

Jardin Inter-Bulles

Louis Carignan
Julie Lafrance
Patricia Voinea
Layth Winter



Voinea et Winter, 2024

Rapport Laboratoire Interfaces

Atelier multidisciplinaire sur l'innovation dans la construction en bois

ARC6888-A-E24

Travail présenté à Jean-Paul Boudreau

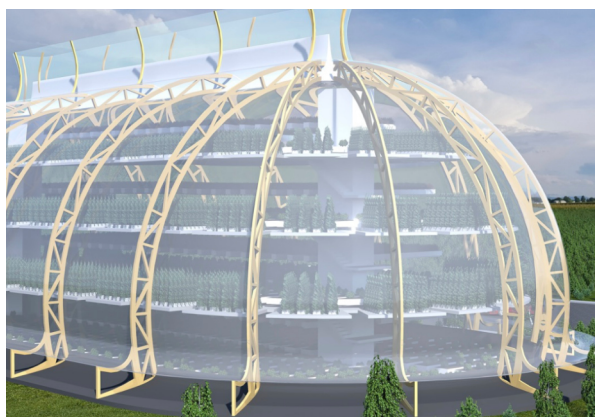
Université de Montréal

27 mai 2024

Partie 1 : Recherche de précédent

Dans un premier temps, le laboratoire s'est penché sur la recherche de serres innovantes à travers le monde et les époques afin d'en ressortir les caractéristiques essentielles à la culture de végétaux.

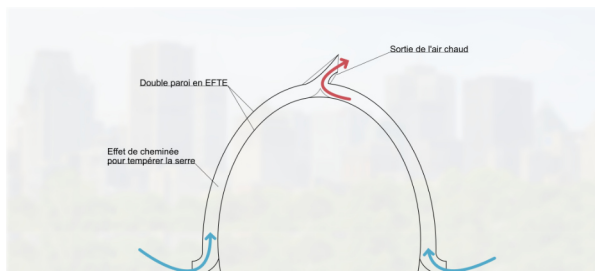
De mon côté, je me suis attardé au projet Gaïa écosystèmes conçu par l'ingénieur Gaston Beaulieu. Le projet a subi plus de 25 000 heures de simulation et son concept ressemble à celui d'un fuselage d'avion ce qui reflète au passé de M. Beaulieu dans l'armée canadienne. Plus précisément, Gaïa est une grande serre multi-niveaux pouvant résister aux températures extrêmes. Un Gaïa écosystèmes dôme (GED) peut produire de grandes quantités de légumes en continue à proximité des centres urbains grâce à son empreinte minimale au sol, un rayonnement solaire maximal, une structure nette-négative en GES et l'optimisation de l'utilisation énergétique. Malheureusement, le projet n'est pas encore construit. Cependant, le projet théorique regorge de principes bioclimatiques faisant usage de technologies appropriées. Ses caractéristiques ont influencé la conception de notre serre durant le laboratoire.



Beaulieu, 2023

La forme du dôme ressemble au profil d'un avion puisque l'ellipse est la structure la plus forte en utilisant le moins de matériaux comme un œuf. Les courbes permettent la captation maximale des rayons solaires. De plus, cette forme est économique en termes d'énergie puisque qu'elle facilite les mouvements de convection passive.

La composition de la serre ellipsoïdale à double coque crée un effet de cheminée entre les parois. Ce principe thermodynamique empêche l'espace intérieur de dépasser 35 °C, et ce, sans intervention mécanique. Par convection, l'air chaud se dirige vers la cheminée située au sommet du dôme.

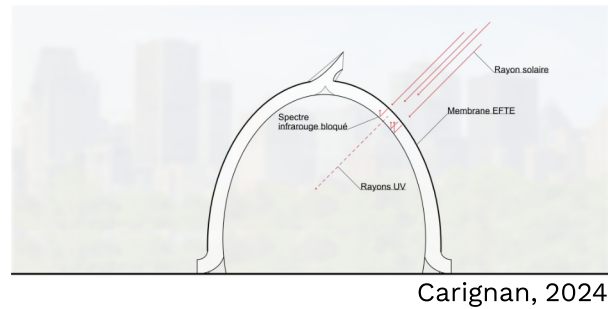


Carignan, 2024

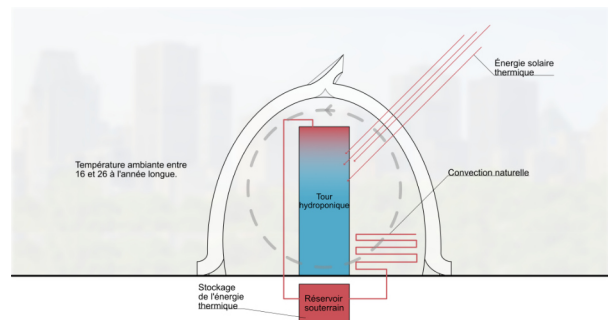
Jardin Inter-bulles

La double paroi rigide en éthylène tétrafluoroéthylène (ETFE) est un polymère qui remplace le verre afin de réduire le carbone intrinsèque et le poids de la structure en lamellé-collé. Il s'agit d'un matériau léger, solide et capable de résister à des vents de 250 km/h. Le polymère n'est pas composé de produit pétrolier ce qui en fait un matériau recyclable illimité. Les propriétés du ETFE laissent passer la lumière, mais retiennent un certain spectre infrarouge. Selon les simulations de Gaïa Écosystème, cela permet de garder une température optimale pour la croissance de plantes.

La chaleur excessive est récupérée et stockée dans un réservoir d'eau au sous-sol consolidant le concept d'aucune perte énergétique. À l'aide de pompe, l'eau chaude peut être redistribuée dans la serre favorisant un flux d'air constant par l'effet de convection.

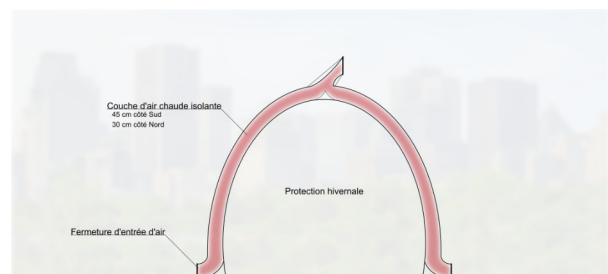


Carignan, 2024



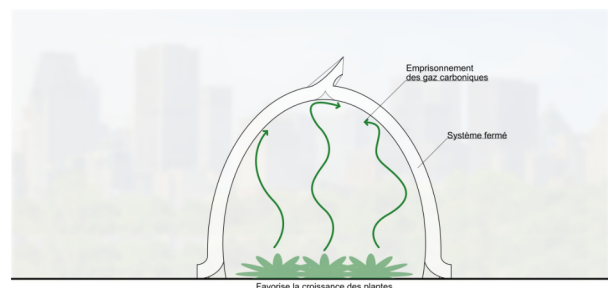
Carignan, 2024

En situation de grand froid, la double coque agit en tant qu'isolant. Il est possible de fermer l'entrée d'air à la base extérieure du dôme ce qui crée une couche d'air performante entre les 2 parois.



Carignan, 2024

Le dôme est en accès limité pour emprisonner le plus de gaz carbonique ce qui favorise la croissance des végétaux et la réduction d'insectes nuisibles.



Carignan, 2024

Partie 2 : Conception du projet Jardin Inter-Bulles



Carignan, 2024

Notre concept s'arrime autour de la bulle à tous les niveaux : de l'élément à la forme générale. Nous utilisons ce profil biomimétique pour son habileté à diriger les flux thermiques. L'effet de convection naturelle est accentué dans une sphère et il s'agit de la forme la plus économique en énergie. De plus, la bulle crée une couche d'air à exploiter dans l'enveloppe car elle aide à conserver l'énergie thermique autant de l'intérieur que de l'extérieur.

La bulle se réfère à la légèreté et sa formation spontanée. De cette analogie, la serre est modulaire et peut s'ériger partout. À travers les 6 principes d'une serre passive, le jardin inter-bulles répond aux caractéristiques d'une économie circulaire et d'autonomie alimentaire en milieu urbain. En effet, le projet s'insère dans les ruelles ou les entre-lieux de Montréal. En profitant de son environnement de proximité, la serre vernaculaire ne fait recours à aucune intervention mécanique.

Les composantes de la serre

**La base**

Carignan, 2024

La base se compose d'un cadre en bois 4x4 avec des solives quadrillées 2x4 qui ont subi un traitement au feu pour obtenir une couche de protection carbonisée afin d'être résistante à l'eau et la moisissure. Le dessous de cette base est plaqué de panneaux fibrociment imputrescible pour accueillir le béton de chanvre.

Jardin Inter-bulles



Le béton de chanvre

Carignan, 2024

Le laboratoire a servi à explorer le béton de chanvre comme plancher apparent. Peu utilisé au Québec, le béton de chanvre se démarque par ses qualités isolantes et perspirantes. Le chanvre est en mesure d'absorber l'eau et de l'évacuer en période de chaleur dans le but de rafraîchir l'espace. Il est souvent utilisé dans les murs comme isolants ou enduits vernaculaires, mais peu en plancher. Selon nos échanges avec Gabriel Gauthier, pionnier de la construction de chanvre au Québec, le béton de chanvre serait en mesure de supporter des efforts en compression en y ajoutant du béton conventionnel. Cet hybride pourrait sécher rapidement comparativement à la recette originale qui complète sa cure après 3 mois. Composé de chènevotte, de chaux aérienne et de béton pour remplacer la pouzzolane comme agent liant, notre mélange a été ajuster avec de l'eau pour atteindre la consistance d'un appareil pour biscuit à l'avoine.

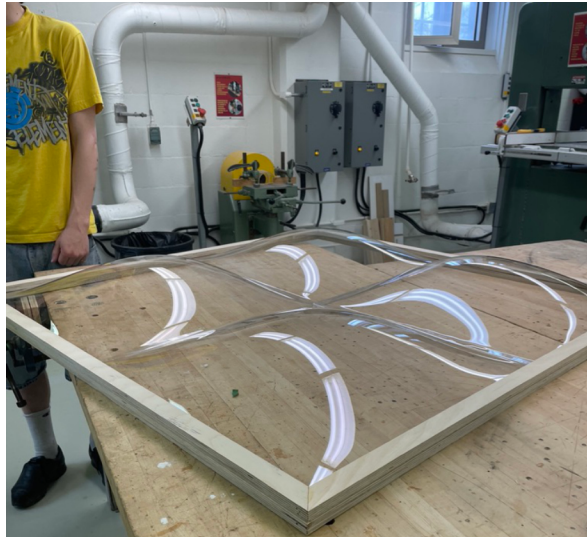


L'asphalte broyée et le compactage

Carignan, 2024

Une couche d'asphalte broyée tapisse le fond du cadre en bois de manière à drainer le surplus d'eau que le béton ne peut absorber. Ce matériau se trouve directement sous le projet rappelant le processus vernaculaire de la construction. Par la suite, le béton de chanvre est coulé par-dessus et compacté jusqu'à l'obtention d'une épaisseur de 2 pouces afin de réussir le séchage dans la courte période de temps allouée. Dans un monde idéal, le gravier d'asphalte serait d'environ 100 mm et le béton de chanvre minimalement 150 mm d'épaisseur.

Jardin Inter-bulles



Les bulles

Carignan, 2024

Les bulles sont formées à l'aide d'un cadre en bois de 600 mm par 600 mm par contrainte du four. Une fois à l'intérieur de l'équipement, la gravité agit sur le plastique chauffé afin de lui donner sa forme finale. La conception de la serre mentionne des bulles de ETFE. Cependant, il est impossible de s'en procurer au Canada surtout dans l'horaire serré du laboratoire. Alors, nous l'avons signifié à l'aide de panneaux de PETG. Les cadres supérieurs arborent une esthétique givrée obtenue par ponçage des panneaux plastiques avant la cuisson au four d'une durée d'environ 2 minutes 30 secondes.



L'étope

Carignan, 2024

L'isolant entre les cadres est réalisé à l'aide d'étope. Ce cordage en fibre de chanvre goudronné était utilisé pour calfeutrer les coques de bateaux. Aujourd'hui, on le retrouve en plomberie où il sert de scellant à drain. Alors, l'étope peut résister à l'eau et protéger les ponts thermiques créés par les cadres. Par ailleurs, un rappel du béton de chanvre se retrouve dans le cordage. L'étope est ensuite fixé par des bandes velcro rapides et démontable.



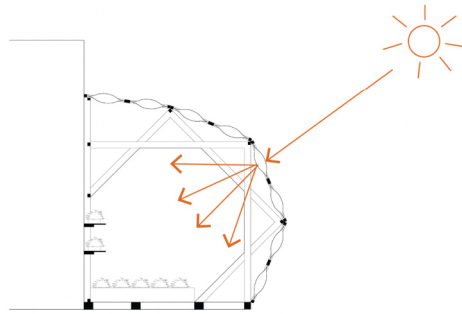
Les voilages

Carignan, 2024

En hiver, un voile thermique aluminisé *Iso S* de la compagnie française *Isotiss* est en mesure de conserver la chaleur à l'intérieur de la serre. Ce tissu intelligent peut laisser passer la lumière du Soleil en possédant une qualité d'isolation. Le voile installé aux intersections intérieures des fermes en bois emprisonne une autre couche d'air entre le tissu et les cadres-bulles rigides.

En été, le voile se change facilement grâce au système d'ancrage en velcro. Ce tissu aluminisé *Izodaze* d'*Isotiss* agit comme protecteur solaire. En effet, il possède la capacité de laisser entrer la lumière, mais il empêche la chaleur de s'infiltrer à l'intérieur de la serre.

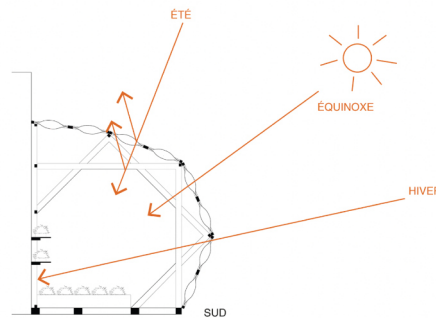
Partie 3 : 6 principes contextualisés dans le projet



Lafrance, 2024

La lumière uniforme

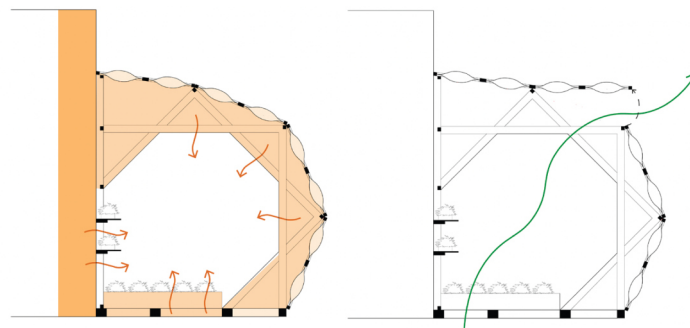
Les parois thermoformées en ETFE diffusent les rayons solaires par la double réfraction convexe et concave des bulles ce qui crée une lumière plus uniforme à l'intérieur du dôme.



Lafrance, 2024

Le captage optimal de l'énergie solaire

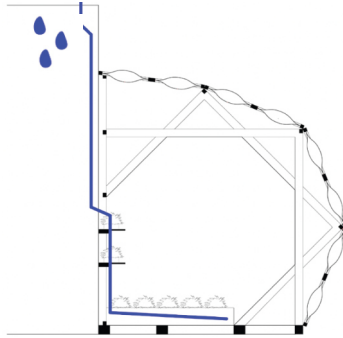
Les 2 rangées de cadres-bulles inférieures sont transparentes afin de maximiser l'entrée de lumière hivernales tandis que les 2 rangées supérieures sont givrées pour réduire la puissance des rayons estivaux.



Lafrance, 2024

Le stockage de l'énergie

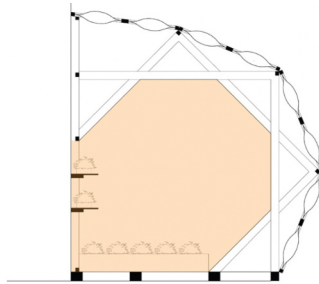
Une architecture vernaculaire signifie de s'implanter en harmonie dans son environnement. C'est dans cette optique que la serre s'appuie sur la façade sud d'un bâtiment en maçonnerie pour bénéficier de la chaleur radiante de cette masse thermique existante. De plus, les voilages interchangeable selon les saisons et les cadres ouvrants munis de charnières amplifient le contrôle de l'énergie.



Lafrance, 2024

L'utilisation optimale et responsable de l'eau

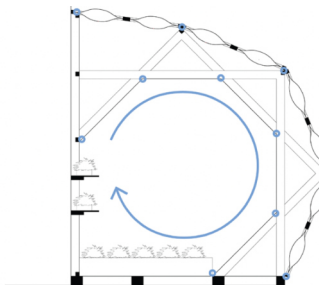
Le projet de la serre s'implante dans les entre-lieux de Montréal et s'inspire du mouvement des ruelles bleues/vertes pour capter l'eau. Un système de tuyauterie connecté au bâtiment adjacent fournit l'eau nécessaire à la croissance des végétaux. Ce système de récupération contribue à ralentir l'écoulement de l'eau dans les égouts de la ville et tempère le lieu en période de chaleur.



Lafrance, 2024

La délimitation des zones

Le concept du projet implique une grande modularité. Les fermes en bois se montent au 1200 mm qui est également la dimension des cadres-bulles. Alors, en ajoutant une ferme, il est simple de fixer 4 cadres supplémentaires à l'aide des charnières afin de fermer la serre. Ce montage permet une flexibilité d'usage selon l'espace disponible, le nombre de plants voulus ou la vie de ruelle souhaitée. Les voilages thermiques servent aussi de limites. Il est possible de placer des plants entre les cadres et la toile ou de déplacer une toile jusqu'au plancher de chanvre afin de fermer une zone ayant besoin de plus de lumière ou de chaleur par exemple.



Lafrance, 2024

La formes optimale / sobriété carbone

La structure relativement simple de deux fermes en bois carré superposées à 45 degrés permet aux cadres-bulles extérieurs de créer une forme arrondie en s'appuyant sur les sommets des fermes. La paroi courbée orientée plein sud et collée sur une façade en maçonnerie fournit l'énergie thermique et lumineuse à une serre construite en sobriété par l'utilisation de son milieu d'implantation.

Bibliographie

Beaulieu, G. (2023). Gaïa Écosystèmes. gaiaecosystems. <https://www.gaiaecosystems.ca/fr/>

Labrecque, A. (2017, 30 octobre). L'écodôme GED: Une serre écoénergétique. Québec Science. <https://www.quebecscience.qc.ca/inventions-de-lannee/inventions-2017/ecodome-ged-une-serre-ecoenergetique/>

Philibert, L. (2018, 28 septembre). Consultation publique sur l'avenir du Parc Jean-Drapeau. Office de consultation publique de Montréal (Deuxième partie, vol. 4). https://ocpm.qc.ca/sites/default/files/pdf/P94/7.5_ocpm_180928_parc_jean-drapeau_13h.pdf