



## **DU VIVANT A L'INNOVANT**

*Le matériau mycelium à la rencontre d'un édifice et de son territoire*

**Sarah Kimour, Rym Bahrmi, Dania Jarwe**

*Projet d'études dans le cadre de la chaire partenariale  
«Habiter le Bassin Minier au XXIe siècle»  
sous la direction de Béatrice Mariolle*

**FAIRE**

PARIS

**Nos contacts**

sarah.kimour@gmail.com  
barhmi.rym@gmail.com  
d.jarwe@outlook.fr

## **NOTRE DEMARCHE**

Le projet que nous proposons *Du vivant à l'innovant, le matériau mycelium à la rencontre d'un édifice et de son territoire* démontre les capacités d'un matériau issu d'une matière organique à devenir un véritable matériau de construction aux capacités techniques et plastiques incroyables. Dans un territoire tel que celui du Bassin Minier, les initiatives locales, les collectivités et les organismes de plus grande échelle ont réussi à se saisir des problématiques environnementales pour en faire un des principaux enjeux de mutation de la région.

La démarche à la fois très réaliste du projet mais aussi prospective nous permet de mettre en place un projet qui se veut expérimental permettant de développer un propos sur la réhabilitation de maisons classées à l'UNESCO mais aussi sur les nouveaux éco-matériaux remplaçant d'autres néfastes pour l'environnement.

Pendant 6 mois nous avons expérimentés des recherches sur les biopolymères autrement appelés les plastiques biosourcés.

En effet, le choix de ce sujet s'est construit au fil de nos recherches sur le passé productif de la région. L'industrie plasturgique dans le bassin minier fut l'une des plus importantes de France avec la fabrication de meubles, d'éléments pour l'automobile et même une maison tout en plastique conçue par l'architecte Ionel Schein. La construction de cette célèbre maison escargot a été financée et produite par les charbonnages de France et plus particulièrement par les Houillères du Nord. Aujourd'hui, l'innovation existe par la mutation en cours autour des matériaux biosourcés.

Nous choisissons alors de réinterpréter ce matériau en l'adaptant aux enjeux qui vont au-delà de celui du Bassin Minier. Ces plastiques autrefois innovants causent aujourd'hui des problèmes environnementaux considérables. La découverte du mycelium et de ses potentialités nous permet de démontrer qu'il existe d'autres matériaux composés de polymères pouvant être plus performants que les plastiques issus du pétrole. En plus de leur capacité technique et leurs qualités plastiques, ils sont l'opportunité de construire une véritable conscience collective autour de la récupération des déchets, de l'agriculture urbaine et de l'économie circulaire.

Nous exposerons ici une démarche architecturale qui se veut matériel exploitant les capacités techniques, plastiques, constructives mais aussi sociales du matériau mycelium.

Bonne lecture



**- MAISON TOUT EN PLASTIQUE DE CHARBON -**

*Ionel Schein*

1956

Archives Centre historique minier de Lewarde

## **LA TROISIEME REVOLUTION INDUSTRIELLE, LA FILIERE BIOSOURCEE COMME OPPORTUNITE**

Le projet tente de s'inscrire dans l'histoire productive du Bassin Minier et dans les nouvelles dynamiques présentes autour des matériaux bio-sourcés pour la réhabilitation des bâtiments miniers.

On définit les matériaux biosourcés comme « l'ensemble des matériaux issus de la biomasse en opposition aux matériaux traditionnels issus des hydrocarbures. Ils sont présents dans les organismes vivants (végétaux ou animaux), soit synthétisés par ces derniers, soit issus de produits et sous produits des céréales oléagineux et protéagineux, des plantes fibreuses ou du bois »

Il s'agit de s'appuyer sur l'histoire productive et en particulier sur la production plastique qui constitue une véritable innovation dans le bassin minier et dans l'histoire de l'architecture. Ainsi, le projet réinterprète ce matériau en poursuivant les développements locaux d'éco-matériaux dans la région.

Souvent associé au pétrole, le plastique a souvent une image négative mais il existe aujourd'hui des plastiques alternatifs issus de ressources renouvelables, végétales, animales, résiduelles, algales... également appelés plastiques biosourcés, bioplastiques ou biopolymères.

*« Les biopolymères sont des matériaux d'origine naturelle issus de la biomasse, c'est à dire produits par des êtres vivants : animaux, végétaux et micro-organisme. Par extension, on considère aussi comme tels les polymères issus de fermentation par des bactéries (biotechnologie) et les polymères obtenus synthétiquement à partir de monomères naturels ou identiques aux naturels, comme l'acide polylactique (PLA) issu par exemple du maïs ou de la pomme de terre. Ces matériaux et les composites qui en sont issus sont biodégradables »*

Les polymères biosourcés ayant une structure innovante présentent des propriétés spécifiques permettant de satisfaire de nouvelles fonctionnalités. L'avantage du matériau est son caractère biodégradable ce qui présente un intérêt environnemental, technique et économique.

Le plastique se présente habituellement sous forme de polystyrène expansé ou de laine de verre pour l'isolation, voir de rideaux thermiques pour la protection solaire. Il est très souvent choisi pour sa légèreté, ses propriétés thermiques, sa rapidité de mise en œuvre et son impact écologique est considérable. « L'épuisement des ressources pétrolières, la lutte contre l'augmentation des gaz à effet de serre et la préservation de l'environnement incitent la recherche alternative aux produits de la pétrochimie » .

L'objectif est donc de lutter contre cela en proposant de nouveaux plastiques et ainsi apporter des atouts environnementaux à un matériau qui souffre aujourd'hui d'une image négative.

**C'est donc là que le mycelium entre en jeu**



ENTREPRISE DECOCK À HONDESCHOOT  
UN DES NOMBREUX PRODUCTEURS DE LIN  
DE LA REGION

## UN PROJET A L'ECHELLE TERRITORIALE

### CENTRES DE RECHERCHES

- Loos-en-Gohelle (62) CD2E
- Loos-en-Gohelle (62) Team 2
- Henin-Baumont (62) IKEA
- Douai (62) ARMINES
- Villeneuve d'Ascq (59) Institut Chevreul
- Villeneuve d'Ascq (59) Pôle de compétitivité Matikem
- Villeneuve d'Ascq (59) Institut français des matériaux agrosourcés
- Villeneuve d'Ascq (59) Université Lille 1
- Lens (62) Université d'Artois

### FORMATIONS

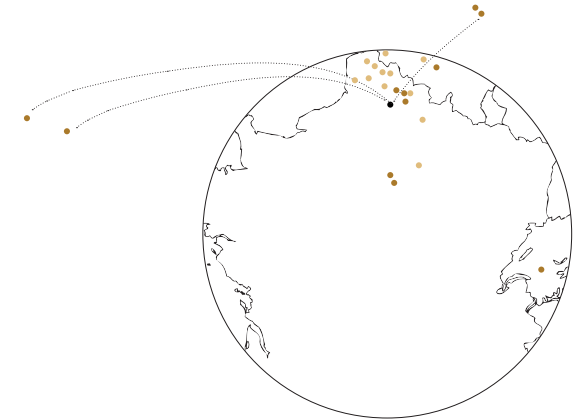
- Loos-en-Gohelle (62) CD2E
- Loos-en-Gohelle (62) Team 2
- Lille (59) Ecole Nationale Supérieure de Chimie
- Loos-en-Gohelle (62) Micro ferme de Cocagne
- Fiennes (62) Les anges gardiens

### ENTREPRISES TRANSFORMATION DE MATIERE PREMIERE

- Cappelle-en-Pévèle (59) Florimond Desprez
- Lille (59) MADER
- Lestrem (62) Roquette (bioplastique)
- Haubourdin (59) Cargill
- Thumeries (62) Tereos
- Hondeschoot (59) Decock SA (Lin)
- Quaesryp (59) Decock ( Lin)
- Fortel-en-Artois (62) Von Robaays (Lin)
- Killen (59) Von Robaays (Lin)
- Hardifort (59) Vandenbulcke S.A.S. (Lin)
- Millan (59) Vanhersecke Frères (Lin)
- Le Parcq (62) Coop Opalin (Lin)
- Bar-sur-Aube (10) La charnière de l'Aube
- Marié (BE) Belchambre
- Aulnoy (77) Planète charre

### AUTOUR DU MYCELIUM

- Lille (59) Les Saprophytes
- Lezennes (59) Leroy Merlin
- Bruxelles (BE) Permafungi
- Villeneuve d'Ascq (59) Polytech Lille
- Lausanne (SUI) EPLF Lausanne
- Paris (75) Polytop
- Paris (75) Société Mycologique de France
- Amsterdam (NDL) MegusStudio
- Amsterdam (NDL) Studio Klarenbeek & Dros
- New York (USA) Ecosative
- San Francisco (USA) MycoWorks



- CARTE TERRITORIALISTE -  
La filière bio-plastique et mycelium  
Documents personnels

## LE PLASTIQUE DE MYCELIUM COMME POINT DE DEPART

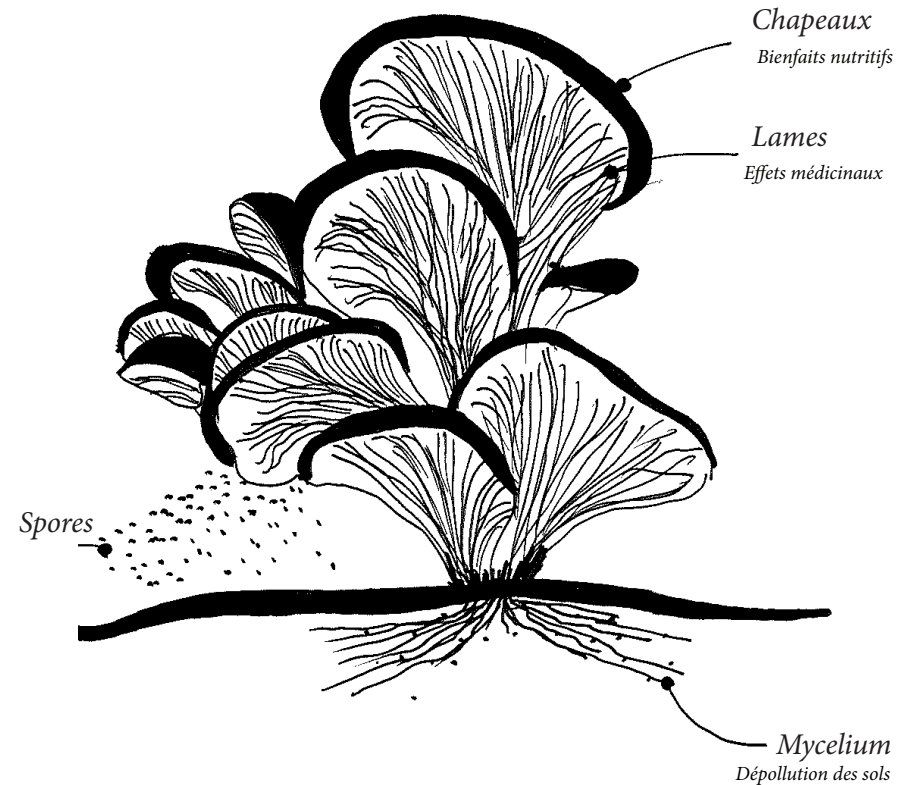


Le projet imaginé pour la rénovation des maisons vise à s'approprier les matériaux issus du mycelium. Il s'agit de proposer une réhabilitation qui parte des possibilités du produit tout en ayant une attention sur le bâtiment existant et son environnement.

Le mycelium est la partie végétative des champignons, une sorte de système racinaire constitué de filaments qui produisent des cellules par décomposition de la matière organique et composé de polymères naturels tels que le cellulose, le chitine et des protéines. Il forme des champignons qui présentent un grand potentiel en raison de sa tendance à croître sur une grande variété de substrats, notamment le chanvre, le lin, la paille et la sciure de bois ou même du marc de café donnant ainsi lieu à une gamme de matériaux et d'applications variés pour l'architecture et le design.

Des recherches récentes montrent que le mycélium peut être transformé en un matériau capable de remplacer le plastique produisant dix fois moins de dioxyde de carbone et utilisant environ huit fois moins d'énergie que la production de mousse de polystyrène. Par exemple, quand la production d'un mètre cube de polystyrène consomme l'équivalent d'1,5 litre de pétrole, le mycelium nécessite très peu d'énergie. Là où des tonnes de polystyrène encombrant les décharges et polluent les océans, mettant plusieurs centaines d'années à se dégrader, le mycelium retourne à la terre sous la forme de nutriment une fois son cycle de vie terminé. 100% naturel, il est 100% biodégradable et se décompose en quelques semaines seulement.

La fabrication d'une brique de mycelium ne nécessite aucun polluant, aucun apport d'énergie : il suffit de laisser la nature et le temps faire. On ajoute de la farine et de l'eau au substrat. Au bout de cinq jours, le champignon produit de la moisissure. La matière est ensuite placée dans un moule et reste au repos de nouveau cinq jours. Elle obtient sa résistance après un passage au four à 100 degrés pendant une heure ou par thermosechage dans un lieu à température ambiante.



- LA STRUCTURE DU CHAMPIGNON -

Document personnel

Les propriétés du mycelium ajouté au substrat sont la résistance, l'élasticité, l'inertie et l'esthétique et peut prendre différentes formes et couleurs.

**Le mycelium est un matériau extraordinaire parce que c'est un matériau qui s'auto assemble et qui utilise des matières que nous considérons comme des déchets et les transforme en polymères pouvant être façonnés sous n'importe quelle forme.**

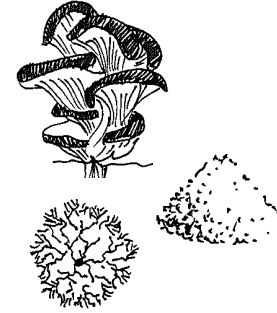
Il est d'autant plus intéressant qu'il possède des propriétés dépolluantes pour des sols carbonifés. D'après les dires d' Yves Olivier Evin, agriculteur urbain et apiculteur, membre du collectif Les Saprophytes, l'essor des champignons dans le bassin minier s'est fait au moment de l'arrêt de la production de charbon.

Pour comprendre le processus de production, la visite de la champignonnière de Fives à Lille nous a permis de voir la première étape de fabrication qui nécessite des conditions strictes, une maîtrise de la température ambiante, de l'éclairage, de l'aération et de l'hygrométrie. La démarche des Saprophytes consiste à produire des sachets de mycelium mélangé à du marc de café et de la paille pour ensuite obtenir des champignons, en l'occurrence de la pleurote, une espèce qui se développe rapidement, entre 5 à 7 jours, lorsqu'elle est mélangée à un additif naturel.

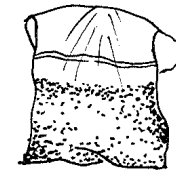
**Ainsi, de matière à matériau de construction écologique, le mycelium offre de nombreuses utilisations qui peuvent donc selon la composition, l'épaisseur et la forme avoir des propriétés différentes. L'innovation du matériau réside dans son processus de fabrication puisque d'un élément naturel et vivant on obtient un élément performant, durable et contrôlé.**

### **RECAPITULATIF**

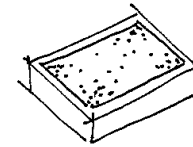
- . 100% Biodégradable**
- . 100% Naturel**
- . Peut prendre n'importe quelle forme**
- . Peut être mélangé du lin, chanvre, bois et/ou de la paille, ...**
- . Performance isolante**
- . Plus résistante à la compression qu'une brique en terre cuite**
- . Facilité de mise en oeuvre**
- . Aspect esthétique**
- . Nécessite peu d'énergie**
- . Production économique**



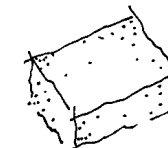
**1** 1 sachet de mycelium + déchets organiques  
+ substrat + marc de café



**2** Développer le mycelium en ajoutant de l'eau, de la farine  
Laisser le champignon se nourrir dans le mélange pendant 5 jours pour qu'il produise de la moisissure



**3** Remplir un moule à la forme désirée avec la matière obtenue en ajoutant de la farine pour créer la forme finale  
Laisser le mycelium se développer à nouveau pendant 5 jours dans l'obscurité et au frais.



**4** Cuir au four à 100° pendant 1h pour stopper la croissance du champignon et solidifier la forme

**- PROCESSUS DE FABRICATION -**

Document personnel

## **FABRIQUER UN IMAGINAIRE L'ÉPAISSEUR ET LA FORME**

En partant du matériau, il s'agit alors de penser la rénovation par le détail en ayant une lecture précise de l'existant, de sa matérialité à son environnement urbain.

Suite aux regards portés sur les maisons minières à travers l'élaboration d'un tableau de valeurs et les potentialités du matériau, les notions de massivité et d'épaisseurs sont apparues.

En effet, le matériau mycelium est moulé, l'épaisseur est donnée et définit par les utilisations que l'on en fait mais il peut aussi être friable. Selon les matériaux ajoutés au mycelium, l'épaisseur est manipulable, elle peut être creusée, tailler ou excaver.

L'épaisseur se définit littéralement par « la distance séparant deux surfaces » , elle doit donc être envisagée au sens large, elle peut à la fois s'exprimer par la masse d'un mur en brique mais aussi par la finesse d'un tissu en mycelium ou d'un carrelage.

Au départ sous forme de racines, le matériau mycelium se définit par l'assemblage de composants fins qui une fois pris dans un processus de croissance prennent toute leur épaisseur.

L'épaisseur peut donc être aussi bien liée à des questions plastiques et matérielles qu'à des propriétés résistantes du matériau. De ce fait, le plein dessine l'espace, le structure, il abrite une pièce mais participe également à la définition d'une autre. La rénovation est alors à considérer dans son ensemble, l'architecture, la matérialité, l'espace mais aussi le contexte urbain, les rapports de moyenneté, l'orientation et la relation au jardin spécifiques à chaque type sont étudiés.

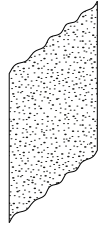
Nous essayons tout au long du semestre de travailler la matière pour fabriquer des ambiances. La masse, l'épaisseur, la matérialité, la couleur sont un point de départ dans la conception du projet de réhabilitation et permettent ainsi de dépasser la vision technique des matériaux.

Le projet tente alors d'exploiter les recherches et expérimentations à travers un catalogue regroupant toutes les potentialités techniques et plastiques du matériau. Les questions d'épaisseurs, de matérialités, de compositions et de mises en œuvre nous ont permis de construire un imaginaire autour du mycelium.



**- EXPERIMENTATIONS -**  
*Varier les épaisseurs et les matérialités*  
Photographie personnelle

**SPATIALISER  
PROTEGER**

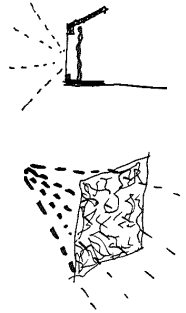


Filtre



0,3cm

Textile/cuir souple  
Protection UV  
Transparence/opacité  
Mobile



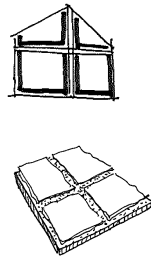
**HABILLER**



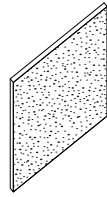
Aspérité



- Revêtement mural et de sol  
- Nécessite une couche de protection  
- Plichromie  
- Dimensions variable  
- Plusieurs matérialités possibles



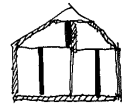
**PARTITIONNER**



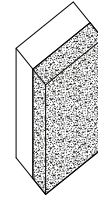
Finesse



Mur ou paroi oculante



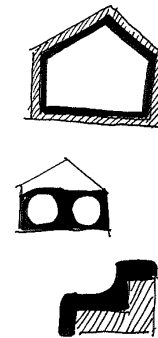
**DÉDOUBLER  
ENVELOPPER**



Friable



Polystyrène de mycelium  
Isolant  
Très bonne résistance thermique  
Isolation intérieure fine  
épaisseur : 10cm à 13cm



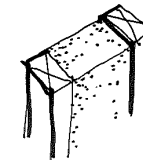
**REEMPLIR**



Compacité



Polystyrène de mycelium  
Élément préfabriqué  
Conductivité thermique :  
0,100 W/mK  
Densité : 320 kg/m3  
plus dense si ajout de marc de café  
Absorption acoustique : 70 à 75% à une fréquence de pointe de 1000 hz



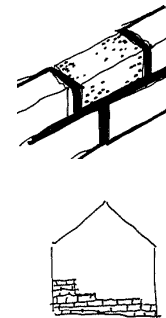
**ASSEMBLER**



Rugosité



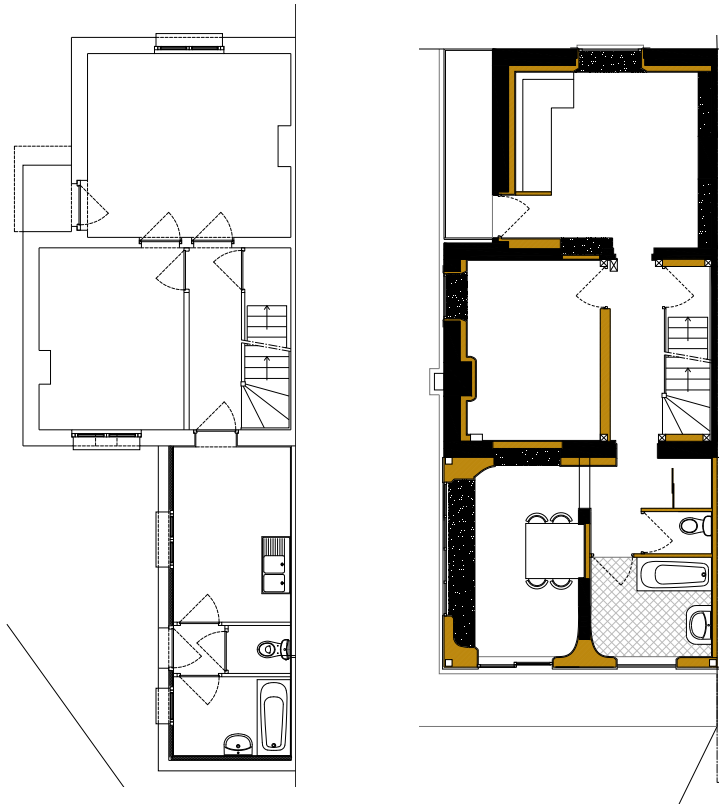
Brique  
Autoportante  
Résistance à la compression : 47,5 Kpa



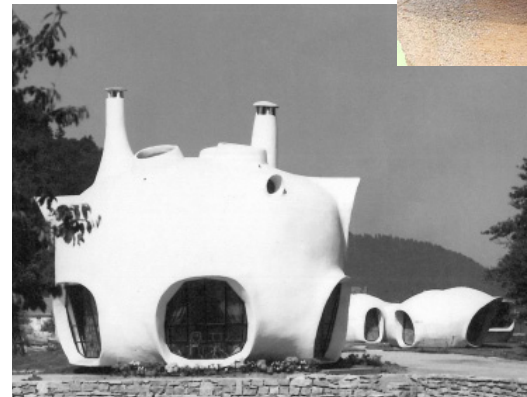
## LES FORMES DE L'ARCHITECTURE EN PLASTIQUE

Le matériau mycelium peut être exploité sous des formes multiples, l'utilisation de la courbe ou des angles inclinés participe à offrir une atmosphère enveloppante qui peut s'adapter aux usages de l'habitant.

Ces questions nous rappellent l'architecture en plastique des années 1970 et 1980 qui exploite les coques et les angles arrondis. L'Hexacube de George Candilis, les bulles 6 coques de Jean Manneval et la maison bulle de Pascal Hausermann montrent une architecture légère, modulable et expérimentale grâce aux variations formelles permises par le plastique. L'ambiance intérieure transparaît une architecture construite d'un seul élément formant un véritable cocon à habiter.



HEXACUBE GEORGES CANDILIS



BULLE 6 COQUES JEAN MANNEVAL

MAISON BULLE PASCAL HAUSERMANN



- PLAN INTERVENTION TYPE N -  
L'épaisseur habitée  
Document personnel



## DE L'INNOVATION TECHNIQUE A L'INNOVATION SOCIALE

### PENSER UNE VILLE CHAMPIGNON AUTO PRODUCTIVE LE RESEAU MYCELIUM

La démarche autour du matériau ne s'arrête pas à l'échelle constructive mais elle doit selon nous être intégrée dans un système plus large à l'échelle de la cité.

Effectivement, la fabrication du matériau mycelium est un processus particulier puisqu'il implique des étapes précises et rigoureuses de développement. Nous choisissons de nous saisir de cette contrainte pour imaginer un réseau de lieux productifs répartis dans la cité et dans lesquels seraient installées des activités spécifiques en lien avec la transformation du mycelium mais aussi avec les capacités du matériau, au-delà de son aspect constructif.

Paul Stamets, mycologue américain explique justement toutes les propriétés et applications de ce micro-organisme en dressant la liste de 6 moyens pour sauver la planète avec le mycelium des champignons : la restauration des sols, la fertilisation des plantes potagères, la dépollution des bactéries avec des enzymes qui brisent les liaisons carbone, pesticide naturel qui ne dégrade pas l'équilibre de l'écosystème, un antibiotique naturel contre la grippe et la variole, la production d'éthanol obtenu à partir de déchets agricoles ou ménagers pour produire du carburant. Il fabrique alors un modèle basé sur un système mycologique autour d'une permaculture tournée vers les champignons.

**De la terre, au laboratoire jusqu'à la maison, la filière mycelium est à lire comme une toile de fond, une opportunité à développer des lieux de sociabilités et de pédagogies autour du développement durable.**

Cette économie fédératrice de sociabilités poursuit l'approche de Françoise Choay dans La terre qui meurt. Le projet doit prendre en compte une « *primauté du territoire et de l'échelle locale (...)* l'identité locale étant représentée par les individus et les familles qui travaillent sur les lieux ».

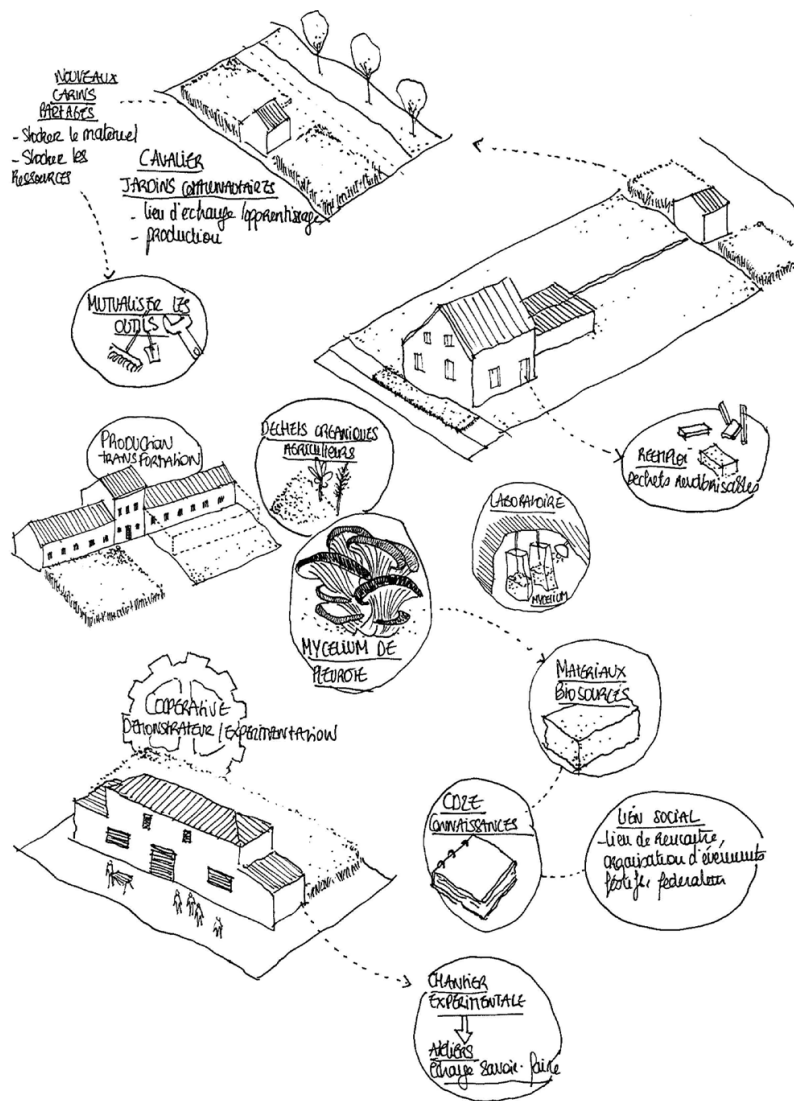
Le mycelium est l'occasion de créer des relations entre habitants, agriculteurs, enseignants et chercheurs, de partager des connaissances ou d'en révéler d'autres.



- MODÈLE DE PERMACULTURE MYCOLOGIQUE -

Paul Stamets

<https://fungi.com/blogs/articles/permaculture-with-a-mycological-twist>



- SCENARIO -

Le réseau Mycelium, un territoire vivant, évolutif et productif

Document personnel

## POUR CONCLURE

En partant d'un matériau, il s'agissait d'ouvrir des perspectives plus lointaines en puisant dans l'histoire productive du Bassin Minier, de la proto-industrie à la post-industrie minière.

La rénovation minière est alors l'occasion d'imaginer un projet connecté à son héritage productif, à ses habitants et à toutes les échelles : de la matière vivante organique au matériau jusqu'à la cité et à son territoire. Ainsi, les étapes de transformations du matériau agissent comme un processus de reterritorialisation en reconnectant habiter et produire, mémoire et bâti grâce à une implication habitante au sein du réseau mycelium. Ce dernier agit telle une coopérative qui met en place des outils pédagogiques et réinvente un aspect traditionnel sans pour autant prôner un retour au rural. Cette dimension sociale était notre sens indissociable de l'appropriation d'un matériau nouveau et méconnu de tous. Il ne s'agit pas de muséifier ce patrimoine classé, ni de le mettre sous cloche mais ouvrir le champ des possibles d'un matériau, dans son aspect technique, architectural mais aussi social.

Le processus de fabrication du mycelium est simple et accessible à tous. Cette facilité de production a néanmoins soulevé des questions lors des discussions avec les acteurs du territoire quant à la quantité nécessaire pour la rénovation complète de la cité, le procédé étant artisanal.

Il est aujourd'hui difficile d'anticiper ces points car la fabrication de matériaux en mycelium reste quelque peu oscillante et dépendante de son environnement de production, du temps et de la production des additifs naturels ajoutés tels que le chanvre, le lin, le bois ou la paille.

Il pourrait tout de même être envisagé de favoriser les emplois locaux et de mettre en lien d'autres coopératives à travers une filière à grande échelle. Le processus industrialisé est tout de même possible puisque l'entreprise *Ecovative* située aux Etats-Unis a mis au point la fabrication d'isolants et de briques en mycelium, et a ainsi construit une industrie qualifiée de Biotechnologique.

De l'imaginaire produit aux performances techniques du matériau, nous opérons une réflexion sur les ambiances proposées par le matériau mais également sur sa fabrication et sa mise en œuvre. La connaissance du matériau acquise en amont nous permet de considérer ce patrimoine bâti, d'en évaluer la valeur pour adopter une méthode adaptée à toutes situations.

Même si aujourd'hui le processus présente des contraintes de temps et de quantification, elle ne doit cependant pas être un frein à son champ d'exploration.

Bien que construit à partir du territoire minier, nous pensons que ce type de projet peut être possible ailleurs. Les questions de développement durable étant aujourd'hui centrales, il était important dans notre travail de mesurer l'investissement des acteurs du terrain sur ces problématiques à plusieurs échelles. C'est également la place de l'architecte que nous interrogeons, à savoir quel rôle peut-il avoir un projet qui se veut être à la fois très réaliste mais aussi prospectif par le travail expérimental proposé.

### **BUDGET : 1 brique de 6x22x10 environ 5€**

0 coût énergétique, production rapide en grande quantité

1. Achat du mycelium : le sachet de mycelium de pleurotte  
Champignonnière des saprophytes : 15€ le kilo

2. Outils :

eau : 0€

Amidon : 1,60€ pour 400g

Sachets plastiques fermables : 10,80€ pour 100 sachets

3. Achat des matériaux ajoutés possibles :

chenevotte : 10€ les 10 kg

lin : 2,47€ le kg

Sciure de bois : Récupération chez les entreprises ou achat : 9€ le kg

Paille (déchets agricoles) : 0€

Marc de café (récupération) : 0€

Planches en bois

Visseuse et visses

### **LES ETAPES DE PRODUCTION**

1 : Conservation dans un lieu frais et humide dans l'idéal une cave  
Fabrication des moules : en bois ou en plastique sur-mesure

2 : Conservation dans lieu à 20°C minimum

3 : Conservation au froid ou une cuisson pour arrêter la pousse du champignon

*Possibilité de produire à l'ENSAPL en atelier Echelle 1*

### **PERSPECTIVES**

Réalisations de prototypes échelle 1 d'un mur maçonné en brique de mycelium

Tester les capacités thermiques, la résistance à l'eau, aux chocs et sa durabilité dans le temps

Tester la viabilité d'une production de matériau mycelium pour la construction

### **Objectif final:**

Mettre en place un projet participatif et expérimentale

Concevoir une micro structure dans l'espace public à échelle urbaine en mycelium et ossature bois

### **Acteurs potentiels**

Carte des filières pour en voir plus



Chaire partenariale  
«Habiter le Bassin Minier  
au XXIe siècle»

