurs classiques, ça se casse tout de suite. Une fois qu'ils sont posés, en fonction de l'épaisseur, et on a les fixations mécaniques, il tient, il tient pareil.

Participant 1 : Oui, oui.

Participant 3 : Aussi, par rapport à l'épaisseur : une fois qu'il est recouvert, il n'est plus trop sollicité, quoi.

Participant 1 : Oui, oui, mais même, j'aurais peur qu'il y ait un problème au moindre choc.

Participant 1 : Oui, mais l'épaisseur sera différente aussi, en fonction de ce qu'on veut avoir comme isolant.

Participant 1 : Oui, parce qu'ici c'est 3-4 centimètres, c'est ça ?

Animateur : Oui, environ.

Participant 3 : Parce que ça, du coup, à priori, pour avoir une isolation comme on a avec un isolant dans ce genre-là, il faut minimum entre 15, 16 centimètres pour arriver aux niveaux d'isolation qui sont demandés maintenant, voire un peu plus, même.

Animateur : Ça, c'est parce que vous avez des échantillons carrés, mais le mycélium croît dans n'importe quel moule. Donc si on voulait faire des moules d'un mètre... c'est un peu excessif, mais ce serait envisageable.

Participant 3 : Non, ça serait la dimension d'un panneau d'isolation classique.

Animateur : Et donc, c'est la question un peu théorique : est-ce que vous avez ressenti une émotion ? Du dégoût, ou de la curiosité ? Ou ça ne vous fait ni chaud ni froid, en fait ?

Participant 1 : Non, non, alors l'aspect comme ça, je vais dire qu'à la limite, c'est un aspect rassurant, quoi. Moi je le vois comme ça.

Animateur : Ok.

Participant 2 : Oui, c'est ça.

Participant 1 : Le toucher, ça n'a pas d'odeur, le toucher est confortable, donc voilà, moi je trouve en première vue comme ça, c'est tout à fait positif, quoi.

Participant 3 : Oui, même au niveau de la couleur, ce n'est pas une couleur qui peut faire peur.

Participant 5 : C'est sec aussi, ce n'est pas humide.

Animateur : Est-ce que vous vous attendiez à avoir quelque chose de mou ?

Participant 5 : Oui, un champignon, ça a tendance à être quelque chose de mou, de visqueux, qui s'écrase. Alors qu'ici, on peut appuyer dessus, il a une certaine masse.

Participant 3 : Moi je ne m'attendais pas à quelque chose de particulier, mais c'est vrai que si on veut utiliser de la construction, le mélange avec autre chose est nécessaire. Donc c'est normal que ça ait cet aspect-là.

Animateur : Et à part le fromage qui est resté 3 jours dans le frigo, est-ce que vous associeriez ça à autre chose dans votre imaginaire ? On a parlé de paille, on a parlé de fromage...

Participant 1 : Non mais voilà, sa caractéristique géométrique, enfin voilà, on pourrait dire aussi c'est un pavé. Moi, je parle de mon métier : c'est un pavé de rue. Mais voilà, on l'aurait dans un autre contexte, dans une autre forme... on l'aurait dans un cylindre, par exemple, ce serait aussi différent.

Participant 3 : La perception, elle est liée au fait que c'est un petit élément carré. Donc évidemment, si on pense au fromage, la couleur et la forme sont les mêmes.

Participant 1 : Oui, voilà.

Participant 3 : Un cylindre, ça aurait été complètement différent.

Participant 1 : Tu aurais fait des cylindres noirs, là on aurait dit : tiens, c'est un cylindre de sidérurgie.

Animateur : Donc pour vous, la forme et la couleur impactent votre perception de l'objet ?

Participant 1 : Oui, et puis je comprends : si c'est pour refaire un panneau d'isolant, c'était la forme qu'il fallait lui donner, quoi, donc voilà, c'est logique.

Participant 4 : L'aspect avec la paille, ça fait aussi un peu penser au panneau, soit avec un composite, soit avec le béton, soit avec de la glue je pense, pour les panneaux acoustiques.

Animateur : Ça va. Est-ce que quelqu'un a quelque chose à ajouter sur cette phase ?

[Les participants acquiescent que non.]

Animateur : Ça va. Du coup, on va passer au petit cadre théorique, comme ça, pour les deux prochaines activités, vous partez tous sur les mêmes bases. Donc le mycélium, qu'est-ce que c'est ? En fait, c'est toute la partie végétative du champignon. Donc ça va être tous des longs filaments, et c'est tout le réseau souterrain qu'il y a sous le champignon.

[Changement de slide]

Animateur : Donc, nous, ce qu'on a dans nos assiettes ou dans nos forêts, on voit pied et chapeau, et donc c'est le fruit. Mais il y a tout ce qui est en dessous, et c'est ça en fait qui nous intéresse aujourd'hui. Et donc, comment est-ce qu'on fait l'élément qui est là devant vous ? Ce n'est pas que du mycélium, parce que le mycélium, ça va peut-être être comme le ciment qu'on va mettre dans un béton. Et donc, un ciment tout seul, ça marche, mais un mycélium tout seul, ça marche moins bien.

[Changement de slide]

Animateur : Et donc, comment est-ce qu'on fait ? On va choisir un substrat. Donc, ça doit être un élément qui est végétal. Ça peut être de la paille, de la sciure de bois, du marc de café. C'est assez varié d'un point de vue substrat, tant que le champignon peut se nourrir de l'élément. On va le stériliser pour lui permettre de ne pas être contaminé. Et puis, on va pouvoir inoculer le substrat avec le choix de l'espèce. Alors, des choix d'espèces de mycélium, il y en a des millions — presque autant que l'humain, je pense. Et donc, il faut choisir une espèce en fonction de l'utilité qu'on va avoir, car toutes les espèces n'ont pas les mêmes propriétés. Ces deux choix — choix de l'espèce et choix du substrat — vont pas mal influencer les propriétés que le matériau pourra avoir. Et donc, on est qu'au début de la découverte, parce qu'on découvre encore de nouvelles espèces qui offrent de nouvelles perspectives pour ce genre de biomatériaux. Une fois qu'on a inoculé le substrat, on va le mettre en forme dans des moules. Et donc ça, le moule, on en fait ce qu'on veut : on peut faire un pot de fleurs, on peut faire des dalles de pavés, on peut faire des panneaux d'un mètre de long. Tout dépendra en fait de la taille du moule et de l'espace disponible. Au bout de 15 jours à un mois, en fonction de la taille, l'entièreté du substrat a été colonisée, mais le mycélium est toujours vivant et continue à croître. Donc ce qu'on va faire, c'est qu'on va le mettre en sommeil, ou le tuer, en fonction de la température à laquelle on va chauffer la brique composite, pour ensuite former un matériau prêt à l'emploi, qui aura la forme définie par le moule.

[Changement de slide]

Animateur : Au niveau de ses utilisations, dont on a déjà parlé, il y a évidemment le pavillon belge à la Biennale de Venise, où le mycélium a été utilisé comme grande dalle de façade. Un des très connus, c'est la tour Hi-Fy à New York, où ce sont des briques de mycélium. Et puis la fameuse chaise vivante qui a allié mycélium et impression 3D.

[Changement de slide]

Animateur : Au niveau de ses propriétés, ce sont évidemment des propriétés toujours à l'essai. Donc ça, ce sont des valeurs en recherche. On n'a pas encore un produit fini comme, par exemple, quand on achète du polyuréthane et qu'on connaît exactement les valeurs. Ça reste des valeurs expérimentales, et comme je vous l'ai dit, ça va être très dépendant du substrat et de l'espèce de mycélium. Et donc, dans ses grands points positifs, on note sa conductivité thermique, qui est plutôt bonne pour un matériau écologique, mais aussi sa compostabilité en fin de vie. On peut le mettre au compost, il retourne à la nature, et donc on a vraiment un matériau qui suit la fameuse théorie du cycle "cradle to cradle".

[Changement de slide — l'animateur place au centre de la table les plans fictifs et les gommettes de couleurs.]

Animateur : Après cette petite présentation, ce que je vous propose de faire, c'est d'explorer un peu où vous, vous pourriez voir ce matériau dans le monde de la construction. On a déjà un peu exploré le sujet, mais où est-ce que vous, dans une habitation traditionnelle, vous seriez prêts à voir un matériau comme celui-ci ?

Participant 1 : Partout, on en a besoin, pour moi.

Animateur : Voilà, je vous ai proposé des petites gommettes, mais si c'est partout, c'est moins utile.

Participant 1 : Oui, on peut le mettre dans les plafonds, dans les chapes fines, partout.

Participant 2 : Peut-être moins en façade.

Participant 1 : De nouveau, ça dépend de ce qu'on met par-dessus.

Participant 5 : Si ça peut être peint aussi.

Participant 3 : En dessous d'un crépi, aussi.

Animateur : N'hésitez pas à vous aider du plan aussi, si vous manquez d'idées.

Participant 1 : Moi, l'endroit où ce serait à la limite le moins raisonnable de le mettre, c'est peut-être dans les chapes, quoi. À part ça...

Animateur : Et pourquoi ?

Participant 1 : On pourrait faire des chapes de compression au-dessus, mais déjà il faut vérifier sa résistance à la compression. Puis, ça va être traversé par une multitude de réseaux, de câbles, de tuyaux de chauffage, et ainsi de suite. Il faut voir son fonctionnement avec des chauffages par le sol, tout ça, pour voir s'il n'y a pas de problème. Voilà, c'est mon point de vue.

Participant 4 : La résistance au feu était intéressante aussi.

Participant 5 : Peut-être dans le mobilier. Je vois que la flèche, là, elle pointe sur la table à manger. Je ne suis pas sûr que tout le monde soit prêt à manger dessus si on lui dit que sa table est faite en champignon. Faut peut-être une autre interface. Je ne sais pas si c'est comestible. Normalement le mycélium oui, mais là, une fois séché et mélangé, je ne sais pas.

Animateur : Oui, là, si tu croques un bout de l'échantillon que tu as devant toi, je ne suis pas sûre que ce soit top.

Participant 3 : Je pense qu'il n'est pas prévu dans des murs porteurs aussi, par exemple, si ?

Animateur : C'est la question que je vous pose aujourd'hui. Actuellement, la résistance que développe le mycélium dans les prototypes n'est pas propice, mais aujourd'hui, on explore toutes les possibilités.

Participant 2 : Mais entre ossatures, ça fonctionne.

Participant 4 : Donc comme isolant, ça fonctionne bien.

Participant 2 : Oui, oui, comme isolant, c'est pas mal.

Participant 3 : Oui, ici, quand on parle de façade, c'est apparent ou pas ? Parce que je vois plutôt ça comme derrière un crépi. Donc en fait, plutôt comme un isolant. Et donc la question, c'est de... c'est de quoi on parle quand on parle de revêtement de façade ?

Animateur : C'est un peu comme la brique ou le crépi.

Participant 3 : Oui, c'est l'élément final, quoi. Comme une isolation en liège, tu peux la laisser apparente.

Participant 1 : Oui, comme sur le bâtiment à l'exposition.

Participant 2 : Oui, mais sur le bâtiment de l'exposition, il était resté à l'intérieur. Il n'est pas en contact directement avec la pluie.

Participant 1 : Ah oui, c'est ça.

Participant 3 : Et puis, faut aussi que l'urbanisme soit d'accord. Ça, c'est plus difficile.

Participant 2 : Ça, c'est encore autre chose.

Participant 1 : Ça dépend si on connaît le fonctionnaire.

Participant 3 : Même en connaissant le fonctionnaire...

Participant 2 : Ça, ça devient de plus en plus compliqué.

Participant 3 (prend une gommette verte) : Bon allez, en isolation, moi je dirais ça.

Participant 1 : On est tous d'accord.

Participant 2 : Isolation, cloison, c'est bon aussi.

Animateur : Et par exemple, d'un point de vue des cloisons, est-ce que vous identifieriez des freins pour la mise en œuvre d'un matériau comme ça ?

Participant 1 : De nouveau, pareil : tu prends des cloisons en structure, tu mets ça dans la structure et puis voilà. Tu mets ta face intérieure, ton isolant, puis ta double face, et il est serré dans les panneaux, il ne pourrait absolument rien lui arriver. Après, voilà, il faut voir la rigidité. On pourrait aussi faire une plus grande épaisseur et mettre le plafonnage dessus. Ça dépend fort de la résistance, même si pour les cloisons, y'a besoin d'aucune résistance.

[Les participants commencent à parler tous en même temps]

Participant 2 : Donc ce que je ne comprends pas bien, c'est pourquoi ajouter du mycélium à la paille, qui est déjà isolante.

Animateur : Ça améliore les propriétés et ça agit vraiment comme un liant.

Participant 2 : Ah oui, le côté liant, c'est intéressant. Et du coup, s'il y a plus de substrat... enfin s'il a colonisé tout le substrat, en fait l'idée c'est : est-ce que, si tu remplis une ossature avec de la paille, puis tu viens inoculer ton substrat, tu refermes, mais il va grandir... et puis tu peux l'oublier ? Ou tu es obligé de passer par la partie séchage, parce que sinon il risque de bouffer ton bois et tout le reste ?

Animateur : Il sera toujours vivant, donc ce qu'on évite, c'est de le laisser vivant. Parce que s'il s'agit d'une souche... il y a certaines souches qui sont moins colonisatrices, qui sont moins agressives. Certaines souches qui sont parfois plus résistantes et qui vont coloniser plus vite les substrats, et donc qu'on va préférer. Elles sont parfois plus agressives, et donc laisser vivant entre deux parois, surtout si c'est du bois, le champignon pourrait attaquer le bois. C'est pour ça qu'on le met en sommeil, ou qu'on l'endort.

Participant 2 : C'est d'office avec un matériau qui a une forme comme là.

Participant 4 : Il n'y a pas de soufflage, quoi.

Participant 2 : Typiquement pour les cloisons, c'est quand même plus facile — tu ne sais jamais comment ça tombe exactement — d'avoir des matériaux qui sont souples pour l'isolation. Parce que, au moins, t'es plus flexible que si tu dois couper ça sur place. Mais entre l'endroit où tu coupes et puis le moment où tu le mets dans la cloison, t'es jamais tip top. Et donc finalement tu peux perdre, parce que tu n'as pas cet effet de serrage avec un matériau rigide.

Participant 3 : Oui, ça, ça peut se faire que pour de la préfabrication, parce que j'imagine difficilement sur le chantier qu'on monte la structure, qu'ils mettent le mycélium, et puis qu'on attende quelques semaines que ce soit pris.

Participant 2 : Oui, c'était ça ma question.

Participant 3 : Oui, ça je le vois qu'en préfabrication, et à ce moment-là on peut stopper le développement un certain temps, quand il a pris. Et donc éventuellement le faire directement entre deux plaques de plâtre.

Participant 2 : Mais voilà, il faudrait que ce soit préfabriqué. Alors là on peut l'arrêter et après le mettre en œuvre.

Participant 1 : Oui, sur chantier, c'est quand même compliqué.

Animateur : Oui, donc ça, ça serait quand même un frein : le fait de ne pas pouvoir l'utiliser sur chantier directement ?

Participant 3 : Oui, s'il y a un temps de fabrication de plusieurs semaines.

Participant 2 : C'est ça. Autant la préfabrication permet de gagner du temps sur le chantier, autant si on doit faire une cloison, attendre qu'elle sèche, ben on ne gagne pas de temps.

Participant 1 : Sur le chantier, c'est le préfabriqué. Tous les temps de séchage, de faire éventuellement, de laisser se développer ou pas... ça, pour moi, c'est complètement exclu parce que ça prend un temps démesuré. Voilà, il faut que le matériau soit fini : on le prend, on le met en œuvre, et puis c'est tout.

Participant 3 : Sur place, c'est ingérable, parce qu'on ne sait pas gérer le taux d'humidité, par exemple.

Participant 1 : Non, non, ce n'est pas possible, hein. Et puis le temps... on n'a plus de temps.

Animateur : Et d'un point de vue découpe, comme on en parlait : est-ce que, quand vous le touchez, ça vous poserait des problèmes ? Il peut être friable, ou je ne sais pas ?

Participant 3 : Ça, il faudrait poser la question aux hommes qui vont en faire. Les architectes, ils regardent ça de loin, mais ils ne touchent pas, c'est rare.

Participant 1 : Tu ne sais pas couper en deux ?

Participant 3 : On peut en craquer un ?

Animateur : Oui, oui, bien sûr.

Participant 5 : Ah oui, non mais ça, c'est pour voir comment ça se coupe.

Participant 1 : Parce qu'enfin, vous pouvez imaginer aussi : quand il est coupé, avoir cette structure... pour le refermer quand c'est coupé — là, il a déchiré — mais quand c'est coupé chirurgicalement, on va dire, avoir un spray ou quoi pour refermer le bord, pour refermer tous les pores, ce serait tout à fait possible, quoi. Mais là, c'est bien de l'avoir cassé : on voit beaucoup mieux comment il est à l'intérieur.

Participant 3 : Ça se coupe bien déjà, parce que ce n'est pas un cutter, ça.

Animateur : C'est bien, on aura fait des essais destructifs avant même de les faire en labo.

Participant 1 : Non mais voilà, c'est vraiment intéressant, parce qu'il ne faut pas que ça se désagrège non plus. Parce que tu vas le transporter, ça va se mettre là, puis il ne faut pas qu'à un moment donné... voilà, l'idéal, ce serait qu'il reste avec cette structure-là. Mais c'est ce que je dis : à partir du moment où tu le coupes, peut-être simplement un spray ou un produit pour refermer la structure, pour la garder vraiment dans le même état. Maintenant, si en restant comme ça, ça ne pose pas de problème pour sa dégradation dans le temps, il suffit de laisser comme ça. Après, quand il est dans des cloisons. Après, c'est plus quand il est dans des murs extérieurs et ainsi de suite. Il ne faut pas qu'à la longue, il se désagrège, quoi.

Participant 3 : Parce que c'est sûr, dans le bâtiment, il sera coupé sur place.

Participant 1 : Ah oui, c'est certain.

Participant 3 : Donc il faut que, une fois qu'il est coupé... je crois qu'on est un peu aux limites de ce qu'il peut.

Participant 1 : Donc c'est ce que je dis : il faut avoir quelque chose pour le refermer, quoi, pour éviter justement ce phénomène de dégradation par frottement ou par n'importe quoi.

Animateur : Et par rapport au fait que, d'une certaine manière, on peut mettre en sommeil le champignon, et puis éventuellement le réveiller en cas de casse... enfin, trou dans le mur... si on n'a pas tué complètement la souche, il y a moyen de faire des réparations. Ça vous paraît délirant ? Vous ne le ferez jamais ? Quel est votre avis sur le fait de, d'une certaine manière, le garder vivant ?

Participant 1 : Ça me paraît délirant, oui. Parce qu'à partir du moment où tu fais une ouverture, tu reprends le même matériau, tu refermes les bords, puis c'est tout. De nouveau, parce que voilà, tu ne vas pas commencer à recultiver un truc sur site.

Participant 2 : Oui mais ici, c'est plus le fait que s'il est actif, tu l'as décidé, ok, bien. Mais s'il est actif sans que tu aies décidé, ben tu vas avoir le même problème que tout à l'heure : il va continuer, il va bouffer ta structure et ton bois. Ben ouais, moins chaud, quoi. Même pour une cloison.

Participant 1 : Maintenant que tu parles de bouffer... du point de vue des animaux, rongeurs, etc. ?

Participant 4 : Ah, les petites souris, elles aiment bien, hein.

Participant 1 : Quand il est comme ça [en montrant la peau fongique], il n'est peut-être pas appétissant. Mais quand il est comme ça [en montrant le cœur], il est peut-être plus appétissant.

Animateur : Oui, c'est encore un des points à développer sur le mycélium : ça va être tout ce qui est eau et nuisibles. Parce que ça reste un isolant biosourcé. Donc, comme pas mal d'isolants biosourcés, pour les petites souris, c'est le paradis. Donc ça, c'est sûr que c'est un point.

Participant 2 : S'il est comme ça... justement, comment est-ce qu'il se réactive ? Parce que là, il est mort. Donc celui-là, tu ne peux pas le réactiver. Donc si tu as un défaut dans ton mur, ce que tu disais pour la réparation, et que celui-là, ce n'est pas possible...

Animateur : En effet, avec celui-là, ça va être plus compliqué, parce que celui-là, il a été complètement tué.

Participant 2 : En vrai, c'est quand même plus rassurant. Parce que, aussi, nous, il faut se dire qu'en tant qu'architectes, on est prescripteurs. Déjà, on est prescripteurs et pas poseurs, donc on prend quand même pas mal de responsabilités sur un travail qu'on ne fait pas nous. Et en plus de ça, sur un usage qu'on ne maîtrise pas toujours. Parce qu'une fois qu'on a fait la réception, en plus de ça, on a potentiellement eu un maître d'ouvrage qui a été sensibilisé, mais ce n'est pas dit que c'est lui qui reste pendant 10 ans. Donc si on a quelque chose qui peut se réactiver au cours des 10 ans sans qu'on ait la moindre maîtrise, ça pose quand même des questions.

Participant 3 : Ça contraint.

Participant 4 : Surtout qu'on ne connaît pas le mode de vie des habitants. Ils vont peut-être chauffer plus que nécessaire, ou avoir un mode de vie avec beaucoup d'humidité... enfin voilà, comme on n'a pas de contrôle là-dessus, si ça se réactive, c'est problématique.

Participant 3 : Donc il faut presque des habitants un peu sensibilisés.

Animateur : Sauf si quelqu'un a encore quelque chose à ajouter sur les usages, on va passer à la dernière activité.

Participant 4 : Ah non, moi je me pose encore une petite question. Pour les faux plafonds, par contre, vu que c'est rigide, je ne conçois pas comment utiliser les panneaux, sauf s'ils sont fixés directement alors, et qu'on vienne leur fixer une plaque dessus. Donc on fixe directement à une structure, quoi.

Participant 2 : C'est un peu comme un panneau Héraclite. En plus, vu que ça a une résistance au feu, ça peut être pas mal.

Participant 4 : Oui, pour séparer deux compartiments, pour la prévention feu dans les appartements, par exemple.

[L'animateur parle en plaçant les échantillons et les fiches sur la table]

Animateur : Du coup, la dernière petite phase de ce travail... Voilà, si vous ne l'aviez pas compris, moi j'ai plutôt travaillé sur le côté isolation de ce matériau. Le dernier petit jeu que je vais vous demander de faire, ça va être plutôt de voir : ce matériau-là, comment est-ce que vous, vous le placez par rapport aux autres matériaux qu'on a d'habitude dans la construction ? Donc pour ça, je vous ai préparé des petites fiches avec un petit rappel de toutes les propriétés, et vous avez tous les échantillons de tout ce qu'il y a. Donc, on a plutôt des isolants biosourcés — avec liège, laine de bois, on a du chanvre, de la cellulose, tout ce genre de choses — et alors, plutôt des isolants pétrochimiques, avec PIR, PUR, polystyrène, et tout ceci. Et voilà, je vais vous laisser peut-être 5 minutes pour un peu explorer tout ça. Et puis, je vais vous donner des petits post-its. Et l'objectif, c'est que, en prenant le mycélium avec, vous fassiez un classement de tous ces isolants selon le critère qui vous semble le plus important. Je ne sais pas si c'est l'aspect visuel, le toucher, les propriétés... Et donc, de voir un peu comment vous reclasseriez tout ça.

Animateur : Je ne sais pas si vous voulez le faire tous ensemble et avoir un classement tous ensemble, ou si vous voulez plutôt le faire de manière individuelle ?

Participant 2 : Le classement va dépendre du critère, du coup.

Participant 1 : Oui.

Participant 2 : Parce que si tu nous demandes de le classer en fonction de ses propriétés, comme sa résistance thermique, il n'y a rien à faire, il ne sera pas le premier.

Animateur : En fait, l'objectif, c'est que vous définissiez votre critère, celui qui est le plus important pour vous.

Participant 1 : C'est peut-être mieux de le faire individuellement.

Participant 3 : Oui, mais on risque d'avoir tous le même critère et classement.

Animateur : Mais c'est ça le but : c'est de voir ce qui est le plus important.

Participant 2 : Ça, c'est tous les échantillons qu'il y a ?

Animateur : Oui. Donc voilà des post-its.

Participant 1 : Donc le classement qu'il faut faire ?

Animateur : Il faut classer en fonction de... de voir un peu quels matériaux, comment vous mettriez les matériaux l'un par rapport aux autres. Si pour vous, le plus important c'est la mise en œuvre sur chantier, de les reclasser selon ce critère, en prenant en compte où vous mettriez le mycélium par rapport aux autres. Si en fait c'est l'écologie, de voir comment vous reclasseriez tous ces matériaux-là en prenant bien évidemment le mycélium, pour voir s'il est le dernier du classement ou s'il se situe dans une autre position. L'idée, c'est de voir un peu comment vous le repositionnez par rapport à tout ce qui est là.

[Durant ce moment, l'ensemble des participants réfléchit et note l'ensemble de ses idées sur des post-its.]

Animateur : Bien. Maintenant, je vous propose qu'on mette un peu en commun vos classements et qu'on échange tous ensemble autour de ça. Donc, qui veut commencer ?

Participant 2 : Alors moi, je veux bien commencer. J'ai fait un petit tableau de comparaison avec les critères d'exemple projeté : visuel, thermique, mise en œuvre, impact environnemental et acceptabilité. Et donc j'ai mis une note de 1 à 7 pour chacun des isolants. Et après ça, on peut totaliser les scores pour en faire un classement général, parce que selon moi, il faut utiliser plusieurs critères.

Participant 1 : Oui, ça je suis d'accord.

Participant 2 : Et donc en additionnant, c'est la laine de verre, puis la laine de roche et la cellulose qui ressortent, car ce sont ceux qui ont le moins de points au total. Parce que je trouve qu'ils allient bien performance et écologie. Dans ceux que je classe les plus bas, ce sont tous les isolants pétrochimiques, parce que je suis assez sensible à la construction écologique.

Animateur : Et le mycélium, vous le placez où ?

Participant 2 : Alors pour le moment, il est dernier de mon classement, parce que pour moi, on n'en sait pas encore assez. Il y a pas mal d'incertitudes, et même s'il est plutôt bien d'un point de vue écologique et que j'apprécie encore le visuel, je le place dernier en mise en œuvre, au vu de tout ce qu'on vient de dire, et en acceptabilité.

Participant 1 (en s'adressant au participant 3) : Alors j'ai fait un peu pareil que vous, en fait. J'ai pris les critères de la présentation pour classer. Et donc, pour la mise en œuvre, j'ai plutôt pris ça d'un point de vue rapidité, et pour moi, c'est l'EPS, puis les laines et les isolants style ouate de cellulose ou liège expansé à la fin. Par contre, pour l'impact environnemental,

évidemment les isolants comme le liège, la cellulose sont devant tous les produits transformés et issus du pétrole. Pour l'aspect visuel, je trouve que le mycélium n'est pas si mal.

Participant 1 : Ah oui, et pour les performances techniques, ben là, il suffit de lire les fiches techniques. Je n'ai pas vraiment d'avis dessus.

Participant 4 : Alors moi, je vous rejoins aussi, parce que je trouve que ce qui est intéressant, c'est vraiment de mettre en balance les différents critères pour faire un bon choix. Et donc le plus important, selon moi, c'est l'impact environnemental. Mais il faut aussi prendre en compte la résistance thermique, la mise en œuvre, mais aussi le prix.

Participant 2 : C'est vrai que je n'ai pas pris en compte dans mon tableau le prix, mais c'est en effet un point important.

Participant 1 : Oui, ça, il n'y a rien à faire, le prix a quand même un grand impact.

Participant 3 : Oui, en particulier avec les clients.

Animateur (en s'adressant au participant 4) : Et donc, vous avez fait quoi comme classement ?

Participant 4 : Alors [rire] je n'ai pas tout à fait fini, mais pour moi, je mettrai la laine de roche en premier, puis la cellulose et le chanvre, puis la fibre de bois. Ensuite, le liège, et sur la même ligne, je mettrai le mycélium. Mais... heu... je pense que c'est quand même difficile de le classer. À la fin, je mets tous les isolants pétrochimiques, parce que même s'ils sont plutôt performants, pour moi ils sont trop polluants.

Participant 5 : Oui, ça, je trouve que ça doit vraiment devenir un critère important.

Participant 1 : Mais je ne suis pas sûr que le secteur soit déjà vraiment prêt.

Participant 4 : Après, si je dois en mettre un en premier dans les pétrochimiques, je mettrai le PU.

Animateur : Super. Quelqu'un d'autre veut présenter ses critères de sélection ou son classement ?

Participant 3 : Heu... oui. Donc moi, je n'ai pas vraiment pris en compte l'impact environnemental, mais j'ai choisi comme critère l'efficacité. Donc en fait, le rapport entre le pouvoir isolant, la mise en œuvre, la tenue dans le temps et l'épaisseur utile.

Participant 1 : Oui, je trouve que c'est un bon critère, ça.

Participant 3 : Et donc, après... c'est peut-être aussi parce que dans ma pratique, c'est celui que je vois le plus. Mais pour moi, le premier, c'est le PIR et PUR, parce que c'est le meilleur rapport isolant/épaisseur. Puis je mets la fibre de bois.

Participant 1 : Oui, ça c'est plutôt pas mal, avec la rigidité pour le placement.

Participant 3 : Et en fait, là, en l'état, le mycélium me fait quand même fort penser à la fibre de bois, donc je le mettrai au même niveau. Puis j'ai mis la laine de roche pour son effet acoustique. Ce qui est bien avec ces trois-là, c'est que la pose est possible par des ouvriers "classiques", entre guillemets.

Participant 3 : Après ça, je mets l'EPS et le XPS, pour des usages où le PIR ne peut pas être utilisé. Puis la laine de verre, parce que je ne la trouve vraiment pas assez stable dans sa forme. Et donc, sa tenue dans le temps, je ne suis vraiment pas convaincu.

Participant 2 : C'est vrai que la tenue dans le temps et la durabilité, c'est un critère important.

Participant 3 : Puis, du coup, ceux que je mets dans les moins, ce sont ceux dont l'épaisseur utile est trop importante. Donc le liège, la fibre de chanvre, et le dernier, c'est vraiment l'ouate de cellulose. Parce que ça, le problème, c'est qu'il faut des firmes spécialisées pour les mettre.

Participant 5 : Heu... oui non, moi je suis plutôt d'accord avec tout ce qu'on a dit jusqu'à présent, donc je n'ai pas vraiment quelque chose à ajouter.

Animateur : Alors merci à tous. Avant de clôturer cette séance et de profiter d'un petit lunch, je vous propose de résumer en un mot ou une phrase votre avis sur le mycélium dans la construction.

Participant 1 : Prometteur.

Participant 4 : Pourquoi pas.

Participant 5 : À suivre.

Participant 3 : Je pense qu'il y a un coup à jouer sur les termes utilisés, en particulier sur l'emploi du mot "champignon" qui, certes, risque de donner lieu à plus de préjugés. Mais le terme "mycélium" donne une impression plus technique et, pour les clients, l'impression d'un produit plus cher.

Participant 2 : Innovant.

Animateur : Super merci à tous, nous pouvons passer au lunch.

Annexe 15 : Retranscription focus group B

[Dans le but de favoriser une atmosphère propice à la discussion, chaque participant a été invité à se présenter. Cette partie, exclue de la retranscription, vise à respecter l'anonymat des intervenants.]

Animateur : Alors pour lancer les hostilités, la première question que j'ai à vous poser, avant qu'on ne développe tout le reste, c'est : vous, quand on vous dit mycélium, si vous deviez répondre un mot ou une phrase, vous, à quoi est-ce que ça vous fait penser ?

Participant 3 : Champignons, filaments.

[Approbation de deux autres participants]

Participant 3 : Blanc.

Participant 2 : Oui, la même chose.

Participant 4 : Moisissure.

Participant 1 : Je dirais champignon.

Participant 4 : Mérule.

Participant 2 : Réseaux.

Animateur : Et si vous deviez vous imaginer à quoi ça ressemblerait ? Vous projeter un peu : une couleur, une texture, une odeur ?

Participant 4 : Une odeur non, mais blanc.

Participant 3 : Une toile d'araignée filamenteuse blanche.

Participant 2 : Oui, c'est ça.

Participant 1 : Sous forme de filaments.

Participant 4 : Je pense que, quand on voit souvent sur des bois qui pourrissent des champignons, j'ai toujours un peu l'impression que c'est blanc. C'est un peu... pas comme de la mousse, mais si, un peu comme de la mousse en fait.

Animateur : Il n'y a jamais de bonnes ou de mauvaises réponses. Le but, ça va être vraiment qu'on discute tous ensemble du sujet.

Participant 2 : Un peu des racines, quoi, qui vont bien loin.

Animateur : Oui. Et comment est-ce que vous lieriez ça avec le champignon ? Quand on a parlé de mycélium, la première chose dont vous m'avez parlé, c'est champignon, mais ça vous évoque quoi ? Ça vous fait peur ?

Participant 4 : Champignons dans une maison, ce n'est jamais bon. C'est le truc qu'on essaie de ne pas avoir.

Participant 2 : En tout cas certains.

Participant 1 : Maintenant, c'est naturel aussi.

[Arrivée du participant 5, il signe le formulaire de consentement, se présente et le focus group reprend.]

Animateur : Donc nous étions en train de discuter de ce qui nous vient à l'esprit quand on pense au mycélium. Si tu as une idée, n'hésite pas.

Participant 5 : Alors mycélium, rien, mais champignon par contre... enfin, c'est ce qu'on mange, quoi.

Animateur : Ça va, c'était la petite phase d'introduction, pour voir un peu ce que vous, vous pensiez. Si vous avez quelque chose à ajouter, avant qu'on passe à la deuxième phase, sur... en fait un peu les premières impressions qu'on a, juste sur un mot qui évoque plein de choses, au final ?

Participant 4 : Mycélium, est-ce qu'on n'en parle pas aussi dans l'industrie pharmaceutique ?

Animateur : Si.

Participant 4 : Donc j'en ai déjà entendu parler de par là, mais pourquoi, ça je ne sais pas. Mais je connais.

Animateur : Si, si, en fait, du mycélium, il est utilisé un peu partout, notamment pour produire des médicaments.

Animateur : Bon, c'était un peu la petite phase d'introduction, voir un peu ce que vous connaissez du matériau et quels sont vos premiers avis là-dessus. Et donc, on va passer à une deuxième phase, qui va alors être liée plutôt à l'exploration de ce matériau.

[L'animateur déballe les échantillons et les place sur la table des participants.]

Animateur : Donc pour ça, je vous ai amené des petits échantillons. Vous pouvez les faire passer. Bon, il en manque un parce que ce midi, ils l'ont...

Participant 4 : Manger.

[Rire de l'ensemble des participants.]

Animateur : Non, éventré. Donc si vous voulez voir l'intérieur, vous l'avez.

Participant 4 : Et donc ça [en montrant l'échantillon], c'est déjà des champignons ?

Animateur : Oui, sous forme de mycélium.

Participant 1 : Mais pas tout seul.

Participant 2 : Il est en enrobage, c'est ça ?

Animateur : Oui, d'une certaine façon. C'est un biocomposite.

Participant 1 : Et qu'est-ce qu'il y a d'autre ?

Participant 2 : Des copeaux de bois ?

Animateur : On est sur un mélange entre paille et mycélium.

Participant 2 : Oui, donc c'est plus que de l'enrobage, parce qu'on le voit à l'intérieur.

Participant 4 : C'est la même chose que quand tu veux faire pousser des champignons. Tu les mets dans un milieu avec de la paille ou un peu de bois, puis les champignons, ils poussent dedans.

Animateur : Oui, oui, mais ici, on arrête la croissance avant.

Participant 2 : Oui, ça va être stabilisé.

Participant 2 : La texture est sympa.

Participant 3 : Oui, on dirait une espèce de petit fromage.

Participant 2 : Oui, c'est exactement ça.

Participant 1 : On dirait un petit pavé.

Animateur : C'était ma première question : qu'est-ce que vous en pensez d'un point de vue plutôt sensation, texture, odeur, légèreté ?

Participant 4 : Ça ne sent rien.

Participant 2 : Oui, plutôt même le bois.

Participant 4 : En fait, c'est vraiment très léger.

[Approbation de l'ensemble des participants.]

Participant 1 : Léger.

Participant 3 : C'est doux.

Participant 1 : Il n'y a pas ce sentiment de moisissure ou...

Participant 2 : Non, non, c'est plutôt comme une peau de pêche.

Participant 1 : Évidemment, il y a des mélanges.

Participant 4 : Mais tu dois arrêter l'évolution du champignon, non ?

Animateur : Oui, on fera un petit point théorique après.

Participant 1 : Là, on est d'accord que ce qui recouvre, ce n'est pas du mycélium ?

Participant 4 : Si si, ça, c'est le mycélium aussi.

Participant 1 : Mais il y a un liant en plus ?

Animateur : Non, c'est le mycélium qui va lier seul le substrat.

Participant 1 : C'est vraiment doux.

Participant 4 : Et tu chauffes après ?

Animateur : Alors, on en parlera après. Pour le moment, c'est moi qui pose les questions.

Participant 1 : On est dans la phase d'exploration, là.

[Rire de tous les participants.]

Animateur : On va essayer de suivre un peu le déroulement du focus group.

Participant 2 : C'est curieux, en tout cas.

Participant 1 : C'est surprenant.

Animateur : Parfait pour ma petite question, tiens. Quelle émotion, vous, ça vous donne ? De la peur, du dégoût, je ne sais pas ?

Participant 3 : Non, pas du tout.

Participant 4 : Pas plus que ça. C'est même mieux que de la laine de roche, ça gratte moins.

Participant 2 : C'est vrai, ça.

Participant 1 : Agréablement surprise.

Participant 2 : La question que je me pose, moi, c'est la période de test et dans le temps, ce que ça va donner.

Animateur : Donc, au final, ça vous soulève quand même pas mal d'interrogations ?

Participant 5 : Oui.

Participant 1 : Mais y'a pas de sentiment désagréable ou de rejet, en tout cas.

[Approbation de l'ensemble du groupe.]

Participant 4 : Non. Et ça utilise probablement moins de pétrole que certains autres matériaux.

Participant 1 : C'est sûr.

Animateur : Et est-ce que c'est ce que vous aviez imaginé ?

Participant 4 : Non.

Participant 3 : Oui.

[Étonnement du participant 5.]

Participant 3 : Parce que je connaissais déjà le matériau. Mais à la base, non.

Animateur : Qu'est-ce qui vous surprend avec ce matériau, alors ?

Participant 2 : Sa texture.

Participant 1 : Je dirais ça aussi.

Participant 3 : C'est un beau blanc, aussi.

Participant 2 : Oui, blanc, beige comme ça.

Participant 4 : C'est léger, moi je trouve. C'est même très léger.

Participant 2 : Moi, je trouve quand même ça un rien désagréable sous l'ongle, en fait. C'est doux, mais ça crispe.

Participant 2 : Une fois posé, normalement, on n'y touche plus.

Animateur : Un dernier petit avis sur l'échantillon que vous avez ?

Participant 4 : Je suppose que tu vas quand même nous expliquer pourquoi tu as fait ça ? Je suppose que le but, ce n'est pas pour faire joli.

Animateur : C'est sûr.

Participant 4 : À moins qu'on l'utilise pour faire un parement de quelque chose, en fait.

Participant 5 : Ou un panneau isolant.

Participant 2 : Un peu comme Heraklith, en fait.

Participant 3 : Les deux faces pourraient être intéressantes.

Participant 4 : Faudrait voir un peu ce que ça n'absorbe, point de vue son, aussi.

Animateur : Alors, je vous propose qu'on passe à la présentation théorique. Alors ce n'est pas vraiment une petite présentation théorique, mais c'est plutôt pour que tout le monde reparte sur la même base pour les deux petites activités qu'on va faire après.

[Changement de slide.]

Animateur : Donc, le mycélium, qu'est-ce que c'est ? Comme vous l'avez bien dit tantôt, ça va être toute la partie végétative du champignon, donc c'est toutes les racines. Nous, quand on va se balader dans les bois, on voit pied et chapeau. Mais en dessous de ça, et en dessous de nos pieds, il y a un réseau qui fait vraiment des milliers de kilomètres avec le mycélium. Et donc, comment est-ce qu'on arrive aux éléments que vous avez devant vous ? Comme on l'a vu, c'est un biocomposite. Donc, ce n'est pas que du mycélium. Le mycélium va être un liant, un peu comme un ciment dans un béton, et donc il lui faut une matrice structurelle.

[Changement de slide.]

Animateur : Donc, la première grande étape dans la production de MBC, c'est le choix de l'espèce et le choix du substrat. Pour l'espèce, il existe des millions d'espèces de champignons et on en découvre encore tous les jours. Par contre, toutes les espèces ne sont pas bonnes pour faire des biomatériaux comme on a là. Mais elles peuvent servir à d'autres choses, comme on en parlait tantôt : tout ce qui va être dépollution des sols, tout ce qui va être pharmaceutique... Et donc, il faut savoir choisir la bonne espèce pour un temps de croissance optimal. Il faut aussi choisir son substrat. Ça, ça va être assez varié, ça peut être tout élément organique : paille, sciure de bois, etc. Une entreprise à Bruxelles fait ça sur du marc de café. Ce substrat-là, il faut absolument le stériliser pour qu'il ne contamine pas avec d'autres agents le mycélium qu'on va choisir. Après ça, on va l'inoculer, puis on va passer dans une phase d'incubation où, là, on va le mettre en forme. L'avantage du mycélium, c'est qu'on peut le mouler dans toutes les formes possibles et imaginables. Là, c'est parce que dans le cadre de ce travail, ce sont des briques, et ce sont des carrés. Mais si vous voulez faire, peu importe... des chaises, il y a moyen de mouler en forme de chaise. Après ça, le mycélium, c'est un être vivant. Donc il faut le tuer, ou en tout cas le mettre en sommeil. Et comment est-ce qu'on fait ça ? On fait ça par séchage en four — à évidemment des degrés beaucoup moins élevés que pour tout ce qui va être briques ou isolants habituels. On tourne autour d'une centaine de degrés. Après ça, une fois qu'on le sort du four, on a un matériau qui est prêt à l'emploi et prêt à être utilisé, peu importe son usage.

[Changement de slide.]

Animateur : Dans les grandes réalisations qui ont été faites actuellement avec du mycélium, on va voir la plus connue, qui est le pavillon belge à la Biennale de Venise par Bento Architecture, où ils s'en sont servis comme élément esthétique en façade intérieure. La tour Hi-Fy, qui est à New York, où là ce sont des briques de mycélium qui ont été mises pour une exposition temporaire. Et puis la chaise vivante, qui a en fait allié mycélium et impression 3D dans un projet de recherche.

[Changement de slide.]

Animateur : Au niveau de ses propriétés, c'est vraiment un matériau qui est toujours à l'essai et toujours en développement en laboratoire. Donc ça reste des propriétés théoriques. Elles vont être hyper dépendantes du choix de l'espèce de mycélium et du choix de la matrice qu'on va faire au niveau fibre. Donc en fait, mettre de la paille ou mettre de la sciure de bois, ça n'a pas le même impact. Les grands points importants, ça va être tout ce qui est conductivité thermique et résistance au feu. C'est un matériau qui est plutôt pas mal. Et le point très important, ça va être plutôt lié à tout ce qui est cradle to cradle, car il est compostable. Et donc, ce sont des éléments qu'on peut remettre en sol et qui retournent à la nature. C'est toute une gestion des déchets qui va être beaucoup plus facile que ce qu'on peut avoir, par exemple, avec d'autres matériaux chimiques.

Animateur : Du coup, on va passer à la deuxième petite activité. Et là, l'objectif, c'est que vous réfléchissiez à où vous verriez ce genre de matériau dans une habitation, plutôt liée au secteur de la construction. Je vous ai mis des petits éléments pour donner des pistes, mais vous êtes libre de penser à tous les éléments pour lesquels on pourrait utiliser le mycélium. Je vous ai mis des petites gommettes pour voir où vous utiliseriez ce matériau.

Participant 5 : Moi, je pense que dans la cloison légère type métal stud, quoi, ça peut être vraiment pas mal. Parce que là, tu cherches à avoir quelque chose pas forcément thermique, mais plus isolation sonore. À mon avis, ça, dans le temps, par sa forme, ça doit être facile à mettre dans la structure, et avec le temps, à mon avis, il restera plus vite qu'une laine de roche ou une laine de verre qui a tendance à se laisser aller.

Participant 1 : On peut coller sur cloison, alors ? Personnellement, je partage votre avis. On peut mettre plusieurs gommettes, je suppose ?

Animateur : Oui, oui.

Participant 2 : Il faudrait trouver une imbrication, par contre, parce que si tu laisses un joint entre chaque élément, le bruit passe, la chaleur passe.

Participant 3 : C'est pour ça que moi, je pensais plutôt au plafond. Des dalles 60x60, tu les mets comme des panneaux.

Participant 2 : Oui, et ça fait comme une finition.

Participant 2 : Faut juste voir ce que ça donne pour l'acoustique, parce que c'est assez lisse. Mais par contre, ce qu'on peut faire, c'est faire des trous pour absorber, emprisonner le son, sur toutes ou certaines plaques ou quoi. Parce qu'au final, une plaque Gyproc acoustique, c'est une plaque avec des trous, de l'isolant et une deuxième plaque. Comme c'est pleine masse.

Participant 4 : Revêtement intérieur, oui... mais construction, je ne sais pas.

Participant 2 : Niveau humidité et résistance, c'est pas terrible. Donc dans les chapes, etc., ça n'ira pas.

Participant 3 : Ben oui et non, parce que quand on voit le panneau à la Biennale de Venise...

Participant 2 : Oui, c'est vrai qu'ils sont extérieurs.

Participant 5 : Oui, mais ils sont juste décoratifs, non ? On ne va pas mettre ça sur un mur extérieur.

Participant 1 : Tu avais dit, à la Biennale, que c'était intérieur ou extérieur ?

Participant 2 : Extérieur.

Animateur : Extérieur. Mais c'est un pavillon qui a été monté pour le cadre de l'exposition.

Participant 1 : Oui, donc un projet relativement provisoire.

Participant 4 : Mobilier, luminaire... faut pas exagérer.

Participant 3 : Non, justement. Nous, notre projet, c'était justement pour faire des luminaires.

Participant 2 : Ah oui ?

Participant 3 : En fait, vu que ça prend la forme qu'on veut, on les fait pousser en luminaire.

Participant 1 : Vous voulez qu'on mette les deux ? Un vert et un rouge ? Vous, vous êtes contre ?

Animateur : On peut dissocier mobilier et luminaire.

Participant 4 : Oui, j'aime autant.

Participant 1 : On peut avoir des avis différents.

Participant 3 : Je suis pour les lumineux, moi, en tout cas.

Participant 1 : Oui, peut-être plus que le mobilier.

Participant 4 : Isolation, ça par contre, oui. En fait, au départ, je ne sais pas si je l'aurais mis en isolant, mais je ne me souviens plus des caractéristiques.

Participant 1 : Par contre, moins convaincue en revêtement de façade, non ?

Participant 4 : Ah oui, moi aussi, ça.

Participant 3 : Faut voir avec le temps, ça.

Participant 3 : Revêtement intérieur ou extérieur, j'y crois moyen en fait.

Participant 2 : Ben oui, vu qu'il est un peu poreux comme ça...

[Approbation du participant 3]

Participant 2 : Vu l'impression que ça donne, c'est structuré, donc il y a des vides, ce qui va vite donner des taches, des accumulations de poussière.

Participant 5 : Ouais, je pense qu'au niveau de l'isolation, ça peut aller, mais faut voir aussi le lambda et l'épaisseur qu'on doit mettre.

Participant 2 : Le lambda est plutôt bon, en vrai.

Participant 5 : Faut voir aussi la mise en œuvre alors.

Participant 4 : Oui, c'est ça, si c'est des panneaux...

Participant 5 : ... si on peut les couper, les fixer comme on veut.

Participant 2 : Et un élément à prendre en compte, c'est la dilatation.

Participant 5 : Et au niveau de l'étanchéité à l'air aussi.

Participant 2 : Parce que tu peux les mettre contre, mais au final, s'il fait chaud ou froid, ça se dilate dans un sens ou dans l'autre, ça crée des ponts thermiques.

Participant 2 : Oui, faut peut-être les mettre en deux panneaux croisés.

Participant 3 : Oui, deux épaisseurs.

Participant 2 : Oui, deux épaisseurs de 6 ou 4 cm, croisées, comme ça t'es sûr d'avoir quelque chose de bon. Après, comment les lier entre eux ? Avec des crochets ?

Participant 5 : Oui, puis même pour les couper, etc., il faudrait que face contre face, on ait quelque chose de régulier. Par exemple, je prends un panneau de PU en tenon-mortaise, ils sont imbriqués correctement, puis on met une feuille d'aluminium dessus, et puis c'est bon.

Participant 4 : Oui, mais ici, c'est moulé comme tu veux, donc on pourrait tout à fait mouler des tenons-mortaises pour l'assemblage. Parce que, au départ, c'est comment ? C'est liquide ?

Participant 3 : C'est une pâte, non ?

Animateur : Le mycélium pur, on peut se le procurer sous plusieurs formes : liquides, en seringue, ou déjà inoculé sur des grains.

Participant 2 : Et donc, on pourrait faire un genre de cartouche pour lier et coller les éléments entre eux ?

Participant 3 : Oui, ça pourrait être bien, ça.

Participant 2 : Parce qu'il faut que ça fasse un seul élément uniforme, donc ça pourrait être sympa.

Participant 5 : Oui, mais il faut cuire à chaque fois.

Participant 2 : Il va peut-être durcir avec le temps.

Participant 4 : Après, si tu sais déjà faire des tenons-mortaises, c'est déjà bien.

Participant 2 : Oui, mais ça va s'abîmer, je n'y crois pas.

Participant 4 : Pourquoi ? À cause de la densité ?

Participant 2 : Non, mais même le maçon, il ne va pas s'appliquer à mettre ça pile poil comme il faut. Le transport, ça va arriver à moitié cassé. C'est vrai, non ?

Participant 5 : C'est vrai que déjà, les panneaux, quand ils arrivent, ce n'est pas ça...

Participant 2 : Déjà quand ils sont rectangulaires, ils arrivent, ils le sont plus. Alors s'il faut les emboîter après...

Participant 5 : Oui, c'est vrai que les panneaux, dans le transport, ils sont un peu malmenés. Mais ici, celui-là, si tu donnes un coup dessus, ils sont quand même fragiles.

Participant 2 : Oui, peut-être qu'il faut faire un mix, un peu comme chaux-ciment : faire mycélium-ciment.

Participant 5 : Oui, parce qu'il y a un isolant là, le Gramiterm, qui est fait avec de l'herbe. Ça marche bien, mais avec une ossature bois. Enfin, c'est possible de le faire avec une construction béton, mais c'est beaucoup plus compliqué.

Participant 3 : Donc, revêtement intérieur, on disait quoi dessus, encore ?

Participant 1 : On était mitigé, ça.

Participant 2 : Oui.

Participant 4 : Dans une maison unifamiliale, ça va pas du tout.

Participant 3 : Plutôt en panneau, peut-être.

Participant 4 : Mais pour tout un mur, toute une pièce ?

Participant 5 : T'aurais ça dans tes combles, en vrai.

Participant 2 : Comme isolant de toiture, dans un comble, en vrai, oui, ça va... mais pas dans ton salon, quoi.

Participant 5 : Ça peut dépendre des goûts aussi.

Participant 4 : C'est vrai que si on sait le colorer, ou mettre du plâtre dessus...

Participant 2 : En vrai, moi, comme élément décoratif, c'est sympa, quoi.

[Approbation du participant 3]

Participant 2 : On met bien des lambris en bois à l'intérieur, alors pourquoi on ne mettrait pas ça ?

Participant 3 : Un peu comme des panneaux en céramique.

Participant 4 : Oui, et par exemple, si on sait faire un dessin dessus ou quoi.

Participant 5 : Oui, mais j'avoue que moi, je ne vois pas l'intérêt de mettre, dans une construction traditionnelle, ça sur les blocs, sauf si ce n'est que pour l'esthétique.

Participant 2 : L'esthétique, et aussi dans les habitats ou les pièces qui ne sont pas vite chauffées. Le fait d'avoir un isolant intérieur, il fait meilleur plus vite. Dans les pièces pas souvent utilisées, c'est plus vite chauffé, vu que l'isolant est plus près : on ne chauffe pas le mur.

Participant 4 : Après, faut quand même avoir un truc solide pour accrocher quelque chose.

Participant 2 : Oui, c'est ça.

Participant 5 : Faut quand même un bloc, ou un truc du genre, derrière s'il faut accrocher un cadre ou quoi.

Participant 2 : Oui, mais ça, c'est comme dans tout. T'as la même chose avec une contre-cloison, où tu dois aller chercher le porteur derrière, ou tu mets des chevilles spéciales.

Participant 3 : Après, je me pose la question parce que, quand on voit la densité, on est presque aux panneaux OSB pour les plus lourds. Peut-être qu'il y aurait moyen de faire des panneaux vraiment compacts.

Participant 5 : Oui, après, à mon avis, plus on va augmenter en densité, plus on va perdre en conductivité thermique.

Participant 3 : Après, ça ne serait pas la même utilité non plus.

Participant 2 : Cloisons, oui. On a parlé des cloisons type Gyproc, mais ça peut être des cloisons pleines aussi, des blocs intérieurs de 9 cm.

Participant 5 : Meilleur acoustique, et meilleur isolant que du bloc.

Participant 2 : Oui, ça serait encore mieux.

Participant 3 : Oui, nous, quand on l'a recommandé pour un de nos projets, c'était pour faire des luminaires et des blocs pour des cloisons.

Participant : Un peu comme des modules 60x60.

Participant 5 : Oui, mais comment est-ce qu'on les met en œuvre ?

Participant 4 : Luminaire... j'ai pas compris, moi. C'est pour faire quoi ?

Participant 3 : Comme ça fait la forme qu'on veut, on fait un luminaire avec le mycélium qui pousse comme un demi-cylindre, et ça fait un abat-jour.

Participant 5 : Ha oui, d'accord.

Participant 2 : Il y a juste qu'il faudra peut-être rigidifier la cloison, parce que c'est quand même très léger.

Participant 5 : Ça ne craint pas un peu la chaleur, même, ça ?

Participant 2 : Il faut faire des tests.

Participant 3 : Ceux vendus dans le commerce actuellement, c'est breveté, donc bon...

Animateur : D'un point de vue résistance au feu, ça ne flambe pas instantanément.

Participant 5 : Ha oui... donc d'un point de vue RF, c'est plutôt pas mal.

Animateur : Ça doit encore évidemment passer toutes les certifications liées à la résistance au feu, mais c'est assez prometteur.

Participant 1 : Par contre, dans des locaux humides, comme dans une salle de bain ?

Participant 3 : Ouais, ça peut être problématique.

Participant 2 : Parce que ça absorbe l'humidité.

Participant 5 : Oui, dans un local humide, ce n'est jamais bien d'avoir un matériau qui absorbe l'humidité.

Participant 2 : Parce que tu as dit que tu neutralisais, stabilisais... mais ça peut repartir si on met ce matériau dans une pièce humide ? Est-ce qu'il peut se réactiver ?

Animateur : En fait, il y a deux techniques : une fois qu'on a moulé ces matériaux-là, soit on endort le mycélium — donc il est endormi et il pourrait être réactivé — soit on le tue complètement. Pour le moment, dans les échantillons, il est mort. On pourrait remettre de l'eau dessus, il ne repartira pas. Mais là aussi, il y a toute une question à se poser : est-ce que travailler avec des matériaux endormis a un sens, notamment pour les réparations ou ce genre de choses ?

Participant 2 : Oui, mais avec l'humidité ambiante, ça peut être problématique.

Animateur : C'est pour ça qu'actuellement, on tue les souches et on ne garde plus que la fibre, plus le vivant qui est derrière.

Participant 1 : Mais il n'y aurait pas de contraintes à l'utiliser en salle de bain, par exemple ?

Participant 4 : Si, surtout si on le laisse endormi.

Participant 5 : Je sais plus rentrer dans la salle de bain, mes blocs ont grandi !

[Rires des participants]

Participant 3 : Oui, c'est aussi pour ça que je n'y crois pas trop, moi, en revêtement de façade. Parce qu'il y aura de l'eau. Il me semble que j'ai déjà vu, mais je n'ai jamais compris.

Participant 2 : Oui, déjà sur les pierres qu'on met en extérieur, il y a des coulées, des pourritures, et elles ont un peu la même texture.

Participant 1 : Y'a quand même une granulométrie, donc un petit champignon va facilement venir se mettre dedans.

[Approbation du participant 3]

Participant 1 : Et en termes d'entretien... si on fait un revêtement intérieur, ça se lave ? C'est facile à nettoyer ?

Animateur : C'est une bonne question, et je ne sais pas.

Participant 1 : Oui, mais alors en mobilier, par exemple une table qu'on nettoie... ça ne va pas, je suppose ? Il y a des précautions à prendre ?

Animateur : Vu que, d'un point de vue comportement à l'eau, ce n'est pas encore le grand point fort du mycélium, je pense que si on passe la navette trois fois par jour dessus, il ne va pas être content à la fin. C'est pour ça que, souvent, dans le mobilier, ça sert de pied de table, puis on met une plaque de verre dessus.

[Approbation du participant 2]

Participant 4 : Et c'est assez résistant ?

Animateur : Oui.

Participant 1 : Maintenant, on fait des lampes et des meubles en carton...

Participant 5 : Et l'échantillon que nous on a là, il se trouve dans les plus solides ou pas ?

Participant 3 : En termes de densité ?

Animateur : Je n'ai pas encore réalisé ma campagne d'essai complète, mais je dirais qu'il se trouve dans le milieu.

Participant 2 : Oui, comme isolant apparent, cave, plafond d'une cave... comme l'Heraklith.

Animateur : Et donc pour vous, cette texture un peu molle, soyeuse, ne serait pas un frein ?

Participant 2 : Non, s'il n'y a pas une pluie directe, ça va. Ou de l'eau qui stagne.

Participant 4 : En extérieur, si.

Participant 1 : Oui, je ne suis pas convaincue non plus.

Participant 5 : En tout cas, je ne le tenterais pas.

Participant 2 : Ou dans le plafond.

Participant 3 : Et on sait arrêter sa progression sur site ? In situ ?

Animateur : Il faut pouvoir le chauffer.

Participant 3 : Oui, je pense un peu à une espèce de PU projeté. Donc en gros, ça peut prendre la forme de certains endroits un peu délicats.

Participant 2 : Difficiles d'accès.

Participant 4 : Ah oui, ça pousserait.

Participant 3 : Oui, ça pousserait. Ça prend une forme comme isolant, et après tu stoppes, quoi.

Participant 2 : Et on parlait de feu, là, comme caractéristique importante. En resserrage, là... on place les conduits, puis on ressert avec ça. Parce que c'est toujours des manchons, etc., avec des trucs hyper spécifiques.

Participant 3 : Oui, ça peut être sympa.

Participant 2 : Après, pour l'utiliser en parement ou en isolant de mur mixte ou autre, il faudra travailler la planéité. Parce que s'il y a un peu d'air entre les deux, il y aura de l'air humide. Je sais bien que ce sont des prototypes, hein.

Participant 1 : Oui, est-ce qu'on sait avoir une certaine régularité, en fait ?

Animateur : Donc pour vous, pouvoir joindre ces éléments ensemble est un point important ?

Participant 4 : Ah mais c'est ça, c'est le côté pratique, ça.

Participant 5 : En fait, ce qu'il faut surtout, c'est d'avoir une mise en œuvre.

Participant 4 : Si tu dois mettre 4 fois plus de temps que pour mettre des... y'a aussi le budget.

Participant 5 : Ce qui coûte le plus cher dans une maison, c'est la main-d'œuvre. Donc je pense que c'est ce qu'il faut arriver à se dire : comment est-ce qu'on va le faire ? Comment ça va durer ?

Participant 4 : Faut pas que ça soit un truc qui va seulement dans trois maisons parce que des gens se disent : « C'est simple, de toute façon je m'en fiche de mettre 10 000 boules en plus. »

Participant 5 : Certains ont la conscience écologique, etc., et ils ont envie de matériaux écologiques. Mais monsieur et madame Tout-le-monde, on leur dit : « C'est bien, hein, mais ça va vous coûter 10 000 euros en plus »... Merci mais non merci, quoi.

C'est comme isoler les toitures en isolants minéraux, etc. Au Luxembourg, c'est obligatoire à cause de la PEB. En Belgique, non, alors personne ne le fait — alors que techniquement, c'est possible et que c'est quand même beaucoup mieux d'un point de vue écologique.

On le fait partout au Luxembourg. En Belgique, jamais, parce que c'est plus cher que la laine de roche. Donc, laine de verre partout.

Participant 3 : Moi, ce que je me dis, c'est : est-ce que ça demande un savoir-faire énorme de le faire ? Je veux dire, si tu as des déchets de bois, des déchets de paille...

Participant 5 : J'imagine qu'il y a quand même une qualité à respecter.

Participant 3 : Est-ce que tu pourrais le faire toi-même ?

Animateur : En théorie, oui.

Participant 4 : Mais est-ce que c'est possible de le faire à grande échelle, par contre ? Parce que c'est bien beau : tu nous montres un four, tu nous montres un truc...

Participant 5 : Oui, mais tu dois me faire 550 m² de briques, tu sais me les faire pour quand ?

Participant 5 : Oui, donc est-ce que c'est possible de faire ça à grande échelle après ? Ou est-ce que ça va coûter plus cher ? Enfin je veux dire, si on ne parle pas de compostage, on part après... donc on ne parle pas de ça, mais simplement : est-ce que ça ne va pas coûter plus cher qu'un autre produit ? Voilà. Parce que le but, aussi, c'est de le fabriquer à plus grande échelle.

[Approbation de l'animateur]

Participant 3 : Au début, toujours...

Participant 5 : Tu sais, je vais pas comparer ça à une petite brasserie artisanale qui fait sa petite bière dans ses casseroles, et qui fait une très bonne bière... et puis qui, à un moment, doit quand même passer à plus grand, parce que sinon, les coûts...

Animateur : Après, la réflexion de se dire : est-ce qu'on va pouvoir le faire soi-même, aussi, comme vous l'évoquez...

Participant 2 : Ouais, donc soit passer en formation, et avoir le bon mycélium de départ.

Participant 5 : Le bon mycélium, le bon bois, la bonne quantité, la bonne nature...

Participant 4 : La bonne paille...

Participant 5 : La bonne paille, ouais.

Participant 4 : Mais ça, je pense que de toute façon, le mycélium, il va pousser, s'il a un peu d'humidité, un peu de...

Participant 5 : Oui mais non. Tu ne peux pas te dire qu'on va en faire sur chantier. En tout cas, ce ne seront pas les hommes d'aujourd'hui qui le feront. Enfin, je vois parfois... ils doivent préparer du mortier, le sac de ciment est à moitié vide ? C'est bon, y'en aura un peu moins sur celui-là.

Tandis qu'avec ça, je crois qu'on a beaucoup moins droit à l'erreur que pour faire du mortier.

Participant 3 : Oui, puis y'a le temps de mise en œuvre, le temps de séchage. Quel timing ?

Animateur : Alors, le séchage, ça va relativement vite. C'est plutôt la croissance qui est, pour le moment, assez aléatoire en fonction des échantillons. Généralement, on va de 15 jours à 1 mois, voire 2 mois. Et ça varie aussi fortement en fonction de l'épaisseur.

Participant 5 : C'est ça, aussi, un peu le problème : pour la livraison.

Participant 4 : Et par exemple, quand tu moulés pour obtenir une certaine densité, tu montrais que les densités allaient de 559 à 552 kg/m³, qu'est-ce qui fait que t'as des densités différentes ? Tu compresses le matériau à un moment donné ?

Animateur : Oui, exactement. En fait, ça dépend énormément des méthodes de production. Il y a presque autant de façons de faire que de types de briques.

Moi, ce que je fais, c'est que je superpose des couches de matériau et je les tasse légèrement à chaque fois. Mais il faut faire très attention : si on compacte trop, il n'y a plus assez d'oxygène. Or, c'est un matériau vivant : il a besoin d'oxygène pour que le mycélium se développe correctement.

Donc il faut vraiment trouver un équilibre : tasser suffisamment pour structurer, mais pas trop pour ne pas étouffer la croissance.

Participant 4 : Et tu prends combien de temps pour faire un bloc comme ça ? Je veux dire, entre la récolte du mycélium et l'obtention du bloc final ?

Animateur : Il faut environ un mois.

Participant 4 : Oui, donc c'est ça aussi. Après, peut-être qu'à plus grande échelle, y'a moyen d'accélérer.

Participant 2 : Tu peux stocker aussi... mais bon.

Participant 4 : Il faut déjà beaucoup de moules aussi. Si tu essayes de faire ça avec 4-5 petits moules, t'en as pour 3 ans, quoi.

Ou alors, c'est vraiment quelque chose de 10 m².

Participant 2 : Je suppose qu'après, c'est totalement compostable, non ?

Animateur : Oui.

Participant 2 : Oui, donc je ne sais pas, mais pour quelque chose comme des constructions éphémères ou même des panneaux d'affichage — parce que si on sait écrire dessus —, enfin voilà, c'est peut-être des éléments qui sont faits pour durer un mois ou deux, puis après tu les compostes direct.

Participant 1 : Ça me fait penser à l'habitat d'urgence, comme après des inondations, où il faut loger rapidement des gens. On a construit des petits pavillons, containers... Donc peut-être que c'est un matériau, si on n'est pas sur des constructions à long terme, qui peut avoir un intérêt.

Participant 5 : En fait, il faut essayer de trouver une utilisation qui va être différente. Je pense qu'il ne faut pas essayer de se dire qu'on va faire avec ça des blocs pour faire des maisons traditionnelles.

Il faut arriver à trouver un moyen de faire quelque chose d'unique, qui pourrait remplacer... je ne sais pas moi, par exemple : on aurait des panneaux qui feraient déjà 2,50 m, parce que comme ici la production va être compliquée, il faudrait jouer sur le fait qu'on peut mouler n'importe quoi, et arriver à avoir quelque chose... un petit truc en plus.

Participant 2 : Une valeur ajoutée.

Participant 5 : Oui, voilà.

Participant 1 : Le différencier.

Participant 5 : Oui, pas essayer de se dire : on va en faire des blocs, on va essayer de faire des panneaux de 60x120 de PU mais en mycélium.

Je pense qu'alors on continuera toujours aux panneaux de PU, parce que lui, il est déjà là depuis longtemps, on sait comment l'utiliser.

Participant 4 : Oui mais ça... le PU, il a aussi commencé quelque part, à un moment.

Participant 5 : Oui.

Participant 4 : En plus, le PU, on va peut-être dire dans 10 ans : "Le PU, terminé." Donc je pense qu'on va plus vers ça [en montrant le mycélium] que...

Participant 5 : Oui, je suis d'accord avec toi. Mais pour le moment, il n'a pas sa place en panneau de 60x120, enfin un panneau "normal".

Participant 4 : Mais il l'aura peut-être dans 20 ans... ou dans 10 ans.

Participant 3 : C'est vrai que pour moi, la réflexion, c'est que ça peut tout mouler, ça peut tout faire.

Maintenant, c'est la main-d'œuvre qui coûte cher. Là, c'est la nature qui travaille "gratos", entre guillemets.

Si tu moules une chaise, ok tu dois attendre un mois, mais après t'as une chaise. En soi, t'as rien fait : t'as juste mis en pousse, et après ça a fait une forme. Donc je trouve qu'il y a quand même un intérêt là-dedans.

Participant 4 : Oui, dans des formes plus complexes.

Animateur : Est-ce que l'un de vous a encore quelque chose à ajouter sur tout ce qui va être utilisation ?

Participant 3 : Je rajoute juste encore un petit plus : ça va être tout ce qui est utilisation de déchets. Tout ce qui est bois...

J'avais vu aussi avec de la renouée asiatique, qu'on pourrait peut-être en faire des copeaux et les remettre dans ce genre de panneaux.

Participant 4 : En fait, le mycélium lie plus ou moins tout ?

Participant 2 : Faut quand même une fibre végétale.

Animateur : Oui. Après, est à l'étude pour le moment aussi l'utilisation du mycélium pour lier des déchets de béton.

Participant 3 : Oui, ça, ça pourrait être bien aussi.

Animateur : Mais c'est vraiment encore au premier stade des études.

Mais en fait, tout ce qui va être déchets agricoles, ça fonctionne. Globalement, on pourrait utiliser du compost — on s'entend, pas la peau de banane comme ça —, mais retravailler un compost, ça marche.

Les panneaux utilisés dans le cas de la Biennale de Venise, ça a été fait par une entreprise ici à Bruxelles, qui utilise du marc de café comme substrat. Donc tout ce qui est déchet agricole, ça fonctionne.

Participant 4 : Ah mais renouvelable, ça c'est très bien. Mais c'est toujours la même chose : le nerf de la guerre, c'est toujours l'argent.

Participant 3 : Ça ne consomme pas beaucoup d'énergie aussi.

Participant 1 : L'exemple aux États-Unis, il y a une structure métallique sur laquelle il pousse, c'est ça ? Parce qu'il ne peut pas atteindre cette hauteur-là comme ça, si ?

Participant 4 : Mais je ne comprends pas... C'est une structure métallique sur laquelle ils ont laissé pousser le mycélium ?

Animateur : Non, non. Ça reste des briques, comme ici, mais empilées.

Il y a des éléments structurants à l'intérieur, qui permettent de tenir et de contreventer.

Participant 4 : Oui, donc ça, ça pourrait être une piste à penser. De faire une structure et de laisser le mycélium pousser dessus, ou pas ?

Participant 5 : Ben non, parce qu'il faudrait le remettre dans un four. Et je suppose que juste venir comme ça avec un chalumeau, ça ne marche pas.

Participant 2 : Oui, c'est quand même aléatoire, ça.

Animateur : Ce qu'il y a, c'est qu'en utilisant un four, on contrôle mieux le traitement thermique.

Participant 4 : Et cette phase-là, de le laisser dans un four, c'est long ?

Animateur : Alors ça, ça dépend de la taille de l'élément, mais ça va de quelques heures à quelques jours.

Participant 3 : Et concrètement, s'il n'est pas mort, qu'est-ce que ça risque ?

Animateur : Il continuera à grandir, et donc potentiellement venir se nourrir de tous les éléments organiques qui se trouvent sur son chemin.

Participant 4 : Oui donc, à partir du moment où tu le mets dans une maison, t'as tout intérêt à ce que ça ne se passe pas.

Une maison en blocs, à la limite, pourquoi pas... mais si tu fais une maison en bois, par contre... Après, maintenant, ce n'est plus vraiment du vrai bois mais bon.

Participant 5 : Oui mais même pour une porte ou quoi, ça pourrait bouger.

[L'animateur sort les échantillons et les fiches d'information.]

Animateur : On va peut-être tout doucement commencer la dernière activité.

Alors, si jamais vous ne l'aviez pas encore compris, je me suis intéressée à ce matériau surtout sous l'angle de l'isolation, par exemple pour isoler des habitations dans les pays en voie de développement — là où des matériaux comme le polyuréthane ne sont pas facilement accessibles.

Je vous ai donc préparé toute une série d'échantillons, allant de matériaux pétrochimiques à des matériaux plus écologiques.

L'activité consiste à classer ces matériaux isolants, en prenant bien sûr en compte le mycélium, et en expliquant quels critères vous avez choisis pour établir ce classement.

Deux options : soit vous réfléchissez chacun de votre côté, puis on met en commun, soit vous discutez en groupe et élaborez un classement collectif.

L'objectif est donc double : c'est de voir où vous placez le mycélium par rapport à tous les autres isolants, mais aussi de voir quel critère est important pour vous dans le classement — donc si ça va être la performance énergétique, ou plutôt l'aspect visuel, la mise en œuvre, la fin de vie...

Participant 4 : On fait chacun notre propre classement ?

Animateur : Peut-être, et puis après on en discute tous ensemble.

Et j'ai, si vous voulez, des petites fiches techniques à chaque fois pour tous les matériaux. Et j'ai le petit post-it si vous voulez faire votre classement, les coller dessus.

Participant 4 : Oh, posez ça. [en prenant la laine de roche.]

Participant 5 : Ah oui, je préfère poser de la laine de bois que de la laine de roche.

Participant 4 : Oh non, la laine de verre... ça, c'est le pire.

[Les participants découvrent l'ensemble des échantillons mis à leur disposition.]

Participant 5 : C'est du papier, ça ?

Participant 3 : C'est de la cellulose, ça, oui.

Participant 4 : Et tu veux un classement comment ?

Animateur : En gros, vous devez définir votre critère le plus important, puis les classer : 1, 2, 3, 4, 5, etc.

L'intérêt, c'est de savoir comment et pourquoi vous allez les classer.

Participant 5 : Oui mais du coup, moi je peux faire cinq classements différents.

Participant 4 : Tu veux un classement de faisabilité ? Écologique ?

Participant 5 : Économique ?

Animateur : C'est à vous de choisir votre critère. Mais peut-être que votre critère, c'est d'avoir un juste milieu entre plusieurs.

Participant 2 : On peut peut-être, pour commencer, dire les avantages et les inconvénients de chacun ?

Animateur : Ça peut être une bonne idée, ça.

Participant 1 : Alors du coup, vous voulez qu'on le fasse ensemble ou séparément ?

Participant 4 : Celui-ci, c'est quoi en fait ?

Participant 2 : Fibre de bois.

Participant 3 : On l'utilise comme pare-pluie, etc.

Participant 5 : Oui, comme pare-pluie ou en sous-toiture aussi. On utilise beaucoup ça, parce qu'en plus, ça fait une meilleure inertie pour le bâtiment.

Participant 2 : Comme panneau extérieur aussi, paroi.

Participant 4 : Extérieur ?

Participant 3 : Oui.

Participant 2 : Oui, oui, après on remet une finition par-dessus, mais ça rigidifie et ça isole.

Participant 5 : En toiture, c'est quelque chose de génial, parce que quand t'as des combles aménagés...

Participant 3 : En fait, je viens de penser à un truc, mais en isolation, le bas blesse en biosourcé : c'est sous les dalles de sol, et en toiture, y'a que le liège qui est assez compressible. C'est pour ça que je viens de me dire, pour les isolants de sol, pourquoi pas ? Ça serait le plus grand intérêt en termes d'isolation.

Participant 5 : Ouais, parce que le liège, moi je l'ai déjà vu — parce qu'on le voit comme ça — mais je l'ai déjà vu dans des hôtels ou quoi, simplement posé sur le sol comme ça.

Participant 3 : Oui, c'est ça. Y'a que le liège et des fois la fibre de bois.

Participant 5 : Oui, mais par contre, sur celui-là, faudra quand même une finition si on veut marcher dessus.

Participant 3 : Oui, c'est sûr. Il faudra une petite chape.

Participant 3 : Mais le liège, c'est cher.

Participant 2 : Et il va être de plus en plus cher, en plus.

Participant 1 : Oui, c'est sûr.

Participant 2 : Moi, je le classerais entre les isolants naturels et les non.

Participant 5 (en prenant les échantillons de PIR et PUR) : Ça, c'est sûr que d'un point de vue environnemental, c'est de la merde, désolée de le dire.

Participant 1 : Oui, tous ceux qui sont d'origine synthétique.

Participant 2 : Oui, XPS, EPS, etc.

Participant 3 : Ça, c'est de la laine de chanvre ?

Animateur : Oui.

Participant 5 : L'avantage de celui-ci, c'est qu'on peut faire directement la façade dessus, et celui-là, il est très résistant à la compression.

Participant 1 : Y'a un classement, qui est le classement facile : tous les matériaux d'origine synthétique et les naturels.

Participant 2 : Oui, c'est ça, pétrole ou non.

Participant 1 : Donc là, évidemment, le mycélium se classerait devant ce type de matériaux (sous-entendu les matériaux pétrochimiques).

Participant 4 : Point de vue écologique.

Participant 1 : Oui.

Participant 2 : Enfin, moi perso, je mets souvent de la laine de roche ou de la fibre de bois.

Participant 5 : Oui, et la laine de verre, elle est entre les deux (sous-entendu laine de roche et pétrochimique).

Participant 4 : Et point de vue prix, c'est intéressant ?

Participant 3 : Ah, je ne sais pas.

Participant 5 : Laine de roche un peu plus chère, puis laine de bois est encore un peu plus chère. Donc : laine de verre, laine de roche, puis laine de bois.

(Approbation des participants 2 et 3.)

Participant 2 : Après, je ne sais pas de combien.

Participant 5 : La sous-toiture, c'est du simple au double.

Participant 4 : Ah oui, mais c'est quand même rigide.

Participant 2 : Semi-rigide.

Participant 3 : C'est compressé à chaud avec de la colle, donc ça demande quand même de l'énergie.

Participant 5 : Oui, c'est du bois, mais on peut quand même le ramener là, parce que tu ne le fous pas au feu après, quoi. C'est comme la laine de bois.

Participant 3 : Et si on les classe en termes de performances énergétiques, on les met plutôt comme ça.

(Les participants reclassent les matériaux.)

Participant 5 : Le liège, il n'y a pas quelque chose avec, en fait ?

(Réponse inaudible du participant 3.)

Participant 4 : Le prix va peut-être aller comme ça aussi, en fait.

Participant 1 : Oui, un peu.

Participant 3 : Après, la cellulose, ce n'est pas très cher.

Participant 5 : Non, mais c'est plus compliqué à mettre en œuvre. Parce que — c'est ce que je disais — au Luxembourg, on met ça partout dans les toitures, mais c'est un autre travail rien qu'en amont pour préparer la toiture.

(Approbation des participants 1 et 2.)

Participant 5 : Parce que, comme on disait tantôt, y'a le prix du matériau et de la mise en œuvre.

Participant 3 : Oui, tout à fait.

Participant 5 : Parce qu'en prix brut, l'isolant là, au bout, ne doit pas être très cher, puisque de ce que j'ai compris, y'a pas beaucoup de manipulation, c'est des déchets... enfin, je n'ai jamais acheté de mycélium, mais ça ne doit pas être trop, trop cher non plus.

Participant 4 : Oui, mais il en faut beaucoup ? C'est ça aussi.

Animateur : Une fois qu'on a les bonnes souches et les bonnes conditions, on peut le reproduire à l'infini, mais il faut un certain matériel.

Participant 5 : Une usine n'achètera qu'une fois du mycélium.

Animateur : Si elle a les bons chimistes et qu'elle sait bien le conserver, oui.

Participant 3 : En termes de brevets, après...

Participant 4 : C'est un peu comme un levain, en fait.

Participant 3 : Oui, c'est ça.

Participant 4 : On en coupe une partie pour l'utiliser, puis on le laisse se régénérer.

Participant 1 : Maintenant, il faut de la place si on fait une grande production.

Participant 4 : Après, ça dépend de comment ça peut pousser. Faudrait voir la place et la vitesse à laquelle ça se régénère, quoi.

Participant 2 : C'est le stockage aussi.

Participant 5 : En fait, je crois que le classement n'est pas trop mauvais, parce que quand on regarde d'un point de vue prix, je pense — même s'il faudrait revoir tout — qu'on est plus ou moins pas mal ?

Participant 3 (en prenant le liège) : Ah non, par contre, celui-là, il faudrait qu'il aille tout au fond.

Participant 2 : En fait, c'est assez particulier, parce que ce qu'il y a, c'est qu'il n'y a plus beaucoup de liège. Y'a eu beaucoup d'incendies, et il faut 50 ans pour qu'un chêne-liège produise du liège, et donc...

Participant 1 : C'est plutôt un matériau voué à disparaître, en fait. Pas pour les mêmes raisons que ceux-là (en montrant les échantillons d'isolants pétrochimiques).

Participant 2 : Oui, avec les incendies, il y a des pénuries, et faut attendre 50 ans pour qu'ils en reproduisent.

Participant 5 : Mais d'un point de vue mise en œuvre...

Participant 1 : Oui, ça, c'est autre chose, le classement d'un point de vue mise en œuvre.

Participant 5 : Ben, pas tant que ça.

Participant 1 : C'est ça alors. Ces panneaux-là (en montrant PIR et PUR) sont plus faciles à mettre en œuvre.

Participant 5 : Oui, puis je pense que pour le mycélium, y'a encore beaucoup de points d'interrogation pour pouvoir vraiment le classer. Comment on le met en œuvre ? C'est une colle ? Maintenant, si on sait avoir les formes qu'on veut, pourquoi pas. Mais c'est l'étanchéité à l'air qui est très importante aussi.

Participant 1 : Oui, parce qu'on pourrait imaginer faire quelque chose comme ça aussi en panneaux de mycélium.

Participant 5 : Oui, oui.

Participant 1 : Maintenant, c'est la découpe, comme vous l'avez fait remarquer.

Participant 5 : Oui, faut vraiment voir comment il se découpe, parce qu'ici, c'est vrai qu'il a été déchiré. Mais il faut voir si, avec une scie ou quoi, on arriverait à quelque chose. Après, je pense qu'il va toujours s'effriter un petit peu.

Participant 4 : En fait, pourquoi est-ce qu'il y a une structure différente à l'intérieur qu'à l'extérieur ?

Animateur : Alors, c'est une particularité du mycélium : au contact avec « l'extérieur », il crée une peau fongique.

Participant 3 : C'est drôle, on dirait un peu un crépi.

Participant 2 : Faut juste voir la dilatation.

Participant 4 : Oui, mais un peu comme celui-là. De toute manière, on va de plus en plus vers l'écologique.

Participant 5 : Ça, c'est sûr, oui.

Participant 4 : Normalement, ça (en montrant les isolants pétrochimiques), c'est voué à disparaître dans les 20 prochaines années. Alors, on va peut-être revenir en arrière, parce qu'on ne trouvera pas un autre système. Enfin, c'est un peu comme les voitures, en fait : on ne roulera pas tous en électrique en 2035.

(Rires du participant 1.)

Participant 4 : Parce que ça se rapproche, l'air de rien, rapidement.

Participant 1 : Ils ont reporté à 2050, hein.

Participant 4 : Donc ça va aller plus vers ça (isolants écologiques) que vers ça (pétrochimiques). Alors si, en plus, vous dites que ça (le liège), il n'y en a pas beaucoup, on ira plus vers ce qu'il y a ici au milieu.

Participant 5 : Et encore, ça, ça va aussi disparaître.

Participant 3 : Le truc, c'est que du bois, on en a chez nous, donc on pourrait produire ça chez nous, enfin en France.

Participant 5 : En fait, je pense que pour les toitures, on ne va peut-être pas faire ça.

Participant 3 : Après, c'est des déchets de bois.

Participant 4 : Oui, mais pour faire des déchets, faut déjà du bois au départ.

Participant 5 : Parce que pour les toitures, je crois qu'on a des solutions. Même la cellulose, etc., c'est quand même quelque chose qui a sa place, et même commercialement.

Participant 1 : Oui, c'est quelque chose qui a fait ses preuves.

Participant 5 : Mais c'est dans le parement, dans les murs, que ce sont ceux-là (en montrant PIR et PUR) qu'on doit essayer de remplacer — comme le fait Gramitherm, etc. Après, il faut peut-être repenser carrément la construction en elle-même, et arrêter de se dire que ce sont des blocs béton.

Participant 3 : Après, ça ira plus vite de régénérer ça (en montrant le mycélium) que des arbres.

Participant 4 : Oui, c'est sûr, parce que les champignons, ça vole. Une fois que ça pousse, ça pousse. Tu vas me dire, les arbres aussi...

Participant 1 : Mais pas à la même vitesse. Donc, ce n'est pas totalement fou de le penser en isolant.

Participant 5 : Le problème avec les toitures plates, c'est que ça marche bien jusqu'au jour où il y a une petite défaillance et qu'on a une infiltration d'eau. Quand t'as ça (PIR/PUR), tu sais que même si t'as une petite défaillance, tu répares, mais tu n'auras pas de problème par

après. Tandis qu'avec le mycélium... après, je vois déjà les problèmes alors qu'il n'y en a pas encore, mais si tout fond, c'est problématique.

Participant 3 : Après, s'il est éteint et imputrescible...

Participant 5 : À mon avis, si tu le fous dans un évier, il part à l'égout, non ?

Animateur : Oui, il ne va pas être très content.

Participant 5 : Donc, s'il y a une fuite et qu'on ne la voit pas tout de suite, ça peut être un peu problématique.

Participant 3 : Oui, bon, après t'as ça pour tous les autres isolants.

Participant 5 : Oui, ça, je sais, on ne doit pas avoir de fuite, même celui-là (pétrochimique). Mais le risque zéro n'existe pas.

Participant 3 : C'est pour ça que la fibre de bois...

Participant 5 : Mais non, en toiture plate, on ne met que ça.

Participant 4 : Sinon, on le met en chape.

Participant 2 : Oui, en chape, ça peut être pas mal, ça.

Participant 5 : Oui, c'est ça. À l'intérieur, tu n'auras jamais de flotte.

Participant 4 : En chape isolante, oui, pourquoi pas ?

Participant 5 : Oui, chauffage au sol, hein, mais faut voir si tu sais mettre les conduits.

Animateur : Je ne sais pas si vous avez encore un critère qui vous viendrait à l'esprit pour rechanger éventuellement votre classement ? Parce que là, au final, si j'ai bien compris, vous les avez classés du moins au plus écologique, c'est ça ?

Participant 2 : C'est ça, oui.

Animateur : Et si on abordait d'autres critères, comme tout ce qui va être mise en œuvre, vous retournez juste le sens de lecture ?

Participant 5 : Pas certain, parce qu'à mon avis, le liège, on le fait revenir un peu par ici.

Participant 3 : Oui.

Participant 4 : Ça, c'est simple aussi à mettre en œuvre, non ?

Participant 5 : C'est simple à mettre en œuvre, mais ça demande un peu plus de...

Participant 4 : Pourtant, ça paraît être la même chose que ça, que ça.

Participant 5 : Mais de nouveau, le champignon, comme je l'ai dit tout à l'heure, on ne sait pas réellement le classer, quoi. Ça peut être facile, moi je pense que ça peut être très simple pour des cloisons, etc.

Participant 4 : À mon avis, si tu arrives à le mouler comme ça, c'est aussi simple que de mettre ça. Si tu arrives à le mouler. Mais il faut qu'il soit plus lisse que ça.

Participant 5 : Plus lisse et plus...

Participant 4 : Mais est-ce que ça saurait être plus lisse ?

Participant 2 : En vrai, en passant en version industrielle, ça sera fait avec des presses... enfin, je ne sais pas.

Participant 5 : Ou on pourrait imaginer mettre une feuille alu dessus, à la fin.

Participant 3 : Oui.

Participant 5 : Parce que là, tu mets une feuille alu dessus, pour l'étanchéité à l'air en plus, t'es nickel.

Participant 1 (s'adressant au participant 2) : Vous disiez ?

Participant 2 : Non mais avec un four en continu, avec un air chaud, avec un timing...

Participant 4 : Pour l'instant, tous ceux qui ont fabriqué, ce ne sont que des essais, c'est ça ?

Animateur : Oui, on commence dans certains pays, mais en Belgique, c'est encore de la production « amateur ».

Participant 5 : Oui, dans les exemples que tu montres, ils ont fait 10 panneaux par mois et voilà.

Participant 1 : Mais vous, dans votre projet, vous avez fait des lampadaires, c'est ça ?

Participant 2 : Non, on ne les fait pas. C'est dans le cadre d'un projet, on avait prescrit ça : des lampadaires et des parois en mycélium.

Participant 1 : Donc il y a quand même une production un peu plus importante ?

Participant 2 : On est en adjudication, donc on n'y est pas encore. Mais ça reste minime. C'est une petite société à Bruxelles qui fait ça, donc ça reste local.

Participant 4 : Je parle encore d'un point de vue économique, mais je ne sais vraiment pas où on peut le placer (en montrant le mycélium).

Participant 5 : Je pense qu'on peut le mettre ici, mais par contre, lui là-bas (en mettant le liège tout au bout).

Participant 1 : Et inverser ces deux-ci.

Participant 4 : Mais je ne sais pas combien ça coûte, celui-ci (en montrant la cellulose).

Participant 1 : Oh, ce n'est pas très cher.

Participant 2 : C'est du papier, hein.

Participant 3 : Celui-ci, si les choses étaient bien faites, il ne devrait pas coûter grand-chose. Parce que là, on est sur du pétrole, alors qu'ici, on a du substrat et du végétal, quoi.

Participant 2 : Et en termes de spéculation et de marge aussi.

Participant 4 : En plus, les déchets avec ça (en montrant les isolants pétrochimiques), c'est immense. Quand on va devoir démonter les choses dans 15 ans...

Participant 5 : Mais même, comment tu veux les démonter ? Enfin c'est tout. Je le vois, on fait des dalles, des radiers en béton de 40 centimètres, tu viens projeter 15 centimètres de PU là-dessus... Je plains les gens qui, dans 100 ans, vont devoir aller démonter les maisons qu'on fait à l'heure actuelle.

Participant 4 : Mais ça, on ne se pose pas encore la question à l'heure actuelle.

Participant 5 : Oui mais c'est ça aussi : si on veut penser au démontage, ça ne sert à rien d'aller mettre un isolant qui est biodégradable entre un voile en béton et [hésitation]... Je pense que c'est ce que je disais : faut revoir la construction en elle-même complètement. Faut arrêter de voir le bloc, la brique, la coulisse et l'isolant.

Participant 4 : Mais c'est ce qui coûte le moins cher pour l'instant.

Participant 1 : Je suppose que c'est très difficile de donner une notion de prix à l'heure actuelle ? Vu qu'on est qu'au prototype...

Animateur : Oui, c'est un volet que je n'avais pas spécialement pensé à aborder encore.

Participant 1 : Compliqué, hein.

Participant 3 : Les luminaires étaient chers.

Participant 1 : Mais il y a un côté design aussi.

Participant 4 : Oui, mais dans ton travail, qui est quand même basé là-dessus, on ne te demande pas — je vais dire — de gérer l'économique.

Animateur : Alors non, mais c'est une piste à explorer.

Participant 4 : Parce que c'est le truc qu'on demandera en premier : économiquement, est-ce que ça tient la route ? Parce que ça, ça reste le nerf de la guerre. Est-ce que ça vaut la peine de faire de la recherche là-dessus ? Écologiquement, je suis sûre que c'est très bon et qu'on va vers ça, mais bon...

Animateur : Oui, c'est un point important à développer. Après, les coûts ne devraient pas être trop élevés, et puis on utilise quand même des déchets comme base pour ces éléments.

Participant 4 : C'est vrai que les déchets, c'est quelque chose pour lequel on te paiera bientôt pour les prendre. Donc tu peux récupérer. C'est un peu comme ceux qui bossent dans les carrières maintenant : on leur amène tout ce qui est déchets de blocs, de briques. On les paie pour les casser, puis on leur rachète ce qu'ils viennent de casser. Donc ils sont payés deux fois. Donc là, peut-être qu'en effet, économiquement, il y a un truc à faire. Et peut-être que dans 10 ans, on dira : le PU, celui qui veut l'utiliser, c'est 200 % de taxes.

Participant 5 : C'est ce qu'ils font déjà un peu avec les primes, etc., hein.

Participant 4 : Mais donc, certainement qu'il faut aller vers ces matériaux-là (en montrant les matériaux biosourcés).

Participant 5 : Oui, pour le moment, on est plus avec la carotte : si tu utilises des isolants biosourcés, plus neutres, tu as un peu des primes. Tandis qu'à un moment, ils vont passer au bâton : tu prends ça, tu te prends 200 points de pénalité dans ta PEB, et donc tu vas peut-être devoir mettre 22 cm de ça et 6 d'un autre.

Participant 4 : Ce que je trouve intéressant aussi, c'est que ta matière première, tu ne dois pas la racheter à chaque fois. Un peu comme le ciment, que tu dois racheter à chaque fois. La matière première, elle se régénère.

Participant 2 : Y'a pas de spéculation.

Participant 1 : Oui, il y a un cycle, comme ça.

Participant 5 (en réponse au participant 2) : Oui, c'est un peu comme... Y'a 4 ans, y'a une usine de PU qui avait cramé, tu savais plus isoler une maison.

Participant 5 : Ce n'est que de la spéculation.

Participant 1 : Ici, quelque part, celui qui a sa production contrôle totalement son prix.

Participant 4 : Après, tous les entrants... Mais bon, tous les entrants sont des déchets. C'est quand même pas mal, parce que tu seras même peut-être payé pour les prendre. Donc après, en fait, il y a juste la mise en œuvre.

Participant 5 : Donc on pourrait dire qu'économiquement, ça pourrait être viable, en particulier dans une société qui est vouée à évoluer.

Participant 1 : Comme c'est un matériau vivant, est-ce qu'il y a des risques de maladies, etc. ?

Participant 2 : Non, s'il est mort, non.

Participant 1 : Oui, mais ta production pourrait être contaminée, quoi.

Participant 4 : Oui, il ne faut pas aussi que, dans 50 ans, comme avec l'amiante, on se rende compte qu'en fait, toutes les personnes qui ont travaillé dans l'usine y passent toutes, quoi. Après, c'est pareil pour ça (en montrant le PU), il ne faut pas croire que c'est mieux.

Participant 5 : Faut aussi voir au niveau allergie. Je ne sais pas, y'a peut-être des personnes allergiques aux champignons.

Participant 4 : Après, si c'est mort...

Animateur : Alors là, c'est une bonne question.

Participant 1 : On essaye ici de voir un peu tous les freins, hein.

Participant 2 : Puis, il va y avoir tout ce qui est brevets aussi, tests, validations...

Participant 4 : Enfin, ce n'est pas demain matin qu'on va avoir des centaines de mètres carrés de panneaux de mycélium.

Participant 5 : Merde, je n'avais pas prévu d'isolant pour demain, moi.

(Rires des participants.)

Participant 3 : Oui, et puis moi, le point que je trouve très intéressant, c'est pour les pays en voie de développement. S'ils savent plus ou moins faire ça eux-mêmes, ça peut être pas mal.

Participant 5 : C'est vrai que s'il ne faut pas d'usines...

Participant 3 : Même pour chez nous !

Participant 5 : C'est vrai qu'on pourrait se dire qu'on peut faire ça sans électricité.

Participant 3 : Oui, je suppose...

Animateur : Faudrait juste trouver un moyen de le chauffer.

Participant 2 : Dans les pays où il fait chaud, au soleil.

Participant 5 : Oui, mais ce que je veux dire, c'est qu'il n'y a peut-être pas obligatoirement besoin d'une usine avec des robots, etc.

Participant 1 : Et malheureusement, sur la Terre, y'a quand même quelques pays où la construction... on le voit dans l'actualité, avec les guerres...

Participant 2 : Oui, parce qu'il faut quoi... un mois, avec un roulement ou un stock.

Participant 5 : Un mois dans la construction, en vrai, c'est court.

Participant 2 : Ça dépend de la demande.

Participant 1 : Si ça ne leur revient pas trop cher, en plus...

Animateur : En tout cas, en dessous de 15 jours, c'est compliqué.

Participant 1 : Y'aurait peut-être moyen de doper le champignon pour qu'il soit plus rapide.

Participant 5 : Après, moi, le délai de 15 jours, ça ne m'inquiète pas.

Participant 4 : Moi, ce que je trouve le plus intéressant, c'est que tu n'achètes qu'une fois ta matière première.

Animateur : Sauf si quelqu'un a encore quelque chose à ajouter, ce que je vous propose, c'est de doucement conclure. Alors je voulais vous remercier pour le temps que vous m'avez accordé, et finir sur cette dernière question :

Si vous deviez dire un mot, une phrase qui résume l'interaction que vous avez eue aujourd'hui avec le mycélium que vous avez devant vous ?

Participant 2 : Deux mots : intéressant et potentiel.

Participant 1 : Je dirais : matériau d'avenir. Ça vous rejoint un peu.

Participant 4 : Je ne sais pas ce que je vais dire comme mot, je cherche encore... Écologique, certainement, ça c'est sûr.

Participant 2 : Je dirais : curieux de son développement, moi.

Participant 5 : Oui, pareil. Curieux de savoir ce que ça peut donner. Après, je ne m'attendais vraiment pas à ça.

Participant 4 : Je pense qu'on en reparlera de ce truc-là.

Participant 5 : En fait, je m'attendais vraiment à un truc pas fini du tout.

Participant 4 : Avec du potentiel.

Participant 5 : Oui, en faisant le tour de la maison, on n'a jamais vu un moment où on s'est dit : « non, vraiment pas là ». Alors que ça, on l'a déjà avec des matériaux qui sont sur le marché, qui ont des limites parfois.

Animateur : Eh bien, un tout grand merci à tous.

Annexe 16 : Grille d'analyse focus group A

Phase	Thème principal	Questions	Sous-thème émergents	Verbatim	Commentaires analytiques
Phase 1 : Avis à priori	Représentations initiales	Le mycélium pour vous, c'est quoi ?	- Champignon - Réseau	Champignon (Participants 1,2,3,5) Réseau du champignon et non le fruit (Participant 4)	Le mot « mycélium » est spontanément associé au champignon, souvent dans un sens biologique et non constructif.
	Perception spontanée de l'usage en construction	Mycélium et construction ça vous évoque quoi ?	- Reflexe négatif - Intérêt pour les matériaux innovants	[...] moi si j'entends parler de champignons dans la construction pour moi, c'est plus un problème nuisible [...] (Participant 1) Au premier abord champignon, on pense à pourriture [...] (Participant 5) Pour vous l'utilisation du mycélium c'est négatif ? [Animateur] Alors pour moi pas spécialement. J'imagine ça un petit peu dans le même contexte que les gens qui ont essayé les constructions en paille. (Participant 3) Autant la paille, la terre crue, le bois tout ça on se dit ok il y a un moment ça a existé pourquoi pas, ça pourrait revenir, le champignon [...] c'est plus une réelle innovation, plus que quelque chose qui revient de pratique ancestrale. (Participant 4)	Le champignon évoque spontanément des problèmes pathologiques du bâtiment, ce qui peut générer un rejet immédiat, avant même l'explication technique. Cependant, certains participants font un pas de côté conceptuellement pour envisager le mycélium comme un matériau naturel innovant.
	Evoqué librement		- Freins à l'innovation	Des nouveautés en matière de matériaux de construction, il y en a très régulièrement [...] pour être tout à fait franc des nouveautés j'en ai vu depuis 30 ans tout un tas [...] mais je n'ai jamais rien vu qui a vraiment dépassé le stade de l'expérimentation ou du show, un petit peu artisanal, un petit peu exceptionnel. Au final dans ma pratique de tous les jours, c'est toujours resté les matériaux traditionnels qui se sont développés qui se sont implantés [...] (Participant 3)	Décalage entre les expérimentations architecturales/innovantes et leur intégration réelle dans la filière. Cette posture renvoie à un conservatisme pragmatique souvent observer dans le secteur du bâtiment.

Phase 2 : Découverte sensorielle	Perceptions sensorielles du matériau	- D'un point de vue sensation vous en pensez quoi ?	- Toucher - Odeur - Poids	C'est doux au toucher (Participant 5) C'est super léger [...] (Participant 4) [...] ça ne sent pas rien, ce n'est pas une odeur inquiétante, ce n'est pas une odeur de mois [...] (Participant 2) C'est plus le contact que je trouve étrange. (Participant 2) C'est sec, ce n'est pas humide aussi. (Participant 5)	Les sensations dominantes sont positives : toucher agréable, matière sèche, odeur neutre, légèreté. Ces éléments contredisent les représentations négatives initiales liées à la notion de décomposition.
	Réactions émotionnelles et affectives	Est-ce que ça vous fait ressentir une émotion ?	- Curiosité / surprise positive - Absence de dégoût	[...] L'aspect moi j'aime bien [...] Même la couleur ce n'est pas ce qui me fait peur (Participant 3) A la limite, si on ne disait pas que c'est à base de champignons, on ne le sait pas. Ce qui en soit n'est pas une mauvaise chose si on veut l'utiliser dans le bâtiment. (Participant 3) [...] A la limite c'est presque un aspect rassurant [...] ça n'a pas d'odeur, toucher est confortable, donc voilà moi je trouve en première vue comme ça, c'est tout à fait positif quoi. (Participant 1) Je ne m'attendais pas à quelque chose de particulier (Participant 3)	L'expérience physique désamorce le rejet initial, l'émotion dominante devient de la curiosité bienveillante et la surprise. Le matériau ne provoque pas de réactions négatives viscérales, ce qui est encouragé pour son intégration.
	Symbolique perçue	Évoqué librement	- Fromage	J'ai un peu l'impression d'un fromage qui est resté au frigo [...] (Participant 2) [...] ça me fait un peu penser à une éponge [...] (Participant 1)	Les usagers se projettent spontanément des objets connus sur un matériau nouveau pour le rendre intelligible.
		Qu'est-ce que ça vous évoque ? Est-ce que ça vous rappelle quelque chose ?	- Pavé	Au vu de sa caractéristique géométrique [...] on pourrait dire que c'est un pavé. (Participant 1)	On observe une activation de la mémoire sensorielle et culturelle avec des références alimentaires, domestiques ou professionnelles.



	Effets de la forme et de la couleur sur la perception	Evoqué librement	- Associations mentales influencée par la géométrie et la couleur	<p>La perception elle est liée au fait que c'est un petit élément carré. [...] Un cylindre aurait été complètement différent (Participant 3)</p> <p>On aurait eu des cylindres noirs, [...] on aurait dit que ce sont des cylindres de sidérurgie. (Participant 1)</p> <p>En termes de couleur ou quoi oui on ne pourra pas se douter que c'est du champignon là-dedans. (Participant 5)</p>	Les participants reconnaissent que la perception d'un matériau est fortement influencée par sa forme et sa teinte. Le format carré et la couleur beige/blanc donnent une impression de connu et de rassurant. L'objet est facile à intégrer mentalement dans un univers architectural.
Phase 4 : Scénario d'usage	Usages projetés dans la construction	Où seriez-vous prêt à voir un matériau comme le mycélium ?	Usage prioritaire : - Isolant - Cloison	<p>Partout, on en a besoin, pour moi. (Participant 1)</p> <p>Donc comme isolant ça fonctionne bien. (Participant 4)</p> <p>Isolation, cloison c'est bon aussi. (Participant 2)</p>	Forte convergence autour de l'usage du mycélium en tant qu'isolant, notamment dans les murs non porteurs, en cloison, ou entre ossatures. C'est perçu comme un usage réaliste, sans enjeu critique de résistance mécanique.
			Usage controversé : - Mobilier - Chape	<p>Peut-être pas dans le mobilier [...] je ne suis pas sûr que tout le monde soit prêt à manger dessus si on lui dit que sa table est faite en champignon. Faut peut-être une autre interface. (Participant 5)</p>	Un discours plus nuancé apparaît quand il s'agit de visibilité ou de contact direct avec les occupants.
			Réserves fortes : - Structure - Façades (extérieur)	<p>Je pense qu'il n'est pas prévu dans des murs porteurs aussi par exemple si ? (Participant 3)</p>	Les fonctions structurelles sont unanimement exclues, notamment pour les murs porteurs, à cause du manque de résistance à la compression, de la compatibilité incertaine avec les réseaux, ...

				Peut-être moins en façade. (Participant 2)	L'usage en façade extérieure est rejeté, en raison de l'exposition à l'eau, à l'humidité et aux nuisibles. Certains imaginent un usage en dessous d'un crépi, mais cela reste conditionnel à une protection extérieure fiable.
Freins techniques	Évoqué librement	- Compression - Humidité	[...] Il faut vérifier sa résistance à la compression puis ça va être traversé par une multitude, de réseaux [...] il faut voir son fonctionnement avec des chauffages par sol [...] (Participant 1)	Les participants soulignent les limites des propriétés techniques. Ces freins sont rationnels.	
Contraintes techniques de mise en œuvre	D'un point de vue découpe, quand vous le touché, voyez-vous des problèmes ?	- Préfabrication vs fabrication sur chantier	<p>Cela peut se faire que pour de la préfabrication parce que j'imagine difficilement sur le chantier qu'on mette la structure puis qu'ils vont mettre le mycélium et puis qu'on attende quelques semaines que ce soit pris. (Participant 3)</p> <p>Sur chantier, c'est compliqué (Participant 2)</p> <p>Il faudrait que ce soit préfabriqué alors là on peut l'arrêter et après le mettre en œuvre. (Participant 2)</p> <p>Sur le chantier, il faut opter pour le préfabriqué. Le développement et le séchage, sur chantier, c'est complètement exclu parce que cela prend un temps démesuré. Il faut que le matériau soit fini, on le prend, on le met en œuvre et puis c'est tout. (Participant 1)</p>	<p>Les contraintes logistiques et techniques rendent le matériau peu viable en contexte de chantier traditionnel.</p> <p>La préfabrication du matériau aux dimensions adaptées apparaît comme la meilleure voie.</p>	
		- Découpe et manipulation	Typiquement pour les cloisons c'est quand même plus facile [en parlant du soufflage], tu ne sais jamais comment ça tombe exactement que d'avoir des matériaux qui sont souples pour l'isolation parce que au moins c'est plus flexible que si tu dois couper sur place, mais entre l'endroit où tu coupes et puis le moment où tu mets dans la cloison, tu n'es jamais tip top et donc finalement tu peux perdre, parce que tu n'as pas cet effet de serrage que tu peux avoir avec un matériau rigide. (Participant 2)	Les tests empiriques avec l'échantillon permettent de révéler les propriétés mécaniques perçues (fragilité, rigidité, découpe). Les inquiétudes portent sur la stabilité post-découpe et la dégradation dans le temps.	

			<p>[Réponse à la mise en œuvre] Il faudrait poser la question aux hommes qui vont en faire. Les architectes, ils regardent le matériau de loin mais il ne touche pas, c'est rare. (Participant 3)</p> <p>C'est vraiment intéressant [en parlant de la découpe de l'échantillon], parce qu'il ne faut pas que ça se désagrège non plus. [...] à partir du moment où tu le coupes, j'imagine utiliser un spray ou un produit pour refermer la structure pour la garder vraiment dans le même état. Maintenant si en restant en l'état, cela ne pose pas problème pour sa dégradation dans le temps, il suffit de laisser tel quel. Quand il est dans les cloisons. Après, c'est plus compliqué quand il est dans des murs extérieurs et ainsi de suite, il ne faut pas qu'à la longue, il se désagrège. (Participant 1)</p> <p>[...] il faut le voir quand il est coupé, ici je crois qu'on est un peu aux limites de ce qu'il peut. (Participant 3)</p>	<p>La résistance à la rupture et la protection des bords exposés sont des enjeux clés pour assurer sa durabilité et sa bonne mise en œuvre.</p>
Caractère « vivant » du matériau	Quel est votre avis sur le fait de le garder vivant ?	<ul style="list-style-type: none"> - Matériau organique vivant vs matériau stabilisé - Crainte de réactivation 	<p>[En parlant de garder le mycélium vivant] Ça me paraît déroutant oui. Parce qu'à partir du moment où tu fais une ouverture tu reprends le même matériau et tu refermes les bords puis c'est tout de nouveau parce que voilà tu ne vas pas commencer à recultiver un truc sur site. (Participant 1)</p> <p>[...] Le fait que s'il est actif et que tu l'as décidé, ça va mais s'il est actif sans que tu l'aises décidé, [...] il va continuer, il va consommer la structure et ton bois, ce qui peut être problématique, même pour une cloison. (Participant 2)</p>	<p>Le caractère vivant suscite crainte et rejet en particulier s'il peut se réactiver de manière incontrôlée.</p> <p>Cela entre en contradiction avec les responsabilités d'un maître d'œuvre : l'imprévisibilité est perçue comme incompatible avec la prescription.</p> <p>Les participants insistent sur la nécessité de "tuer" le champignon avant usage en bâtiment.</p>

			- Risque d'attaque biologique	<p>Du point de vue des animaux, rongeurs etc [...] Quand il est comme ça il n'est peut-être pas appétissant [en montrant la peau fongique] mais quand il est comme ça [en montrant le cœur] il est peut-être plus appétissant. (Participant 1)</p> <p>A les petites souris, elles aiment bien (Participant 4)</p>	Comme d'autres matériaux biosourcés, le risque de colonisation par des nuisibles est soulevé. C'est un facteur classique d'hésitation pour les isolants naturels.
Contraintes urbanistiques et sociales	Évoqué librement	<ul style="list-style-type: none"> - Réglementaire - Réticence des clients - Sensibilité des usagers 	<p>[En parlant de le mettre comme revêtement de façade] Et puis, faut aussi que l'urbanisme soit d'accord. Ça c'est plus difficile. (Participant 3)</p> <p>Participant 2 : [...] il faut se dire aussi en tant qu'architecte on est prescripteur. Donc déjà on est prescripteur et pas poseur, donc on prend quand même disons pas mal de responsabilités sur un travail qu'on ne fait pas nous et en plus de ça sur un usage qu'on ne maîtrise pas toujours parce qu'une fois qu'on a fait la réception, en plus de ça on a potentiellement eu un maître d'ouvrage qui a été sensibilisé mais c'est pas dit que c'est lui qui reste pendant 10 ans donc si on a quelque chose qui peut se réactiver au cours des 10 ans sans qu'on ait la moindre maîtrise [...] (Participant 2)</p> <p>[...] On ne connaît pas le mode de vie aussi forcément des habitants qui vont peut-être chauffer plus que ce dont ils ont besoin ou un mode de vie avec beaucoup d'humidité. Enfin, nous n'avons pas de contrôle là-dessus si ça se réactive, c'est problématique. (Participant 4)</p>	<p>La dimension réglementaire et sociale apparaît comme une barrière indirecte : normes, acceptabilité des matériaux, perception publique et prescriptions. Cela reflète le contexte complexe dans lequel s'insère toute innovation en construction.</p>	
Méthodologie de classement	Est-ce que vous voulez faire le classement tous ensemble ou plutôt individuellement ?	- Classement individuel vs collectif	C'est peut-être mieux de le faire individuellement. (Participant 1)	Les participants oscillent entre une approche individuelle et collective pour finalement opter pour l'approche individuelle	



Phase 5 : Materials benchmarking	Critères de sélection des matériaux isolants	Quel est le critère qui vous semble important ?	- Impact environnemental - Mise en œuvre - Performance technique - Prix - Esthétique - Mise en œuvre - Durabilité - Acceptabilité sociale	[...] Le plus important, selon moi c'est l'impact environnemental mais il faut aussi prendre en compte la résistance thermique, la mise en œuvre mais aussi le prix. (Participant 4) [...] J'ai choisi comme critère l'efficacité, donc en fait le rapport entre le pouvoir isolant, la mise en œuvre, la tenue dans le temps et l'épaisseur utile. (Participant 3)	Une pluralité de critères est mentionnée, reflétant la complexité du choix des matériaux isolants. L'impact environnementale revient souvent mais d'autres aspects plus techniques ou pratiques ont une place significative.
	Evoqué librement		- Multicritères	Le classement va dépendre du critère du coût. (Participant 2) [...] j'ai fait un petit tableau de comparaison avec les critères d'exemple [...] (Participant 2) [...] je vous rejoins aussi parce que je trouve que ce qui est intéressant c'est vraiment de mettre en balance les différents critères pour faire un bon choix [...] (Participant 4)	Les participants soulignent qu'un choix pertinent doit reposer sur une prise en compte croisée de plusieurs critères, et qu'il est essentiel d'établir un équilibre entre ces différents éléments pour parvenir à une décision éclairée.
	Perception du mycélium	Où placeriez-vous le mycélium dans le classement ?	- Inconnue / incertitude - Position intermédiaire ou basse	[...] pour le moment il est dernier de mon classement parce que pour moi on n'en sait pas encore assez, il y a pas mal d'incertitude et même s'il est plutôt bien d'un point de vue écologique et que j'apprécie encore le visuel je le place dernier en mise en œuvre, au vu de tout ce qu'on vient de dire et en acceptabilité. (Participant 2) Pour l'aspect visuel je trouve que le mycélium n'est pas si mal. (Participant 1)	Le mycélium suscite curiosité et intérêt mais aussi des doutes, notamment quant à sa mise en œuvre et sa fiabilité. Il est valorisé visuellement mais pénalisé sur les aspects pratiques et techniques.

Phase 6 : Synthèse finale	Perception finale et synthèse de l'expérience	Si vous deviez dire un mot, une phrase qui résume l'interaction que vous avez eu avec le mycélium ?	- Posture ouverte / curieuse	Prometteur. (Participant 1) Pourquoi pas. (Participant 4) A suivre. (Participant 5) Innovant. (Participant 2)	Les impressions finales sont globalement ouvertes et positives. Les participants reconnaissent un potentiel d'avenir au matériau, bien que certains restent prudents ou dans l'attente de développements futurs.
			- Impact du vocabulaire et de la communication	Je pense qu'il y a un coup à jouer sur les termes utilisés en particulier sur l'emploi du mot champignon qui certes risque de donner lieu à plus de préjugés mais le terme mycélium donne une impression plus technique et pour les clients l'impression d'un produit plus cher. (Participant 3)	Le langage utilisé autour du matériau influence la perception. Cela soulève l'importance stratégique de la communication dans l'acceptabilité du matériau.

Annexe 17 : Grille d'analyse focus group B

Phase	Thème principal	Questions	Sous-thème émergents	Verbatim	Commentaires analytiques
Phase 1 : Avis à priori	Représentations initiales	Le mycélium pour vous, c'est quoi ?	- Champignon - Réseau	Champignons, filament. (Participant 3) Je dirais champignon. (Participant 1) Réseau (Participant 2) Un peu des racines [...] (Participant 2) Une toile d'araignée filamenteuse blanche. (Participant 3) Sous forme de filaments (Participant 1)	L'image du mycélium est intimement liée à celle du champignon, de ses structures, ... L'ancre sensoriel renforce une visualisation commune et une compréhension intuitive de sa forme.
	Ambivalence symbolique : naturel vs inquiétant		- Moisissure - Mérule - Elément naturel	Champignons dans une maison ce n'est jamais bon [...] (Participant 4) Mérule (Participant 4) Moisissures (Participant 4) Maintenant c'est naturel aussi. (Participant 1)	Le mycélium évoque à la fois un phénomène naturel, vital et une menace potentielle. Cette ambivalence traduit une tension entre curiosité écologique et rejet instinctif lié à la dégradation ou l'insalubrité.
	Références		- Usages perçus - Connaissances appliquées	Mycélium, est-ce qu'on n'en parle pas aussi dans l'industrie pharmaceutique ? (Participant 4) Champignon [...] ce qu'on mange (Participant 5)	Des représentations plus techniques ou alimentaires émergent. Cela montre que le mot "mycélium" n'est pas totalement inconnu dans les imaginaires des participants.
Phase 2 :	Perceptions sensorielles du matériau	D'un point de vue sensation	- Texture - Odeur	La texture est sympa. (Participant 2) Ça ne sent rien (Participant 4)	Les participants décrivent des sensations fines : douceur, légèreté, neutralité

	qu'en pensez-vous ?	- Poids - Couleur	[...] C'est vraiment très léger (Participant 4) C'est doux. (Participants 3 et 1) C'est un beau blanc /beige [...] (Participants 2 et 3) Moi je trouve quand même ça un rien désagréable sous l'ongle en fait. C'est doux mais ça crispe (Participant 2)	olfactive. Cela contraste avec les imaginaires négatifs initiaux. Une dimension sensorielle positive se dégage.
Réactions émotionnelles et affectives	Quelles émotions ressentez-vous ?	- Surprise - Absence de rejet - Curiosité	C'est curieux en tout cas (Participant 2) C'est surprenant [...] Agréablement surprenant même (Participant 1) Il n'y a pas de sentiment désagréable ou de rejet (Participant 1) Il n'y a pas ce sentiment de moisissure (Participant 1)	Contrairement aux connotations négatives exprimées en phase 1, ici le contact réel inverse les représentations initiales. Le matériau suscite plutôt de la curiosité ou de l'étonnement que de la peur ou du rejet.
Symbolique perçue	Evoqué librement	- Métaphore alimentaire - Comparaison matériaux de construction	On dirait une espèce de petit fromage. (Participant 3) On dirait un petit pavé. (Participant 1) [...] Comme une peau de pêche (Participant 2) Un peu comme de l'Heraklith [...] (Participant 2)	Les participants ont spontanément recours à des métaphores concrètes issues de leur environnement familial pour donner sens à ce nouveau matériau. Ces comparaisons permettent de projeter une signification sensorielle et fonctionnelle à travers des analogies visuelles et tactiles.
Questionnement	Evoqué librement	- Compréhension du matériau	Mais il faut arrêter l'évolution non ? (Participant 4) Et faut chauffer après ? (Participant 4)	La manipulation déclenche un intérêt technique.

				<p>Il y a un liant en plus ? (Participant 1)</p> <p>Qu'est-ce qu'il y a dedans ? (Participant 1 et 2)</p> <p>La question que je me pose [...] dans le temps ça va donner quoi ? (Participant 2)</p>	<p>Les participants questionnent le processus de fabrication, sa naturalité, et la présence ou non de substances ajoutées. Un besoin de transparence apparaît.</p>
<p>Phase 4 : Scénario d'usage</p>	<p>Usages projetés dans la construction</p>	<p>Ou seriez-vous prêt à voir un matériau comme le mycélium ?</p>	<p>Usages prioritaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cloison - Isolation - Plafond 	<p>Moi, je pense que dans la cloison légère type Metal Stud, cela peut être vraiment pas mal. (Participant 5)</p> <p>Je pensais plutôt au plafond. Des dalles 60-60. (Participant 3)</p> <p>Isolation, ça, par contre oui [...] (Participant 4)</p> <p>Cela pousserait en prenant forme comme isolant [référence à des endroits difficile d'accès] et après tu stoppes. (Participant 5)</p>	<p>Consensus clair autour des usages en cloison, isolation phonique et thermique et plafonds.</p> <p>Ces usages sont perçus comme réalistes et peu contraignants structurellement.</p>
			<p>Usages controversés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mobilier et design - Revêtement intérieur 	<p>Mobilier, luminaire, il ne faut pas exagérer. (Participant 4)</p> <p>Vu que ça prend la forme qu'on veut, on les fait pousser en luminaire. (Participant 3)</p> <p>On était mitigé ça. [en parlant du revêtement intérieur] (Participant 3)</p> <p>Dans une maison unifamiliale, ça va pas du tout. (Participant 4)</p> <p>Ça peut dépendre des gouts aussi (Participant 5)</p> <p>On met bien des lambris en bois à l'intérieur, alors pourquoi on ne mettrait pas ça ? (Participant 2)</p> <p>Un peu comme des panneaux en céramique. (Participant 3)</p>	<p>Le mobilier et l'objet design (luminaires, petits meubles) apparaissent comme espaces d'innovation : formes personnalisées, production lente mais peu coûteuse en main-d'œuvre. La capacité de moulage complexe est vue comme un atout différenciant par rapport aux matériaux conventionnels.</p> <p>Il est tout de même à noter que l'esthétique brute divise.</p>

			<p>[...] Si tu moulles une chaise, ok tu dois attendre un mois mais après t'as une chaise. Ben, en soit t'as rien fait, t'as juste mis en pouce et après ça t'as fait une forme. Donc je trouve qu'il y a quand même un intérêt là-dedans. (Participant 3)</p>	
		<p>Rejet :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Façade - Milieu humide 	<p>Par contre, moins convaincue en revêtement de façade non ? (Participant 1)</p> <p>Revêtement intérieur ou extérieur, j'y crois moyen en fait. (participant 3)</p> <p>Oui dans un local humide, ce n'est jamais bien d'avoir un matériau qui absorbe l'humidité. (Participant 5) [Référence au fait de laisser le mycélium en sommeil] Je ne sais plus rentrer dans la salle de bain, mes blocs ont grandis (Participant 5)</p> <p>Oui c'est aussi pour cela que je n'y crois pas trop moi en revêtement de façade. Parce que il y aura de l'eau (Participant 3)</p> <p>La surface présente une granulométrie donc un petit champignon peut facilement venir se mettre dedans. (Participant 1)</p>	<p>Le contact à l'eau est perçu comme un risque majeur. Les participants rejettent l'usage en façade ou en salle de bain en raison de l'incertitude sur la durabilité. Le matériau est vu comme sensible à l'humidité.</p>
Préoccupations pratiques	Evoqué librement	<ul style="list-style-type: none"> - Coupe - Assemblage - Mise en œuvre 	<p>Si on peut les couper, les fixer comme on veut. (Participant 5)</p> <p>Il faudrait trouver une imbrication par contre, parce que si tu laisses un joint entre chaque élément, le bruit passe, la chaleur passe. (Participant 2)</p> <p>Il faut peut-être le mettre dans 2 panneaux, en croisé. (Participant 2)</p> <p>[...] c'est moulé comme tu veux, donc on pourrait tout à fait mouler des tenon mortaise pour l'assemblage [...] (Participant 5)</p> <p>Cela va s'abîmer, je n'y crois pas [en parlant de tenons mortaises [...] le maçon, il ne va pas s'appliquer à mettre cela</p>	<p>L'accent est mis sur la logistique et la facilité de mise en œuvre : transport, coupe, assemblage, et maintien structurel sont des enjeux cruciaux. Les solutions proposées (tenons-mortaises moulés, cartouches de liaison) traduisent une appropriation du matériau.</p>

				<p>pile poil comme il faut. Avec le transport cela va arriver à moitié cassé. (Participant 2)</p> <p>On pourrait faire un genre de cartouche pour lier et coller les éléments entre eux ? (Participant 4)</p> <p>Ce qu'il faut surtout, c'est d'avoir une procédure de mise en œuvre. (Participant 5)</p>	
Faisabilité économique	Evoqué librement	<ul style="list-style-type: none"> - Production - Prix 		<p>Certains ont la conscience écologique et ils ont envie de matériaux écologiques mais monsieur et madame tout le monde, on leur dit, c'est bien, mais ça va vous coûter 10 milles euros en plus, merci mais non merci. [...] (Participant 5)</p> <p>[...] Est-ce que c'est possible de faire ça à grande échelle après ? Ou est-ce que ça va coûter plus cher ? [...] (Participant 4)</p> <p>[...] la réflexion que ça peut tout mouler, ça peut tout faire. Maintenant c'est la main d'œuvre qui coûte cher, là c'est la nature qui travaille gratuitement entre guillemets [...] (Participant 3)</p>	<p>Le coût et l'industrialisation sont vus comme des défis majeurs. Le mycélium ne sera pas compétitif s'il se positionne comme un substitut direct à des produits standards.</p>
Projection d'usage	Evoqué librement	<ul style="list-style-type: none"> - Temporaire - Habitats d'urgence 		<p>Oui, donc je ne sais pas mais pour quelque chose comme les constructions éphémères ou même des panneaux d'affichage parce que si on sait écrire dessus. Ce sont peut-être des éléments qui sont fait pour durer un mois ou deux puis après tu les compostes directement. (Participant 2)</p> <p>Je pense à l'habitat d'urgence, comme après des inondations, où il faut loger rapidement des gens, on a construit des petits pavillons, containers. Donc peut-être que c'est un matériau, si on n'est pas, sur des constructions à long terme, qui peut avoir un intérêt. (Participant 1)</p> <p>En fait, il faut essayer de trouver une utilisation qui va être différente. Je pense qu'il ne faut pas essayer de se dire qu'on va faire avec ce matériau des blocs pour faire des maisons traditionnelles. Je pense qu'il faut arriver à trouver un moyen de faire quelque chose d'unique. (Participant 5)</p>	<p>Le mycélium trouve une légitimité dans l'éphémère ou le temporaire : constructions légères, démontables, voire compostables. Ces scénarios valorisent sa faible empreinte environnementale et sa facilité de production locale.</p> <p>La clé de son succès serait de se différencier.</p>

Phase 5 : Materials benchmarking	Critères de classement	Quel est le critère qui vous semble important ?	<ul style="list-style-type: none"> - Ecologie / développement durable - Performance - Prix - Mise en œuvre 	<p>Un classement, qui est le classement facile tous les matériaux d'origine synthétique et les naturels. (Participant 1)</p> <p>Et point de vue prix, [...] (Participant 4)</p> <p>Si on les classe en termes de performances énergétiques, on les met plutôt comme ça. (Participant 3)</p> <p>C'est autre chose le classement d'un point de vue mise en œuvre. (Participant 1)</p>	Les participants montrent une grande variété de critères possibles ce qui reflète la complexité du choix d'un matériau.
	Evoqué librement		<ul style="list-style-type: none"> - Circularité 	<p>En plus les déchets avec cela [en montrant les isolants pétrochimiques] sont immense. Quand on va devoir démonter les choses dans 15 ans. (Participant 4)</p> <p>Mais même, comment veux-tu les démonter ? Fin c'est tout. Je le vois, on fait des dalles, des radiers en béton de 40 centimètres, tu viens projeter 15 centimètres de PU là-dessus, je plains les gens qui, dans 100 ans vont devoir aller démonter les maisons qu'on fait à l'heure actuelle. (Participant 5)</p> <p>Mais ça, on se ne pose pas encore la question à l'heure actuelle. (Participant 4)</p>	Les participants ne classent pas les matériaux selon ce critère, mais soulignent plutôt que les méthodes de construction actuelles ne favorisent pas le respect de l'environnement, notamment en ce qui concerne la recyclabilité des matériaux
	Perception du mycélium	Où placeriez-vous le mycélium dans le classement ?	<ul style="list-style-type: none"> - Matériau émergent / méconnu - Flexible mais incertain 	<p>Oui puis je pense que pour le mycélium y'a encore beaucoup de points d'interrogation que pour pouvoir vraiment le classer. Comment on le met en œuvre ? Maintenant si on sait avoir les formes qu'on veut, pourquoi pas. (Participant 5)</p> <p>Le problème avec les toitures plates c'est que cela marche bien jusqu'au jour où il y a une petite défaillance et qu'on a une infiltration d'eau. Quand tu as ce matériau [en montrant PIR/PUR] tu sais que même si tu as une petite défaillance, tu répare mais tu n'auras pas de problème par après. Tandis qu'avec le mycélium, [...] je vois déjà les problèmes [...] A mon avis si tu le mets dans un évier, il part directement à l'égout. (Participant 5)</p>	<p>Le mycélium intrigue mais reste perçu comme instable, difficile à évaluer.</p> <p>Les points de repère habituels manquent d'où une prudence généralisée.</p>

			<p>Mais de nouveau, le champignon, comme je l'ai dit tout à l'heure, on ne sait pas réellement le classer. (Participant 5)</p> <p>Je parle encore d'un point de vue économie mais je ne sais vraiment pas ou on peut le placer [en montrant le mycélium.] (Participant 4)</p> <p>Enfin ce n'est pas demain qu'on va avoir des centaines de mètres carrés de panneaux de mycélium. (Participant 4)</p>	
Comparaison des matériaux	Sur base des échantillons, pouvez-vous classer les isolants ?	<p>- Biosourcé vs pétrochimique</p> <p>[...] De toute manière on va de plus en plus vers l'écologique. (Participant 4)</p> <p>Mais c'est dans le parement, dans les murs, ce sont ceux-là [en montrant PIR et PUR] qu'on doit essayer de remplacer, comme le Gramitherm. Après il faut peut-être repenser carrément la construction en elle-même et arrêter de se dire que ce sont des blocs bétons. (Participant 5)</p> <p>Pour le moment, on est plus avec la carotte, si tu utilises des isolants biosourcés, plus neutres tu as un peu des primes, tandis qu'un moment, ils vont passer au bâton, ou prendre des matériaux issus de la pétrochimie représentera une pénalité dans le calcul de la PEB (participant 5)</p>	<p>Normalement ceci [en montrant les isolants pétrochimiques] c'est voué à disparaître dans les 20 prochaines années. Alors on va peut-être revenir en arrière parce que on ne trouvera pas un autre système. Enfin c'est un peu comme les voitures en fait, on ne roulera pas tous en électrique en 2035. (Participant 4)</p>	Les matériaux sont spontanément classés selon leur origine : biosourcé ou non, avec un regard critique sur les matériaux pétrochimique.
			<p>- Zoom sur le liège</p> <p>[En prenant le liège et en parlant du prix.] Par contre celui-là, il faudrait qu'il aille tout au fond du classement. (Participant 3)</p> <p>C'est assez particulier parce qu'il n'y a plus beaucoup de liège à cause d'incendies. Il faut 50 ans pour qu'un arbre produise du liège et donc il y a des pénuries. (Participant 2)</p>	

				C'est plutôt un matériau voué à disparaître mais pas pour les mêmes raisons que ceux-là [en montrant les échantillons d'isolants pétrochimiques.] (Participant 1)	
Coût et économie		<ul style="list-style-type: none"> - Prix brut - Spéculation - Economie circulaire 	<p>si les choses étaient bien faites, il ne devrait pas coûter grand-chose. Parce que là, on est sur du pétrole que là on a du substrat et du végétal. (Participant 3)</p> <p>Je suppose que c'est très difficile de donner une notion de prix à l'heure actuelle ? Vu qu'on est qu'au prototype (Participant 1) Les luminaires étaient chers. (Participant 3)</p> <p>Parce que c'est le truc qu'on demandera en premier, économiquement est ce que ça tient la route ? Parce que ça, ça reste le nerf de la guerre. Est-ce que ça vaut la peine de faire de la recherche là-dessus ? Ecologiquement je suis certain que c'est très bon et qu'on va vers ça mais bon. (Participant 4)</p> <p>C'est vrai que les déchets, c'est quelque chose pour lequel on te payera bientôt pour les prendre. Donc tu peux récupérer. C'est un peu comme ceux qui font dans les carrières maintenant, on leur amène tout ce qui est déchets de blocs, de briques. On les paye pour les casser puis on leur rachète ce qu'ils viennent de casser donc ils sont payés 2 fois. Donc là, peut-être que en effet, économiquement, il y a un truc à faire. Et peut-être que dans 10 ans, on dira, le PU celui qui veut l'utiliser, c'est 200% de taxes. (Participant 4)</p> <p>Après tous les entrants, mais bon tous les entrants sont des déchets, c'est quand même pas mal parce que tu seras même peut-être payer pour les prendre, donc après en fait il y a juste la mise en œuvre. (Participant 4)</p> <p>Donc on pourrait dire qu'économiquement ça pourrait être viable, en particulier dans une société qui est vouée à évoluer. (Participant 5)</p>	<p>Le coût est un critère transversal, souvent décisif. Le mycélium est perçu comme potentiellement très rentable dans un modèle circulaire, mais dépendant d'une organisation logistique et d'une montée en échelle.</p>	

	Santé / sécurité	Evoqué librement	<ul style="list-style-type: none"> - Allergies - Stabilité biologique 	<p>Comme c'est un matériau vivant, est ce qu'il y a des risques de maladies ? (Participant 1)</p> <p>Il ne faut pas aussi que dans 50 ans, comme avec l'amiante, on se rende compte qu'en fait toutes les personnes qui ont travaillé dans l'usine y passe toute quoi. Après c'est pareil pour ça [en montrant le PU] faut pas croire que c'est mieux. (Participant 4)</p> <p>Faut aussi voir niveau allergie. Je ne sais pas, il y a peut-être des personnes allergiques aux champignons. (Participant 5)</p>	Des craintes émergent vis-à-vis du matériau vivant, même mort.
Phase 6 : Synthèse finale	Perception finale et synthèse de l'expérience	Si vous deviez dire un mot, une phrase qui résume l'interaction que vous avez eu avec le mycélium ?	<ul style="list-style-type: none"> - Vision positive - Projection d'avenir 	<p>Deux mots, intéressant et potentiel. (Participant 2)</p> <p>Je dirais matériau d'avenir. (Participant 1)</p> <p>Curieux de son développement [...] (Participant 2)</p> <p>Curieux de savoir ce que ça peut donner. (Participant 5)</p> <p>Avec du potentiel. [...] Je pense qu'on en reparlera de ce truc-là. (Participant 4)</p>	Les participants expriment un intérêt durable, une projection optimiste et l'idée que le matériau est prometteur. La curiosité et moteur de cette posture.
			<ul style="list-style-type: none"> - Surprise face à la découverte du matériau 	<p>Après je ne m'attendais vraiment pas à ça. [...] Je ne m'attendais vraiment pas à un truc fini du tout (Participant 5)</p>	L'interaction avec le matériau généré une transformation des attentes : d'une représentation floue et négative, on passe à une posture concrète et nuancée.
			<ul style="list-style-type: none"> - Valeur écologique perçue 	<p>[...] Ecologique (Participant 4)</p>	L'ancrage environnemental du matériau est clairement intégré par les participants.