

**PROTOTYPE:
BAIN DE FORÊT**

**les laboratoires
INTERFACES**

Bianca Addesa
Karl Lessard
Isabelle Tarta

ARC6888-A-A20 | Université de Montréal
Chaire Fayolle-Magil Construction
20 novembre 2020

table des matières

principes directeurs
& recherches préalables 5

le positionnement 7

les hypothèses 7

le prototype 8

les résultats 12

Les principes directeurs & les recherches préalables

Grâce aux innovations dans la transformation du bois, à la mise en place d'une gestion éco-responsable des forêts et aux nouvelles applications dans le domaine de la construction, l'industrie du bois est en plein essor au Québec. À ce jour, l'industrie forestière représente 2% du PIB de la province^[1]. Dans une optique de recherches et de réflexions sur la construction en bois, le prototype Bain de forêt propose un retour vers des méthodes ancestrales d'auto-construction éco-responsable. Le prototype s'oriente vers trois grands principes directeurs: habiter l'espace intermédiaire, intégrer des stratégies passives et favoriser la relation de bien-être entre la nature et l'humain.

L'espace intermédiaire

L'espace intermédiaire d'une enveloppe se définit par l'espace qui se situe entre la paroi externe et la paroi interne d'un bâtiment. Souvent restreint et utilisé essentiellement pour l'entretien de l'enveloppe, l'espace intermédiaire a le potentiel de devenir un espace de vie. Au Québec, les vérandas et les solariums jouent ce rôle entre les interfaces extérieures et intérieures des bâtiments. Ils offrent ainsi une douce transition; on est à la fois à l'intérieur et à l'extérieur, à l'abri des intempéries. La réalisation du prototype vise à explorer la dilatation de l'espace intermédiaire de l'enveloppe afin de créer un espace de vie habitable.



Espace d'entretien, USA
Alutech Windows & Doors, 2011



Espace de vie, Japon
The Gate, 2020

Stratégies passives

La surutilisation de verre et de l'acier dans les enveloppes des nouvelles constructions induit des répercussions au niveau écologique. Ce type de construction entraîne l'utilisation de ressources non renouvelables, telles que le sable, dans la création du verre ainsi que l'extraction et la transformation énergivores de l'acier. Des enveloppes vitrées complètement fermées favorisent la dépendance systématique à la mécanique et la déconnexion avec leur

environnement immédiat. Face à ces constats, les réflexions se sont tournées vers des pistes de solutions qui visent l'adaptation des constructions à leur environnement.

Afin de rendre l'exploration de l'espace intermédiaire efficace sur le plan énergétique, les principes du mur trombe étaient propices à servir d'appui pour le développement de la recherche. Les objectifs de cette stratégie passive sont d'emmagasiner et ensuite de redistribuer l'énergie thermique du soleil. Le mur trombe est composé d'une paroi extérieure vitrée, d'un espace intermédiaire et d'une paroi intérieure sombre. Les rayons du soleil sont attirés par la paroi sombre du mur trombe. Ils vont être emmagasinés sous forme d'énergie thermique dans l'espace intermédiaire, dû à un effet de serre avec la paroi vitrée. Cette énergie thermique peut alors se dissiper lentement dans les pièces adjacentes au mur trombe.

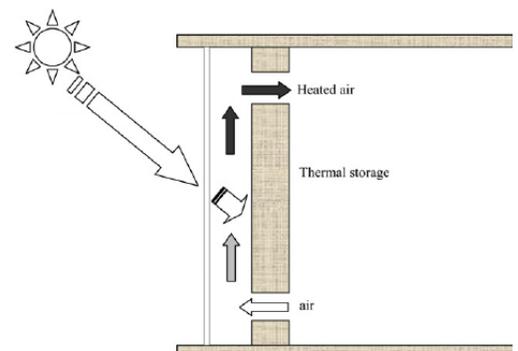


Schéma: principe du mur trombe
Rousse, D.R. & AL. 2012

En adaptant le principe de mur trombe, le prototype vise à minimiser l'impact environnemental et à maximiser le cycle de vie des matériaux en contexte de crise climatique mondiale.

[1] Capitales Studio, 2019

Biophilie

La biophilie est définie par le psychanalyste américain Erich Fromm comme étant « l'amour de tout ce qui est vivant ».^[2] Les recherches effectuées dans le cadre du *Laboratoire INTERFACES* ont mené à constater que la nature a des effets bénéfiques sur l'être humain, tant sur la santé physique que psychologique.

La pratique des « bains de forêt » consiste en une marche immersive et polysensorielle, durant de 2 à 4 heures, en pleine forêt. Cette expérience aurait comme effets notamment de réduire le niveau de stress et d'augmenter la réponse du système immunitaire et l'activité parasympathique du corps humain.^[3]

La nature permet également au corps humain de retrouver un équilibre en améliorant les capacités d'apprentissage, en restaurant la concentration, en atténuant la fatigue mentale, en renforçant la confiance en soi et en augmentant l'optimisme, l'empathie et l'altruisme.^[3]

Au niveau sociétal, les bienfaits qu'offrent la nature sont de rendre les individus plus écoresponsables, de renforcer la cohésion sociale et de diminuer les maladies chroniques dites « civilisationnelles » ainsi que le taux de dépression.^[3]

À des fins d'intégration de la biophilie au prototype *Bain de forêt*, les trois principes de conception biophilique ont été étudiés : la nature dans l'espace, les analogies naturelles et la nature de l'espace.

La nature dans l'espace | Le concept consiste à créer des liens visuels directs avec la nature ou à intégrer la nature directement dans l'espace. Ce principe peut aussi être représenté par des liens avec les systèmes naturels, par exemple par des stimulations sensorielles, une variabilité thermique ou des jeux de lumière diffuse.^[4]



Les analogies naturelles | Les analogies peuvent se matérialiser par des formes biomorphiques ou des liens matériels avec la nature.^[4]



La nature de l'espace | Le concept de la nature de l'espace fait référence à une intégration d'émotions que nous apporte une découverte d'un environnement naturel. Il peut évoquer un refuge, mener à des jeux de perspectives, provoquer un sentiment de mystère et aborder un certain niveau de risque.^[4]



[2] Predrag Cicovacki, 2012

[3] d'Erm, Pascale. 2019

[4] Browning, W.D., Ryan, C.O., Clancy, J.O., 2014

Le positionnement

Suite à la définition des trois principes directeurs, il a été possible d'établir une question de recherche afin de guider les explorations du prototype. « *Comment pouvons-nous revisiter des méthodes traditionnelles pour développer une nouvelle approche éthique qui mettrait de l'avant l'espace intermédiaire et le bien-être?* » Par l'idée d'une nouvelle approche éthique, nous voyons tout le potentiel d'inclure une réduction du gaspillage, une amélioration du cycle de vie, une intégration d'énergie passive et une utilisation de matériaux peu transformés, locaux, renouvelables et réutilisables.

Les hypothèses

L'étude de certains précédents architecturaux a mené à une réflexion sur la conception du prototype, tant au niveau de ses objectifs, de ses critères de performance, que de sa tectonique.

KSM Architecture Studio, Inde

Dans le cadre de notre recherche, ce projet est pertinent pour la qualité de son espace intermédiaire et pour les aspects biophiliques qui sont mis de l'avant grâce à l'enveloppe en rondelles de bambou. Le projet propose également une gestion de l'ensoleillement et de la ventilation naturelle grâce à cette enveloppe perméable. Toutefois, l'espace intermédiaire est intégré encore une fois de façon très horizontale.



Sreenag BRS, 2016

Arcus Center, États-Unis / Studio Gang

Cette exploration d'une nouvelle technique de construction revisitant un mur de maçonnerie traditionnel a capté notre attention pour son expression biomorphique. Un tel assemblage représente également des matériaux locaux pour le contexte québécois. Cependant, le mur en bois cordé est utilisé ici comme enveloppe au même sens qu'une façade en brique. Elle a donc très peu de relation avec les espaces intérieurs du pavillon.



Steve Hall for Hedrich Blessing, 2014

Réflexion critique

Après l'étude de ces deux projets, il y a lieu de s'interroger sur les relations qu'ont chacune de ces interfaces les unes avec les autres. Comment l'enveloppe extérieure peut être mieux adaptée à son contexte immédiat ? Comment l'enveloppe et la structure peuvent créer un meilleur dialogue ? Comment l'interface extérieur peut dynamiser l'intérieur des espaces ? Comment l'enveloppe peut devenir l'espace intermédiaire ?

Le mur traditionnel en bois cordé

C'est en analysant les principes d'un mur traditionnel en bois cordé qu'on a pu observer le potentiel d'exploration. Alors que le projet de *Studio Gang* se retrouve plutôt dans

le principe du demi-mur, les murs simples et doubles proposent, à prime abord, de meilleures interfaces avec tous les systèmes.



mur simple



mur double



demi-mur

Schéma par Association ARDHEIA, s.d.

C'est en observant l'isolation insérée dans ces deux types de murs que la réflexion sur sa capacité d'agir comme mur trombe, en évitant la cavité, devenait pertinente.

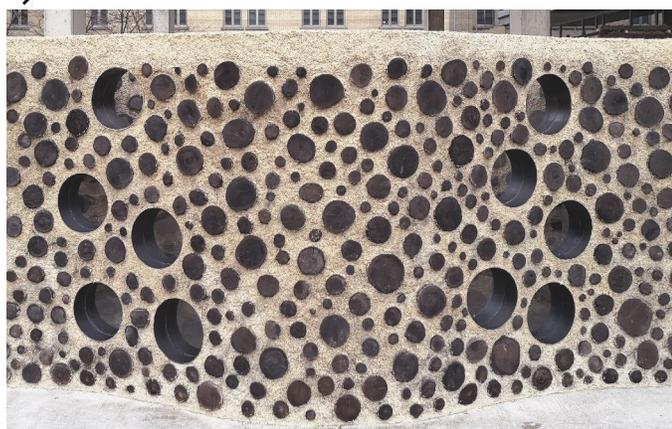
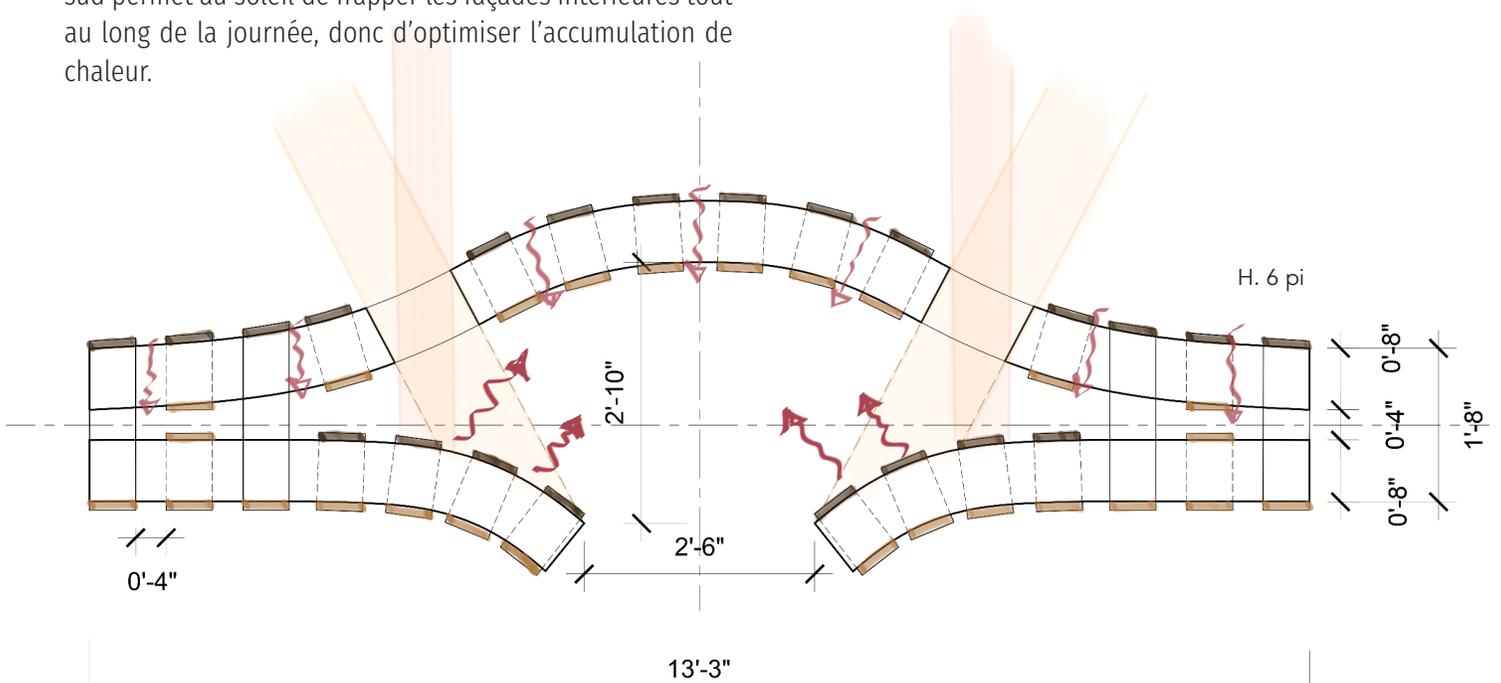
Le prototype

La définition de la forme

En élaborant la forme du prototype, l'espacement minimal entre la double paroi de 4 pouces a été déterminé pour que l'effet d'accumulation de chaleur soit optimal.

Grâce à la malléabilité des matériaux, il était pertinent d'intégrer des courbes qui permettent une douce dilatation des deux parois. Cette dilatation a été conçue pour que l'ouverture devienne un espace intermédiaire et participe à l'expérience biophilique. Le dimensionnement permet donc à une personne d'y entrer et de vivre l'immersion ; c'est pourquoi la hauteur totale est de 6 pieds.

Le positionnement des ouvertures et leur orientation plein sud permet au soleil de frapper les façades intérieures tout au long de la journée, donc d'optimiser l'accumulation de chaleur.



La construction

Préparation

1 | Extraction de la matière première

Des arbres ont été coupés sur un terrain qui devait se faire déboiser, à Sainte-Calixte, dans la région de Lanaudière. Les arbres utilisés sont donc locaux et comprennent les essences de pin, d'érable, de bouleau, de sapin et de cèdre. Les arbres choisis avaient un diamètre de 2 à 12 pouces.



2 | Écorcer les troncs

Chaque tronc d'arbre a été écorcé à la main à l'aide d'un outil traditionnel (plane). Cette étape est essentielle pour une telle construction, où elle permet de diminuer les risques de moisissures, d'infestations d'insectes et d'effritement de cette partie moins durable. L'écorçage permet aussi de réduire les irrégularités et les imperfections, ce qui améliore la résistance structurale de la construction et facilite la manutention.



3 | Couper en bûches

Les troncs ont ensuite été tranchés en bûches de 9 pouces de long. La longueur des bûches a été déterminée suivant les critères de conception du prototype. L'épaisseur des murs - dictée par la longueur des bûches - assure une construction autoportante. De plus, son épaisseur vise à optimiser l'inertie thermique de l'assemblage, sachant qu'un double mur standard en corde de bois peut atteindre une isolation jusqu'à R20^[5].



Dans la conception du prototype, le choix de garder la forme ronde des bûches avait pour but de faire un rappel avec les formes organiques des arbres et ainsi, créer une connexion plus forte avec la nature.

4 | Brûler une face des bûches

Le brûlage des faces s'est fait sur une seule extrémité de chaque bûche, à l'aide d'une torche à très haute température. Cette étape a pour avantage de sceller les champs et les fibres du bois qui sont exposés aux intempéries, permettant ainsi de réduire les risques d'infiltrations d'eau et de moisissures, tout en ayant des propriétés insectifuges. Le chauffage des bûches a aussi comme effet de réduire le taux d'humidité de celles-ci, ce qui facilite les étapes d'assemblage et de finition.



[5] Tétreault, J., 2004

L'objectif était de maximiser l'apport thermique au sein du prototype. De ce fait, les champs brûlés sont orientés vers le sud, tant sur la paroi externe du prototype, que sur la paroi interne de l'espace intermédiaire. Selon le principe de mur trombe, les rayons du soleil sont attirés par la couleur sombre du bois brûlé. L'énergie est emmagasinée par la masse thermique du béton pour être ensuite redistribuée au travers de l'espace intermédiaire. La dualité entre les champs brûlés et ceux naturels permet également de délimiter les espaces, d'offrir un contact plus fort avec la nature et de créer une sensation de mystère pendant la découverte du prototype par les usagers.

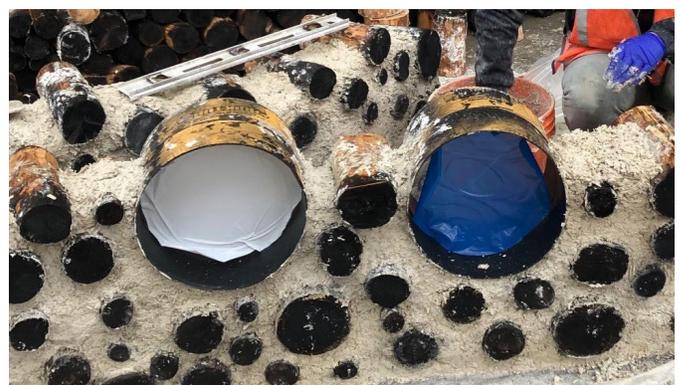
5 | Le mélange du béton de chanvre

À titre de mortier, le béton de chanvre est idéal pour sa malléabilité. Ainsi, le prototype pouvait être érigé sans coffrage. Écologique et performant aux niveaux thermique, acoustique et hydrique, ce matériau local ne contient aucun additif chimique et est totalement naturel. Par ailleurs, le chanvre est une plante à croissance rapide qui contribue à capter la pollution atmosphérique, à l'instar des agrégats minéraux dans un béton traditionnel. En plus d'être renouvelable et réutilisable, il permet d'obtenir une construction perspirante, c'est-à-dire qu'elle permet une migration de la vapeur d'eau à travers la paroi, et ce, en restant parfaitement étanche à l'air.

Le mélange de béton de chanvre est composé d'eau, de chènevotte et d'un liant. La chènevotte est un granulat végétal provenant de la fragmentation de l'intérieur de la tige de chanvre alors que le liant est généralement une chaux aérienne pour ses propriétés isolantes. Étant donné les températures froides et l'échéancier serré, une chaux hydraulique NHL 3.5 a été ajoutée afin de d'améliorer le séchage du mortier et permettre d'assembler jusqu'à 2 pieds par jours. Le rationnement ainsi que l'ordre d'incorporation des éléments au mélange, utilisés pour le prototype, sont les suivants : 1 part de chaux aérienne / 1 part de chaux hydraulique / 2 parts d'eau / 4 -6 parts de chènevotte.

6 | Les ouvertures

Pour la réalisation du prototype, les ouvertures ont été conçues avec des sonotubes coupés de 12 pouces de diamètre peints en noir, au travers desquels des panneaux d'acrylique transparent simulent le vitrage d'une fenêtre. Les proportions des ouvertures visent à maximiser l'apport d'énergie à l'intérieur du mur trombe. Leur forme ronde facilite leur intégration dans l'assemblage et s'agence aux allures organiques du motif créée par les bûches aux formats variées.



La construction

Assemblage

7 | Marquer la forme au sol

La forme fluide a été dessinée à la craie directement sur la dalle de béton suivant un système d'axes afin d'assurer la coordination avec le plan. Elle a ensuite été retracée au crayon permanent sur la pellicule de protection. Une deuxième pellicule a été ajoutée par-dessus afin d'assurer la tenue du marqueur sous les intempéries.



8 | Assembler les bûches et le béton

L'appareillage des bûches a été déterminé de façon à créer un motif varié, reprenant des allures organiques et s'appuyant sur les aspects biophiliques décrits plus tôt. Un enrobage de +/- 4 pouces autour des bûches vise à assurer la capacité portante et l'inertie thermique du mur. Le montage s'est réalisé en rang, de façon similaire à l'assemblage de céramique ou de maçonnerie, afin de permettre un temps de séchage adéquat au mortier. Cette logistique a permis une alternance entre les étapes de préparation et d'assemblage tout au long du chantier.

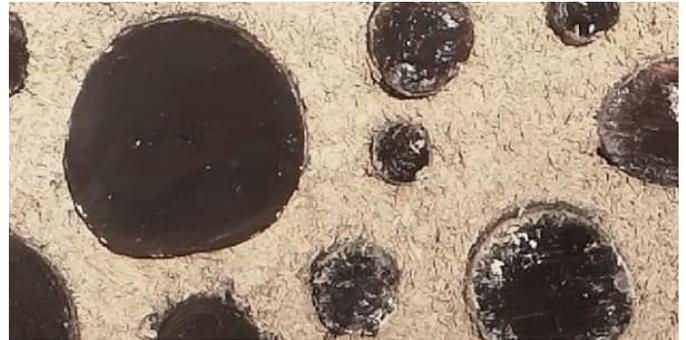


La construction

Finition

9 | Nettoyer

Le nettoyage était requis en deux étapes. Tout d'abord, les bûches ont été nettoyées des débris du mortier avec de l'eau savonneuse, des éponges et des brosses. Ensuite, le nettoyage des surfaces de travail, des outils et une remise en état des lieux ont été nécessaires, comme dans tout travail de maçonnerie.



10 | Sâbler

L'extrémité laissée naturelle des bûches a été sablée afin d'éliminer les imperfections et les traces de mortier séché.



11 | Démonté

Finalement, le démontage a pris place en une demi-journée. Il s'agit d'une méthode et de matériaux de construction qui offrent une grande flexibilité puisqu'on peut déconstruire et reconstruire en réutilisant les matériaux pour faire un nouveau mur ou, par exemple, du mobilier. En effet, l'agrégat de chanvre a été ramené chez Isofib qui compte le réutiliser pour d'autres projets. Le bois a entièrement été déposé à l'éco-centre.



Les résultats

Le pavillon devient un espace intermédiaire immersif qui est à la fois enveloppe, structure et système mécanique. Il se laisse découvrir, et dévoile un espace pour profiter des effets de la biophilie.

Défis rencontrés

Les conditions extérieures - en plein mois d'octobre - n'ont pas été favorables à tous les jours du chantier. La construction a été plus ardue lors des jours de pluie où il faisait très froid, alors que le vent était glacial. De plus, l'heure du coucher du soleil avait un impact sur l'avancement du montage du mur dans des conditions optimales. La température était un enjeu tant pour notre confort individuel que pour la qualité de séchage du mortier. La logistique de réalisation des travaux a donc été révisée lors de la pire journée d'averses pour avancer le plus possible les travaux préparatoires. Par chance, les journées suivantes ont été beaucoup plus clémentes; le retard sur la tâche d'assemblage a pu être rattrapé grâce à cette réorganisation.

Le bois d'un mur de bois cordé est normalement séché de 6 à 24 mois avant d'être utilisé. Dans le contexte de construction du prototype, l'humidité toujours présente dans les bûches rendait l'étape 4 - *Brûler* plus longue.

Le positionnement sur le site devait être stratégique pour que le prototype puisse bien démontrer comment il se comporte sous les rayons du soleil, tout en restant protégé des fortes intempéries.

Le mortier de chanvre est complexe à travailler. Il est salissant, abrasif et requiert de nombreux équipements de protection individuelle. Le nettoyage a été plus important qu'on l'anticipait, et ce à toutes les fins de journées.



Apprentissages

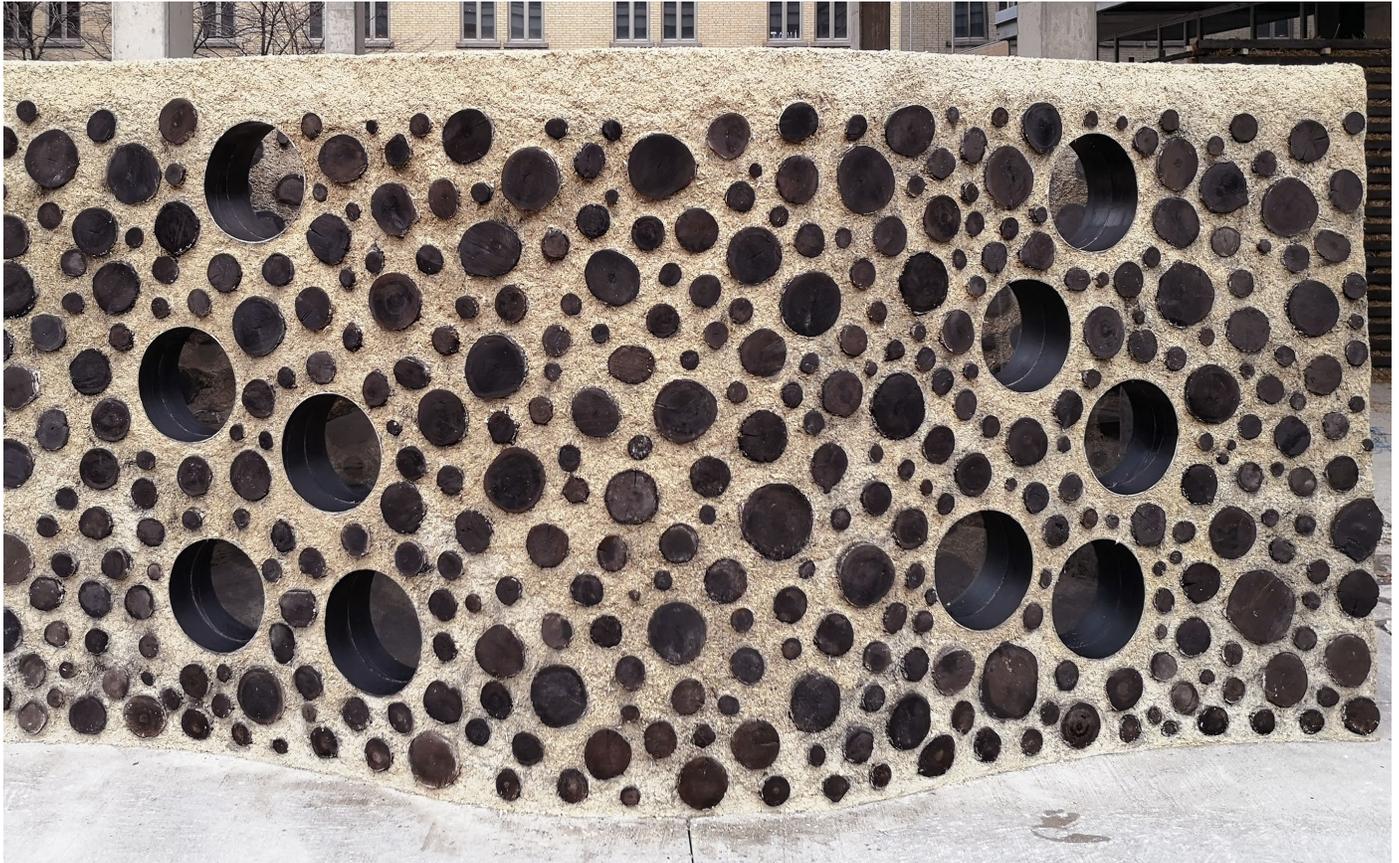
L'expérience a été très enrichissante à plusieurs niveaux. Tout d'abord, nous avons compris l'importance de réfléchir à la séquence d'assemblage lors de la conception d'un détail de construction. Nous avons également appris qu'il faut être indulgent lorsqu'on souhaite intégrer une nouvelle méthode ou un nouveau matériau à un projet puisqu'il peut représenter une difficulté d'exécution, même pour des ouvriers expérimentés.

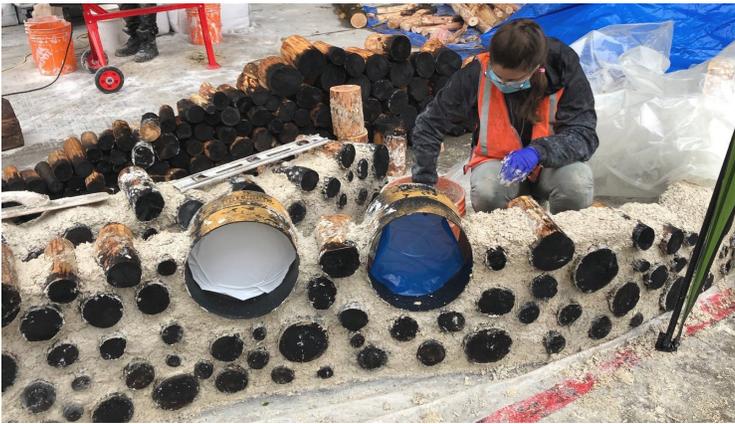
De plus, tous les types de travaux ont un impact sur leur milieu. La coordination et la planification est donc essentielle entre tous les corps de métiers, mais aussi pour être en mesure de gérer le bruit et la poussière que les travaux engendrent.

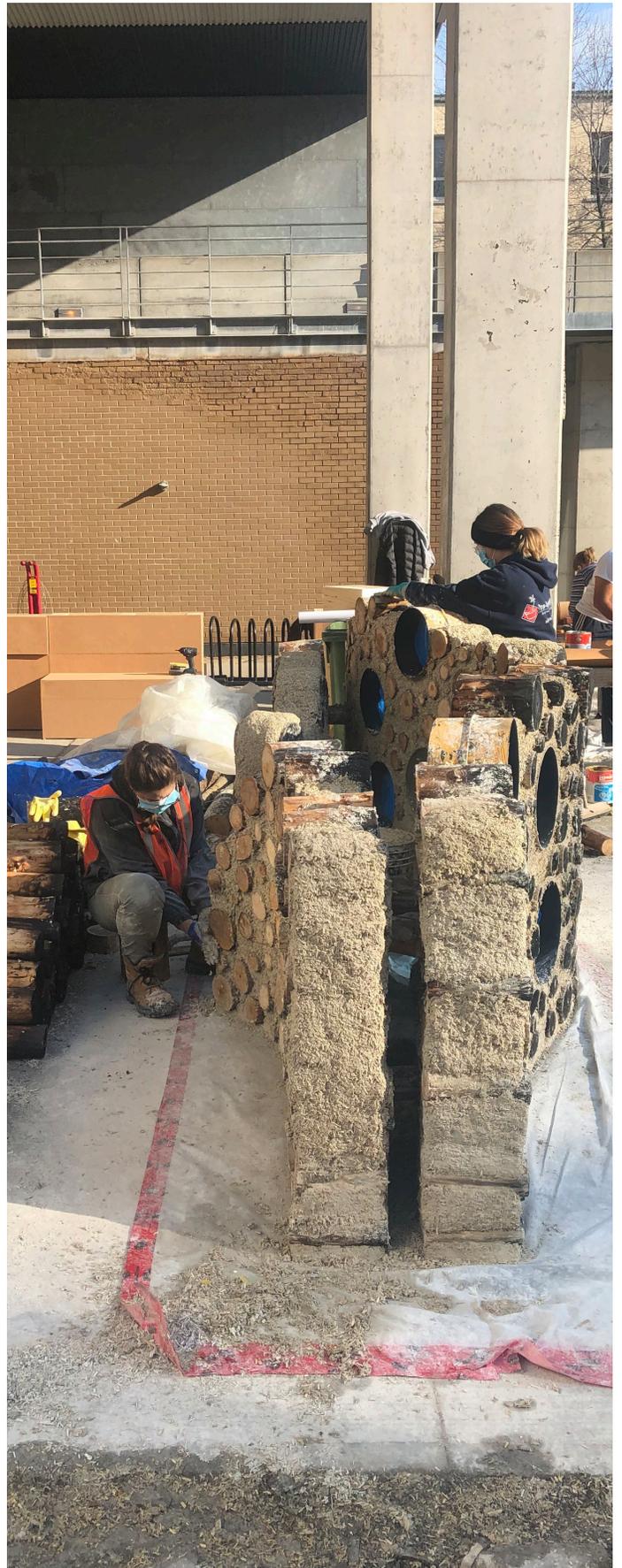
Finalement, la mise en place du prototype a mené à plusieurs réajustements face aux imprévus en chantier. La connaissance et la maîtrise du projet a ouvert nos esprits vers de nouvelles idées qui pourraient permettre d'explorer sur de nouvelles dimensions. On pourrait imaginer, par exemple, une exploration portant sur les ouvertures en ajoutant des angles pour valider l'optimisation de l'apport de chaleur.

Annexes

Reportage photo











Alutech Windows & Doors. (2011). *Dramatic Facade*. Trends. <https://trendsideas.com/stories/dramatic-facade>

Archdaily. (2020). *Thermowood Façades in Nursery Savannen | Lunawood*. https://www.archdaily.com/catalog/us/products/21474/thermowood-facades-in-nursery-savannen-lunawood?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user

Association ARDHEIA (s.d.). Le bois cordé. [Document technique] Repéré à <http://www.vivre-en-autonomie.fr/PDF/Construction-en-bois-corde.pdf>

Baan, Iwan (2016). University Library in Taipei. *Revue Detail* (5/2016) [Image] Repérée à <https://inspiration.detail.de/university-library-in-taipei-113381.html>

Bamboo Courtyard Teahouse. Harmony World Consulting & Design. (24 Jan 2013) <https://www.archdaily.com/323464/bamboo-courtyard-teahouse-harmony-world-consulting-design>

BergMeisterWolf (2020). *holzblock holzschnitzerei perathoner*. <https://www.bergmeisterwolf.it/projekt/holzblock-holzschnitzerei-perathoner-pontives/>

Browning, W.D., Ryan, C.O., Clancy, J.O. (2014). *14 Modèles de conception biophilique*. New York: Terrapin Bright Green, LLC.

Burk, D. (for Hedrich Blessing). (s.d.). Video Arcus Center for social justice leadership. [Vidéo] Repérée à <https://studiogang.com/project/arcus-center-for-social-justice-leadership>

Cabin Modules / IR arquitectura. (26 Nov 2018). ArchDaily. <https://www.archdaily.com/906488/cabin-modules-ir-arquitectura>

Capitales Studio. (2019). L'industrie forestière, d'une importance Capitale. LeSoleil. <https://www.lesoleil.com/la-vitrine/association-forestiere-des-deux-rives-2019/lindustrie-forestiere-dune-importance-capitale-e534f5b33cb1f7b51d0c1cd4b8f962c2>

Cecobois (2017). *Les revêtements en bois du Québec*. https://afsq.org/wp-content/uploads/2017/07/les_revetements_exterieurs_en_bois_au_quebec.pdf

d'Erm, Pascale. (2019). *NATURA Pourquoi la Nature nous soigne... et nous rend plus heureux*. Editions Les Liens qui Libèrent.

Econo-Ecolo (2019). Construire en bois cordé. Écono-Écolo. <https://www.econo-ecolo.org/construire-en-bois-corde/>

Grazia, S. (2017). Courthouse, Paris 17, RPBW Renzo Piano Building Workshop. [Image] Repérée à www.sergiograzia.fr/en/palais-de-justice-de-paris/

Hall, S. (for Hedrich Blessing) (2014). Arcus Center for Social Justice Leadership / Studio Gang. ArchDaily. [Image] Repérée à <https://www.archdaily.com/576630/arcus-center-for-social-justice-leadership-studio-gang>

Ivanova, Y. (2016). *Creating Pollution-Eating Facades for Cleaner Cities*. Re-Work. <https://blog.re-work.co/connected-city-allison-dring-elegant-embellishments/>

KMC Corporate Office / RMA Architects. (10 Jun 2013). ArchDaily. Accessed 7 Oct 2020. <https://www.archdaily.com/384408/kmc-corporate-office-rma-architects>

Ludwig, Samuel (s.d.). Peter Zumthor. [Image] Repérée à <http://www.samuelludwig.com/peter-zumthor/pkudls2mzplfxc4b7e2zs5mmep3vy>

Nieto Sobejano Arquitectos, (s.d.) San Telmo Museum Extension. Architizer [Image] Repérée à <https://architizer.com/blog/inspiration/industry/forms-assembled-in-the-light/>

Nordic Structures (2020). *Montréal Executive Golf*. <https://www.nordic.ca/en/projects/structures/montreal-executive-golf>

Nordic Structures (2020). *Saint-Michel Environment Complex Soccer Stadium*. <https://www.nordic.ca/en/projects/structures/smec-soccer-stadium>

Oki, Hirouyuki (2020). Biophilia: Bringing Nature into Interior Design. Archdaily [Image] Repérée à https://www.archdaily.com/935258/biophilia-bringing-nature-into-interior-design?ad_source=search&ad_medium=search_result_all

Predrag Cicovacki, *The Restoration of Albert Schweitzer's Ethical Vision*, Bloomsbury Publishing, 2012

Riolet, E. (2018). Construire en bois cordé. Base de connaissances. <https://solutions-alternatives.org/base-de-connaissances/construire-en-bois-corde/>

Rousse, D.R. & Dutil, Yvan & Messaoud, Badache. (2012). A comprehensive review of solar facades. Opaque solar facades. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 16. 10.1016/j.rser.2012.01.078.

Roseau Pensant Inc. (2020). *Guest House toco. in Tokyo: Built from a 100-year-Old Traditional Japanese House*. The Gate. <https://the-gate12.com/article/220>

Sreenag BRS (2016). KSM Architecture Studio. Archdaily. [Image] Repérée à <https://www.archdaily.com/870492/ksm-architecture-studio-ksm-architecture>

Tétreault, J. (2004). Construire sa maison en bois cordé. La maison du 21e siècle. <https://maisonsaine.ca/wp-content/uploads/2018/05/bois-corde-2004.pdf>

Tourisme Loiret (s.d.). Bain de forêt en famille, en forêt d'Orléans. [Image] Repérée à <https://www.tourismeloiret.com/fr/les-bains-de-forêt-vous-connaissiez>

Yaworski, B. (s.d.) Healing Gardens. A beautiful way to cultivate wellness. [Image] Repérée à <https://www.alive.com/lifestyle/healing-gardens/>