



Une toiture biomimétique pour le Stade olympique de Montréal

Recherche et rédaction :
Moana Lebel, directrice-fondatrice
de l'Institut Biomimétisme Québec

Porteuse de l'idée, coordinatrice :
Karine Lanoie-Brien

Veillez noter que le contenu de ce document demeure la propriété de l'auteure, toute utilisation nécessite l'accord préalable de cette dernière.

Table des matières

1. Une approche novatrice au service du Parc olympique	P. 5
2. Qu'est-ce que le biomimétisme?	P. 9
3. La discipline en action	P. 19
A - Le projet Eden, Cornwall, Royaume-Uni	
B - Le Centre Eastgate, Harare, Zimbabwe	
4. Une solution d'avenir pour le toit du Stade olympique	P. 33
5. Des précédents d'intégration au sein d'organismes publics	P. 39
A - Ville de Nederland, Colorado, États-Unis	
B - Commission de recherche sur l'eau, Afrique du Sud	
C - Région administrative de Cuyahoga, Ohio, États-Unis	
D - Autorité de recherche et développement en énergie de l'État de New York (NYSERDA), États-Unis	
E - Ville de Vélizy-Villacoublay, France	
6. Le biomimétisme: une continuité aux normes de construction déjà existantes	P. 51
7. Un patrimoine pour les Québécois et son rayonnement dans le monde	P. 55
8. Une expertise régionale et un soutien international - Appuis et contacts	P. 61
Références et crédits	P. 65
Annexes	P. 68



Dispositifs ultralégers de dispersion des graines du salsifis (Tragopogon dubius)

1

Une approche novatrice au service du Parc olympique

On s'est longtemps demandé quelle était la part du hasard et de la nécessité dans l'évolution du monde. Un nouveau « joueur » s'est récemment invité dans cette réflexion philosophique: la science des systèmes vivants. Il s'agit de la recherche de cohérence, qui semble être un élément déterminant dans l'évolution de l'Univers. Alors quand madame Lise Bissonnette, présidente du Comité-conseil sur l'avenir du Parc olympique, propose de « **dessiner un futur où la cohérence a plus de place que le hasard** », elle s'inscrit parfaitement dans l'esprit du temps (*zeitgeist*) généré par les nouvelles connaissances scientifiques. Et quand elle propose de « susciter une pause dans l'agitation du monde » pour « voir le monde autrement », elle nous invite à innover.

Mais que signifierait « accorder plus de place à la cohérence qu'au hasard » dans le cadre d'une réflexion sur l'avenir du Parc olympique? C'est à cette question que se propose de répondre l'Institut Biomimétisme Québec (IBQ). **Le biomimétisme est cette discipline qui consiste à inviter les biologistes à la table à dessin des créateurs d'espaces ou de produits (architectes, ingénieurs, designers industriels, artistes) pour s'inspirer des fabuleuses technologies développées par le monde vivant tout au long de son**

histoire de 3,8 milliards d'années de recherche et de développement (R-D).

Au voisinage de l'Espace pour la vie, la cohérence ne consiste-t-elle pas à harmoniser nos créations avec le monde vivant, par la compréhension et l'émulation des processus naturels? Nous croyons que le Parc olympique peut non seulement offrir une vitrine sur la vie, au moyen des formidables musées qui s'y trouvent, mais également fonder toutes ses activités sur les « **principes de vie** »*, y compris la réfection du toit du Stade.

La biologie contemporaine nous a appris que les systèmes vivants sont composés de réseaux emboîtés dans des réseaux plus complexes, un peu à la manière des poupées russes. Jusqu'ici, la science s'est surtout concentrée sur la nature des éléments qui composent les réseaux vivants, mais pour assurer leur durabilité, nous devons aujourd'hui déplacer notre attention vers la façon dont les éléments sont interconnectés. Fidèle à l'esprit de son temps, l'architecte Roger Taillibert a conçu un monument à la performance individuelle, à l'optimisation de l'élément humain par la pratique du sport. Ceci étant dit, **dans un contexte où l'avenir de l'humanité dépend de la santé des écosystèmes et repose sur un développement durable, ne serait-il pas**

approprié d'élargir la vocation du Stade pour y inclure ce qui le relie à l'Espace pour la vie, et adopter une vision « à la fois bionique et symbiotique pour comprendre l'interaction de la nature, des sciences et des technologies en valorisant la rigueur méthodologique pour mieux comprendre trois milliards d'années d'évolution en biotechnologie », comme l'avait proposé Guy R. Morin, ancien vice-président au volet marketing de la RIO et responsable de la planification et du développement du Parc olympique?¹ C'est précisément ce à quoi peut contribuer le biomimétisme.

Note: Pour mieux comprendre le biomimétisme, rappelons-nous la première fois où nous avons entendu parler d'Internet et des changements qu'il allait opérer dans nos vies. Développé dans les années 60, devenu indispensable à la fin des années 90... Aujourd'hui, qui pourrait imaginer la suite du monde sans Internet? Il en va ainsi du biomimétisme.

¹ MORIN, Guy R., La cathédrale inachevée, Éditions XYZ, 1997, p. 232

* Des scientifiques, travaillant à découvrir comment fonctionne la nature, ont trouvé une récurrence (pattern) dans les principes communs que tous les organismes vivants utilisent pour s'adapter parfaitement à cette planète. Ces principes communs, appelés principes de vie, représentent les stratégies de la nature en termes de durabilité. L'utilisation des principes de vie pour diriger la conception d'un projet fournit la base nécessaire pour le changement de mentalité qui doit se produire pour mener les conceptions humaines vers la durabilité.



Les crochets de la fleur de la petite bardane (Arctium minus) a inspiré l'un des exemples d'imitation de la nature les plus populaires; le Velcro®

2

Qu'est-ce que
le biomimétisme?

« **Bio** » du grec *bios* = « **Vie** »
« **Mimétisme** » du grec *mimeisthai* = « **Imiter** »

Le biomimétisme consiste à imiter consciemment le génie de la nature.

Pourquoi imiter la nature?

Avec 3,8 milliards d'années de R-D à son actif, la nature a atteint une efficacité inégalée dans tous les domaines. Grâce aux perpétuels essais et erreurs qui se sont produits au cours de l'évolution, et surtout au perfectionnement qui est associé à son adaptation continue, elle a déjà trouvé les solutions aux problématiques auxquelles nous faisons face.

Le biomimétisme s'inspire des formes, processus et systèmes de la nature afin de créer, construire et s'organiser... de manière efficiente.

L'efficacité de la nature se traduit par une utilisation minimale de ressources pour accomplir le maximum de fonctions.

L'architecture et les designs de la nature ne gaspillent pas, ils ne prennent que les ressources nécessaires pour remplir la fonction désirée (par exemple, le design de la coquille du nautilus minimise les ressources utilisées en suivant la séquence de Fibonacci).

Voici quelques exemples concrets d'efficacité de la nature, appliqués à des technologies des domaines du traitement des eaux, du design du transport en commun et de la conception automobile. Dans le cas du toit du Stade il s'agirait, tout comme dans ces exemples, de trouver le bon organisme vivant à imiter, qui pourrait répondre aux besoins spécifiques et aux fonctions du toit.

A

Apprendre des vortex naturels et de la **séquence de Fibonacci** présente chez le nautilus : un mouvement des fluides minimisant la résistance



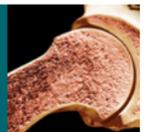
B

Apprendre du martin-pêcheur : un **aérodynamisme** transperçant



C

Apprendre des arbres et des os : comment **optimiser la solidité et l'utilisation des matériaux**



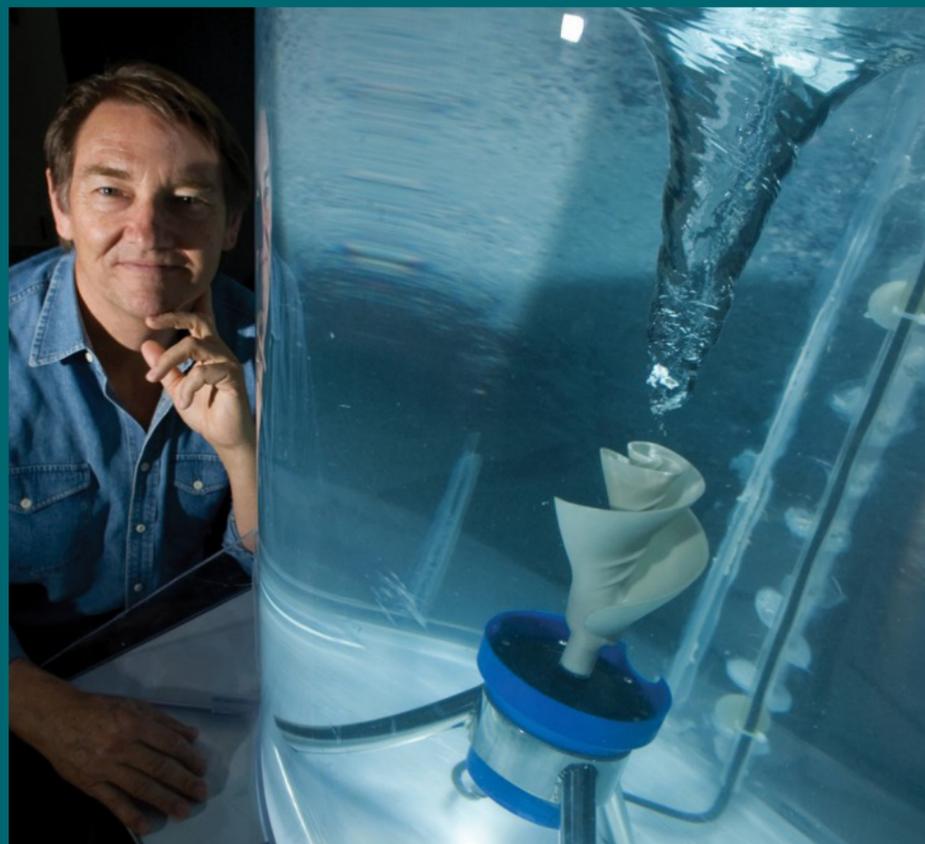
A

Apprendre des vortex naturels et de la **séquence de Fibonacci** présente chez le nautilus : un mouvement des fluides minimisant la résistance

En étudiant le design des coquillages en lien avec la séquence de Fibonacci et le mouvement des fluides, et en imitant les formes de la nature, la compagnie californienne PAX Scientific a pu réaliser plusieurs inventions qui permettent de réduire la turbulence et le frottement. Selon l'application, les designs permettent une réduction de consommation énergétique de 10 à 85 % par rapport aux rotors conventionnels, et produisent jusqu'à 75 % moins de bruit.



Coquille de nautilus



Jay Harman s'est inspiré de la structure de la fleur de lys calla et de la coquille du nautilus pour concevoir le Lily Impeller



Lily Impeller



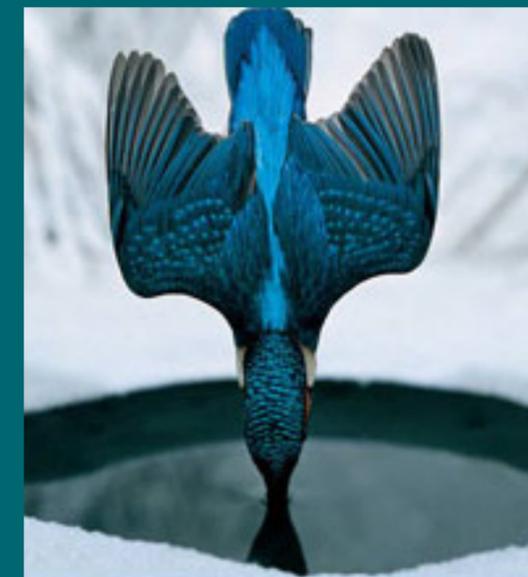
Fleur de lys calla

B

Apprendre du martin-pêcheur : un **aérodynamisme** transperçant

Un autre exemple d'efficacité dans la nature est illustré par le Train balle-de-fusil du Japon (ou Shinkansen). Ce train a été surnommé ainsi à cause du bruit infernal qu'il faisait en passant dans les tunnels. Cette caractéristique gênante a poussé ses concepteurs à chercher une solution.

Ils ont d'abord découvert que c'était le passage du train, d'une pression d'air à une autre, à la sortie des tunnels, qui provoquait le bruit de tonnerre. Ensuite, l'ingénieur en chef, un fervent observateur d'oiseaux, s'est demandé s'il y avait un exemple d'organisme vivant qui passait, d'une densité à une autre, rapidement, mais sans perturbation. C'est ainsi que l'imitation de la forme du bec du martin-pêcheur pour réaliser le design du devant du train a non seulement permis d'éliminer le bruit, mais d'augmenter la vitesse de 10 %, avec 15 % moins d'énergie. Cette efficacité du train a permis d'optimiser les ressources, notamment une réduction de la consommation de carburant.



Le bec du martin-pêcheur a inspiré la conception du devant d'un train à haute vitesse



Apprendre des arbres et des os : comment optimiser la solidité et l'utilisation des matériaux

Les arbres se construisent de plusieurs façons afin de maximiser leur solidité.

L'organisation des fibres de l'arbre permet de réduire la tension occasionnée par les forces structurelles telles que la gravité, le vent et les précipitations. Cette organisation ingénieuse de l'arbre a pour effet d'augmenter la résistance de la structure et d'éviter les cassures.

L'ajout de matériau, là où une plus grande force s'opère, est un autre moyen ingénieux de l'arbre pour maximiser sa solidité. Ainsi, de la même façon que nous utilisons des supports triangulaires à 90° lorsqu'on fixe nos tablettes au mur pour réduire la tension aux endroits critiques (là où les vis entrent dans le mur), les arbres ajoutent du matériel, une sorte de couche plus épaisse sous leurs branches, dans le but de solidifier leur structure.



L'ajout de matériel en un point précis sous une structure lui apporte une meilleure solidité



Les os, contrairement aux arbres, doivent transporter des charges en mouvement. Pour maximiser cette fonction, ils doivent réduire leur poids au maximum, tout en préservant une solidité optimale qui elle, permet d'éviter les ruptures. Ils font donc des économies de matériaux, selon la distribution de leurs charges dynamiques. La structure à l'intérieur des os est donc plus aérée/espacée qu'à l'intérieur d'un tronc d'arbre puisque la présence de matériel au centre de la structure n'offre pas un apport de force assez bénéfique par rapport à son poids.

La matière osseuse n'est donc utilisée que pour l'essentiel, et est répartie seulement là où c'est nécessaire. Cette stratégie d'organisation permet d'optimiser les fonctions de l'os : supporter la structure et assurer la mobilité, tout en répondant aux besoins de l'organisme vivant. À l'extrême, les oiseaux ont besoin d'une extraordinaire légèreté pour pouvoir voler, alors ils économisent encore davantage sur leur masse osseuse; leurs os sont creux et uniquement solidifiés par des cloisons en leur centre.



Os creux d'un oiseau

La nature nous enseigne donc que l'arrangement de la matière (le design) vise l'économie, tout en optimisant l'accomplissement des fonctions.

Certains ingénieurs ont imité ces mêmes stratégies d'optimisation de la résistance tout en réduisant l'utilisation de matériaux, dans des programmes informatisés de conception de formes optimales. Ainsi, le logiciel Soft Kill Option de Claus Mattek est tout simplement en train de révolutionner le design industriel. L'utilisation de ces programmes a, par exemple, donné lieu à la conception de nouvelles voitures qui sont tout aussi résistantes aux chocs que les voitures classiques, mais jusqu'à 30 % plus légères. Subséquemment, cette légèreté occasionne une réduction de consommation de carburant.



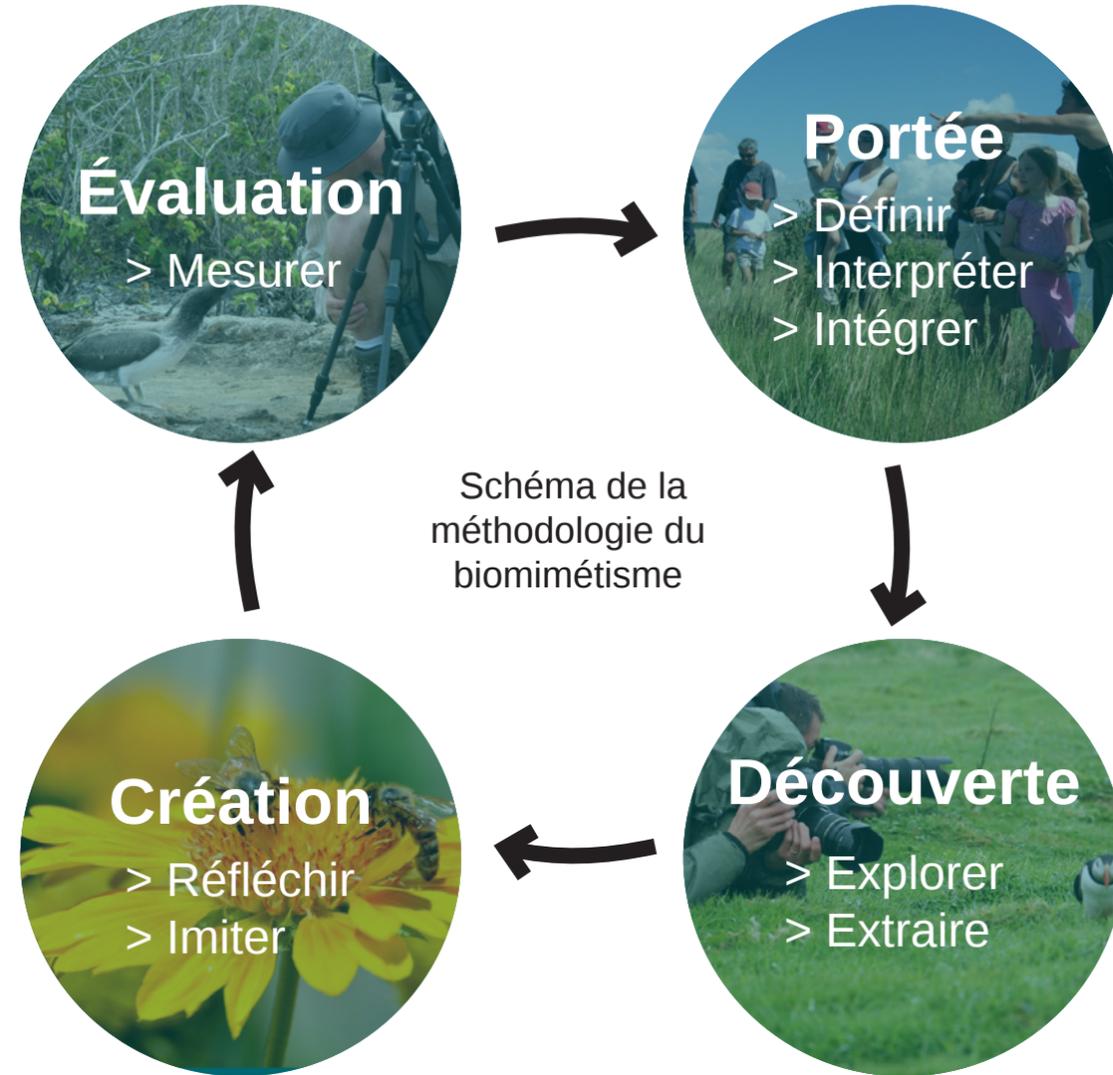
La forme et la structure du poisson-coffre a inspiré Mercedes-Benz pour la conception d'une automobile



Une méthodologie éprouvée

Le processus de design biomimétique représente la méthodologie d'action du biomimétisme. Il comporte quatre grandes étapes, soit **la portée, la découverte, la création et l'évaluation**. Cette méthodologie, utilisée depuis plus de 16 ans par la référence mondiale dans le domaine, Biomimicry 3.8, permet d'intégrer les concepts éprouvés de la nature dans les domaines d'intérêt.

Avant tout, le biomimétisme est une **discipline d'interdisciplinarité**, elle invite ainsi différents champs d'action à collaborer dans un même projet pour y décupler les résultats. De la sorte, pour un projet de toit biomimétique pour le Stade olympique, tous les corps de métiers conventionnels seraient invités à la table à dessin, à laquelle s'ajouteraient des biologistes, à toutes les étapes de réalisation du projet.



Le biomimétisme dans le monde

Le biomimétisme est en ascension partout dans le monde. Les inventions se multiplient dans tous les domaines : architecture, design, matériaux, énergie, transport, gestion, etc. Plusieurs architectes, ingénieurs, designers, PDG, et décideurs considèrent le biomimétisme comme LA méthode du futur pour développer de nouvelles technologies. Une étude du potentiel économique du biomimétisme sur l'économie américaine a été réalisée en 2010, au Fermanian Business & Economic Institute, à l'Université de Nazarene à San Diego, en Californie. L'économiste Lynn Reaser y affirme que **«le biomimétisme représenterait 1,0 trillion \$ US (1 000 milliards de \$ US) en produit intérieur brut (PIB) d'ici 2025 aux États-Unis»**.

Voir à l'Annexe 1 un résumé de cette étude, incluant un diagramme du potentiel de marché du biomimétisme dans différents secteurs industriels.

Plus d'une centaine d'entreprises ont fait appel au biomimétisme pour faire de l'innovation. Pour donner une idée de la portée du biomimétisme, voici une liste de clients anciens et actuels du Biomimicry 3.8, par secteur.

Secteur	Entreprise
Aérospatial	NASA
Agriculture et Alimentaire	The Land Institute General Mills
Architecture et Design	HoK Architects International Interior Designers Association
Développement durable, économie et environnement	The Natural Step
Éducation	University of Calgary University of Victoria
Énergie	Shell (Alberta)
Industriel	Interface Patagonia Nike Levi's General Electric Hallmark
Informatique	Hewlett-Packard
Ingénierie	Bioneers
Municipal	Ville de Seattle Whistler Federation of Canadian Municipalities
Pharmaceutique/cosmétique	Johnson & Johnson Procter & Gamble
Transport	Boeing



Structure alvéolaire de la paroi cellulaire de l'aloès hérissé (Aloe erinacea), plante turgescence endémique de Namibie

3

La discipline
en action

Voici deux exemples de réalisations architecturales reposant sur la méthode du biomimétisme.

Ces projets se sont inspirés de certaines structures microscopiques du plancton et des grains de pollen, et des systèmes de climatisation des nids de termites.

Comment le niveau de complexité de ces réalisations pourrait-il inspirer la réalisation du toit du Stade?



A

Le projet Eden, Cornwall, Royaume-Uni



B

Le Centre Eastgate, Harare, Zimbabwe

A

Le projet Eden, Cornwall, Royaume-Uni

Cette œuvre architecturale expose bien le potentiel du biomimétisme pour la conception et la construction d'une structure à la fois résistante et légère, dans un contexte mécanique particulier et complexe.

Les serres devaient prendre place sur le site d'une ancienne carrière d'argile toujours en fonction lors de l'élaboration du projet. Cette perturbation constante du substrat, causée par la nature du terrain, mettait au défi les concepteurs, qui devaient créer en tenant compte des éléments suivants :

- l'adaptabilité au substrat;
- la légèreté de la structure;
- la solidité de la construction;
- la minimisation des matériaux.

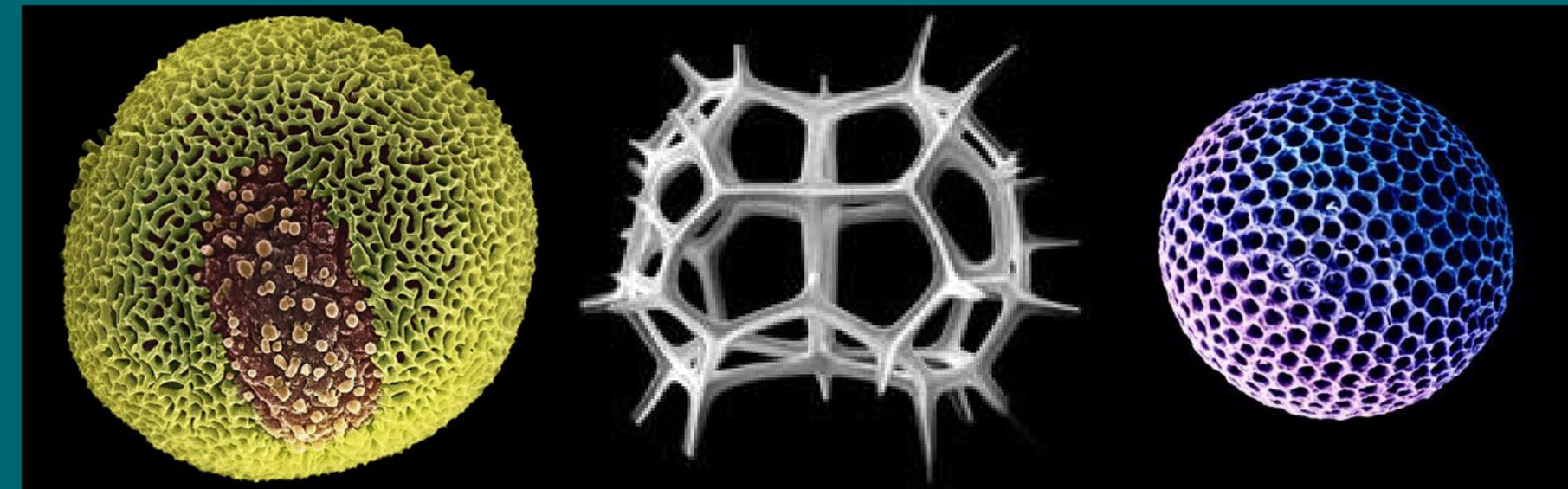
Les limites auxquelles la construction était confrontée ont permis de réaliser une structure incroyablement innovante quant au ratio solidité-légèreté.



Selon l'architecte Michael Pawlyn, un spécialiste du biomimétisme, « **la structure est plus légère que l'air qui se trouve à l'intérieur de la serre** ».



Apprendre du pollen et du plancton : comment **construire solide et léger à la fois**



Grain de pollen (à gauche) et radiolaires (au milieu et à droite) à géométrie sphérique

Le design de la structure des serres s'inspire de certains grains de pollen et de radiolaires (organismes microscopiques du plancton), qui doivent être le plus légers et résistants possible pour accomplir leurs fonctions.

L'étude de ces organismes par l'architecte Michael Pawlyn a permis de voir que les structures aux formes hexagonales représentaient un pattern naturel présent

chez plusieurs organismes vivants, tout comme la séquence de Fibonacci.

Chez les radiolaires, ce type de structure modulaire en hexagone est créé par la précipitation du carbonate de calcium, dans l'eau, aux intersections des compartiments. De plus, l'adaptabilité des radiolaires à leur environnement a permis d'inspirer l'adaptabilité du projet au terrain incertain

sur lequel il allait être construit, en termes de forme et de construction.

Dans la nature, toutes ces caractéristiques réunies permettent une protection efficace des organismes contre les éléments et les prédateurs. **La forme de ces organismes apporte une solidité maximale de la structure avec une utilisation minimale de matériel.**

La structure : les matériaux

L'infrastructure est composée de deux sections en forme de dômes, reliés par un passage plus étroit. Le plus grand dôme recouvre une superficie de 1,56 ha (3,9 acres), à 55 m (180 pi.) de hauteur, 100 m (328 pi.) de largeur et 200 m (656 pi.) de longueur. La plus petite section recouvre une superficie de 0,654 ha (1,6 acres), à 35 m (115 pi.) de hauteur, 65 m (213 pi.) de largeur et 135 m (443 pi.) de longueur.

La structure est formée d'acier tubulaire (hex-tri-hex) au revêtement extérieur en panneaux hexagonaux faits d'ETFE (éthylène tetrafluoroéthylène), un polymère de plastique hautement résistant à un grand gradient de température (-185 °C à 150 °C). Le poids de l'ETFE représente 1 % de celui du verre, transmet plus de lumière et coûte de 24 à 70 % moins cher à installer. Il peut supporter 400 fois son poids, est auto-lavant et recyclable.



Un attrait touristique prisé

Ouvert au public en 2001, le projet Eden a reçu 1,956 millions de visiteurs la première année. Il est maintenant classé parmi les trois attractions payantes les plus fréquentées au Royaume-Uni et arrive deuxième à l'extérieur de Londres.

Le coût

Le projet a coûté 86,5 millions £ (environ 145 millions en dollars canadiens). Grâce à la popularité engendrée par la nature et la vocation du projet, il a atteint sa rentabilité avec un retour sur investissement (RSI) en 18 mois. L'apport éducatif du projet a également permis à la fondation d'obtenir le label GiftAid, qui permet à l'organisation de récupérer les taxes auprès de l'État britannique.

La réalisation

Réalisation	Tim Smit
Client	Eden project Limited
Architecture	Nicholas Grimshaw Michael Pawlin (designer en chef)
Ingénierie (structure)	Anthony Hunt and Associates (maintenant faisant partie de Sinclair Knight Merz)
Ingénierie (environnement)	Arup Engineers
Gestion de projet	Davis Langdon
Construction	Sir Robert McAlpine et Alfred McAlpine Firme d'ingénierie Arup
Design et construction des biomes (habitats) que contiennent les dômes	MERO
Design du plan maître et du paysage	Land Use Consultants

B

Le Centre Eastgate, Harare, Zimbabwe

Le Centre Eastgate est un centre commercial dans lequel se trouvent des espaces de bureaux. La stratégie de conception vise à atteindre une meilleure rentabilité par une réduction de la consommation énergétique, en s'inspirant de l'efficacité de la nature.



Le choix des concepteurs s'est arrêté sur une solution durable, écologique et rentable.

Le système de climatisation du Centre Eastgate s'inspire du système de ventilation des termitières.

La conception ingénieuse du Centre Eastgate lui permet d'utiliser une fraction de l'énergie normalement dépensée par un bâtiment conventionnel de même taille.

Pour l'élaboration de la construction, les concepteurs faisaient face à plusieurs défis:

- Harare est une ville située à 18° de latitude Sud et à 1500 m d'altitude. Cette localisation lui confère un climat particulier avec une saison sèche de huit mois, où la température peut osciller entre 42° C le jour et 3° C la nuit.
- Une ventilation naturelle du bâtiment aurait nécessité l'ouverture des fenêtres, ce qui aurait entraîné des conséquences négatives associées au vent, à la poussière, au bruit, à la perte de chaleur en hiver et à des risques en matière de sécurité.
- Une ventilation exclusivement mécanique, nécessitant l'utilisation de l'énergie pour le chauffage et la climatisation, ainsi que des coûts d'entretien, aurait occasionné des coûts d'exploitation élevés.

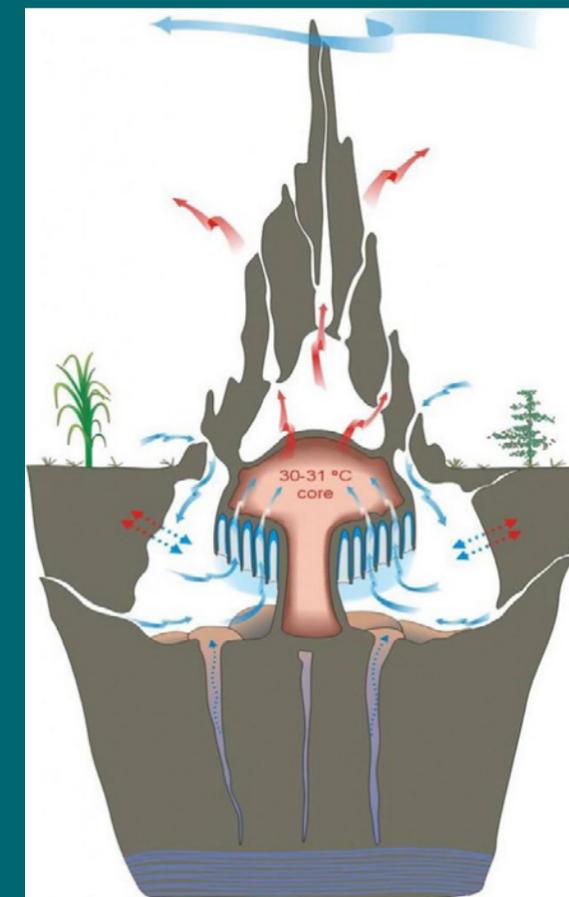
Apprendre des termites : comment réguler la température interne d'une structure, de manière passive

Une des conditions de survie des termites repose sur la culture d'un champignon spécifique duquel elles se nourrissent. Pour s'assurer du développement optimal de ce champignon, une température constante de 30-31°C est nécessaire à l'intérieur du nid, là où pousse le champignon. Or, les températures extérieures varient entre 42° C le jour et 3° C la nuit.

La termitière est construite de façon à ce qu'un microclimat intérieur approprié soit préservé grâce à un système de chambres, de conduits d'aération et de cheminées.

En d'autres termes, la termitière est construite selon un plan architectural bien précis.

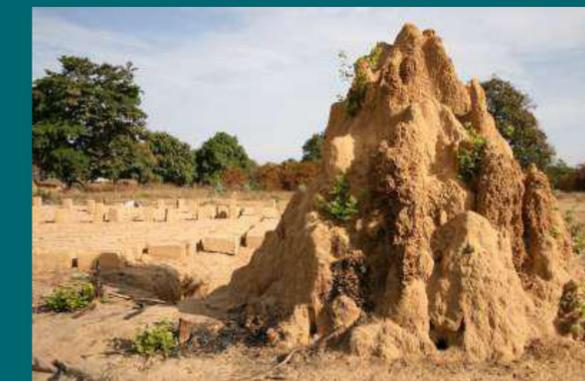
Au centre de la termitière se trouve la chambre royale, dans laquelle vivent le roi, la reine et leurs accompagnateurs. Autour de la chambre royale, on retrouve de nombreuses galeries. Les épais murs extérieurs du nid sont souvent perforés de petits trous de ventilation, trop petits pour que les termites puissent y passer. Les termites ouvrent ou ferment les tunnels de ventilation afin de créer un courant d'air jusqu'à obtenir la température souhaitée.



Pour maintenir la température dans leur nid à 30-31°C, les termites ont développé un système de ventilation ingénieux.

Les grands monticules des termites africains (*Macrotermes natalensis*) peuvent avoir deux différents systèmes de circulation d'air (ouvert ou fermé). Le système d'intérêt, celui ouvert, a des trous à la fois dans la partie supérieure et dans les murs du monticule inférieur, et il s'appuie également sur la vitesse du vent pour créer des différences de pression pour assurer la circulation de l'air frais au travers du nid.

La grande ouverture de la cheminée est exposée à des vents plus forts que ne le sont les ouvertures plus proches du sol. Un effet Venturi attire alors l'air frais dans le monticule à travers les ouvertures au niveau du sol, puis à travers le nid et, enfin, par la cheminée.



La structure et le système de ventilation

La solution de ventilation adoptée, sur laquelle s'est basée la conception globale du bâtiment, représente un compromis utilisant à la fois une ventilation naturelle et mécanique. Cela implique que l'air s'engouffre dans des puits d'aération qui font partie intégrante de la structure, permettant à l'air frais d'entrer dans le bâtiment à sa base et d'être évacué par des cheminées au niveau du toit. Le bâtiment est refroidi par l'air frais aspiré la nuit et est expulsé (par les ventilateurs mécaniques) à travers les bureaux pendant la journée.



Des ventilateurs de petites et grandes tailles attirent l'air frais par la mezzanine perchée à environ 10 m au-dessus du niveau du sol, où l'air est plus sain qu'au niveau du sol, où circulent de nombreux véhicules. L'air passe à travers les filtres d'un réseau de conduits en béton, puis est distribué pour répondre à l'apport variable en radiations solaires (par l'exposition au soleil) de chacun des quatre côtés de l'édifice. L'air frais passe à travers le plancher de béton perforé et est acheminé dans les bureaux par l'intermédiaire de grilles situées sur la paroi extérieure en dessous de chaque fenêtre, qui connectent avec l'étage inférieur. Le plancher en béton reste à une température relativement constante de 20°C et donc l'échange de chaleur refroidit l'air entrant en été et le réchauffe en hiver.

La nuit, de grands ventilateurs sont utilisés pour le pré-refroidissement et des ventilateurs plus petits servent à la climatisation en journée. La cadence d'utilisation de ces deux systèmes varie en fonction des saisons, afin de pouvoir profiter des changements de température extérieurs. En hiver, les ventilateurs ne sont pas utilisés pendant la nuit, car l'idée est de stocker l'air chaud recueilli au cours de la journée.

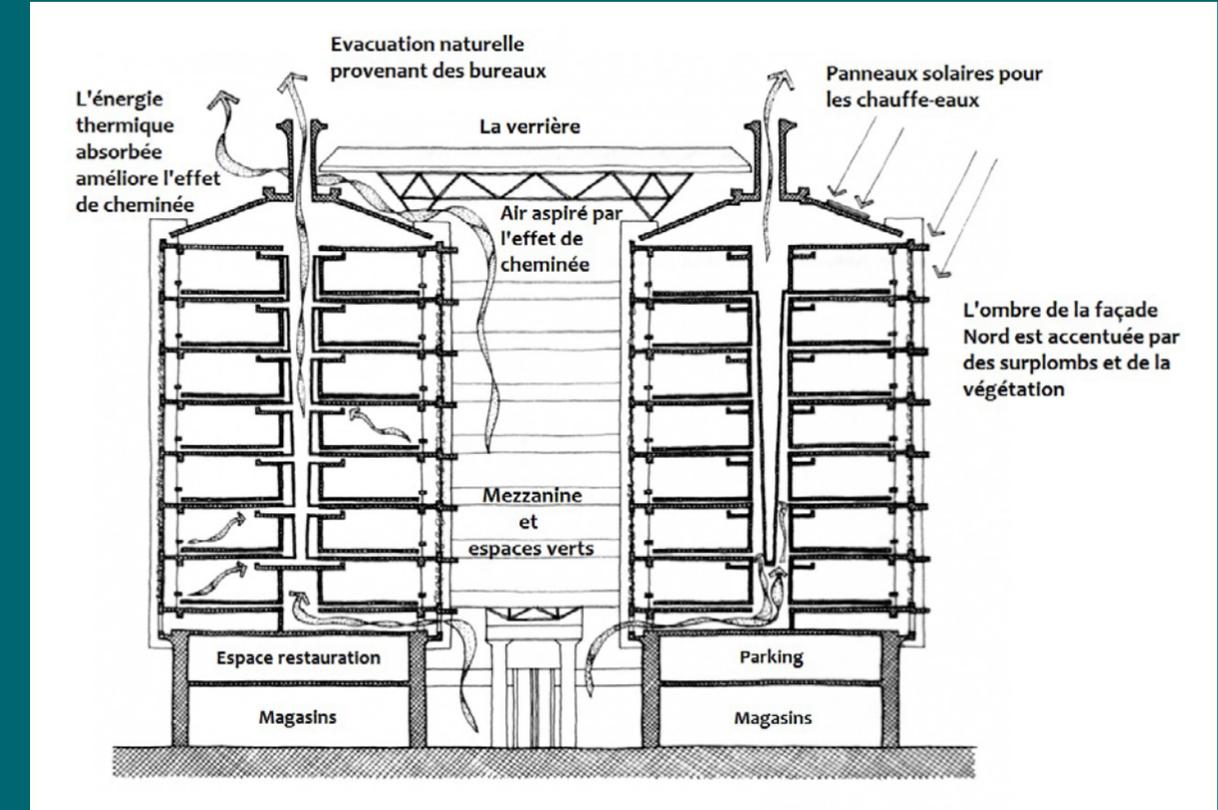


Schéma représentatif du système de thermorégulation du Centre Eastgate

La surface des cheminées sur le toit est réchauffée par le soleil, abaissant la pression de l'air à la sortie et attirant ainsi l'air des bureaux vers le haut à travers les puits d'aération verticaux, pour passer à travers les 48 cheminées que contient la bâtisse.

Les résultats

Pour le consommateur :

Le bâtiment offre une température stable pour les occupants. L'alimentation électrique à Harare peut être irrégulière. Lorsque d'autres bâtiments n'ont plus la possibilité de faire fonctionner leurs systèmes de climatisation, celui du Centre Eastgate continue de fonctionner à des niveaux de confort acceptables grâce à son système naturel d'aération.

Les données de performance thermique ont été recueillies sur une période de trois ans après sa mise en service en 1996. Le rez-de-chaussée est généralement plus froid que les bureaux puisqu'il stocke l'air froid recueilli pendant la nuit. En 1996, le bâtiment a offert des loyers moins élevés (de 20 % en moyenne) et des factures d'électricité moins élevées que celles des bâtiments de taille similaire.

Pour le client :

Les développeurs du projet s'intéressaient aux résultats en termes de capital, de fonctionnement et de maintenance.

- Coûts en capital :

Le fait de ne pas inclure de système de climatisation conventionnel dans la construction réduisait les coûts en capital de manière significative, généralement de 15 à 25 % du coût total pour les bâtiments classiques d'une taille similaire. Toutefois, le coût de la structure du sol de bureau a dépassé celui de la dalle classique d'un bâtiment climatisé, en raison de l'incorporation de la conception de refroidissement passif. Le coût de la ventilation du Centre Eastgate et du système de refroidissement passif s'élevait à environ 10 % de celui du système mécanique complet de climatisation pour un bâtiment similaire. Le coût de la construction (hors terrain) était de 30 millions \$ ou 595\$/m².

- Coûts d'exploitation :

La plus importante économie sur le plan des coûts d'exploitation est liée à la réduction des coûts d'énergie en raison de l'absence de climatisation conventionnelle. Une étude de comparaison des coûts a montré que le Centre Eastgate consomme 35 % moins d'énergie pour le chauffage, l'aération et la climatisation. La consommation d'énergie du Centre Eastgate, par unité de surface, est de 17 à 52 % moins élevée que celle de bâtiments semblables, à Harare.

- Maintenance :

Le Centre Eastgate est un immeuble à faible besoin en entretien. La plupart des pièces telles que les unités de béton préfabriquées formant les étages de bureaux n'ont généralement pas besoin d'entretien. La dépense principale est liée à l'entretien des ventilateurs mécaniques qui forment une partie du système de refroidissement passif.

Les reconnaissances

La réalisation du Centre Eastgate a valu à Mike Pearce un certain nombre de récompenses à travers le monde. En effet, un an après l'ouverture de l'édifice, en 1997, Mike Pearce a reçu, aux États-Unis, l'*ICSC Certificate of Merit, for Innovative Design and Construction of a New Centre*. Cette même année, il a reçu d'autres prix, au Zimbabwe cette fois-ci, comme l'*International Design and Development Awards Program of International Council of Shopping Centre*, le premier prix du *Fulton Award, Concrete Society of Southern Africa* et a été lauréat du *Steel Construction Award*. Dans les trois années qui suivirent, Mike Pearce a reçu les honneurs de l'*AAMSA Cladding Award*, certificat du mérite d'Afrique du Sud en 1998, une nomination au *Aga Khan Award* et à l'*Environment 2000*, prix d'excellence en 1999, au *British Steel Design Sense for Architecture*, et enfin la reconnaissance du *Prince Claus Award for Culture and Development* des Pays-Bas.

La réalisation

Réalisation	Mick Pearce
Client	Old Mutual Properties
Architecture	Mick Pearce Pearce Partnership
Ingénierie	Ove Arup and Partners



Les termitières sont construites selon des plans architecturaux bien précis



Les fibres de soie de l'araignée seraient dix (10) fois plus résistantes que le Kevlar®

4

Une solution
d'avenir pour le toit
du Stade olympique

Mais à quoi pourrait ressembler un stade au toit biomimétique?

Mais à quoi pourrait ressembler un stade au toit biomimétique? Peut-être aux structures des ailes d'une chauve-souris, à un coquillage à perle qui s'ouvre pour se nourrir, à une feuille de lotus géante qui permet l'écoulement de l'eau de pluie, ou quoi encore? Ce qui est certain, c'est que la solution sera adaptée aux besoins spécifiques du projet, puisque, pendant ses 3,8 milliards d'années de R-D, la nature a utilisé l'expertise locale pour concevoir des solutions efficaces adaptées à leur contexte.

La nature a déjà trouvé la solution pour construire des structures solides, durables, légères et rétractables.

Voici des exemples d'inspiration d'organismes efficaces :

A

Chauve-souris et toile d'araignée



B

Tortue et radiolaires



C

Arthropodes et tatou



Note : La section suivante comporte des exemples de scénarios biomimétiques possibles pour le Stade, mais comme les données nécessaires pour faire une analyse complète ne sont pas toutes disponibles, ils ne représentent en aucun cas de véritables propositions de solutions. En outre, le biomimétisme est un processus de création pluridisciplinaire, on ne peut donc pas présumer du résultat de ce travail collectif.

A

Chauve-souris et toile d'araignée

Les chauves-souris sont les seuls mammifères volants. Afin de réussir l'exploit de voler, sans avoir une ossature creuse comme les oiseaux ou un corps chitineux comme les insectes, elles ont développé un appareil locomoteur ultraléger et rétractable. En effet, elles se déplacent dans les airs grâce à une aile formée d'une membrane de peau (flexible) entre le corps, les membres et les doigts, supportée par des os très allongés aux membres supérieurs (de l'avant-bras jusqu'aux phalanges).



Les araignées tissent leurs toiles de manière bien spécifique et avec des soies différentes pour chaque section, dépendamment des fonctions à accomplir (ex: soutien, flexibilité, adhérence, etc.). Seuls quelques fils, disposés à des points d'ancrage précis, supportent toute la toile.

En imitant ces principes de design de la nature, il est possible d'imaginer pour le toit du stade (voir la Figure 1) une structure ultralégère, rétractable par section, supportée par le mât et par des câbles (mauve). La toile (partie bleue) se rétracte dans l'ossature du toit (parties grises) par section.

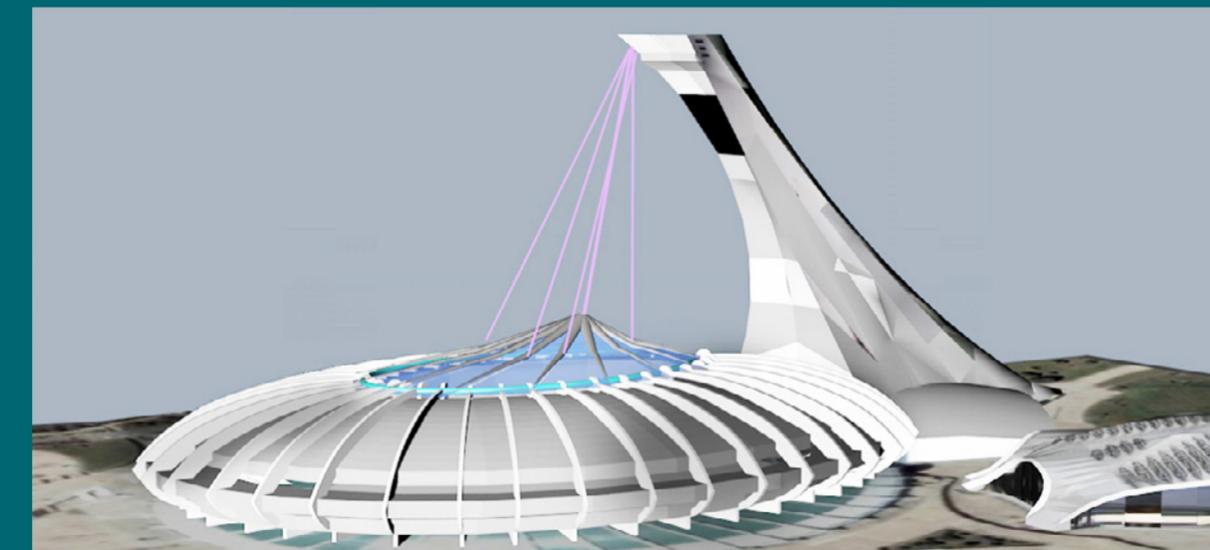
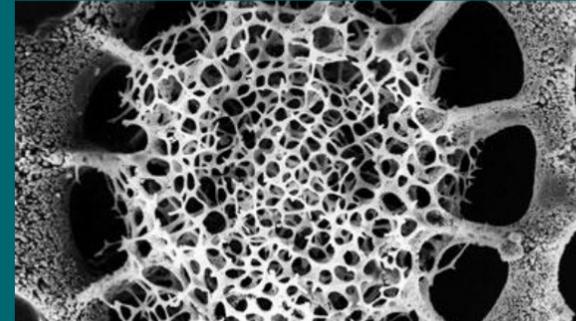


Figure 1. Design inspiré de la morphologie et de la rétractabilité des ailes de chauve-souris ainsi que de la stratégie de support des toiles d'araignée.

B Tortue et radiolaires

Les structures hexagonales et pentagonales représentent un pattern d'efficacité dans la nature et se retrouvent chez diverses espèces. Un autre exemple d'organismes utilisant ces structures est fourni par les abeilles avec les alvéoles de leurs ruches. Ce pattern assure l'utilisation d'un minimum de ressources (légèreté) pour permettre le maximum de solidité.



À partir de ce pattern de la nature, il est possible d'imaginer pour le toit du stade, une structure modulaire à segments hexagonaux qui peut être rigide (comme celle en ETFE du projet Eden ou autre matériau), gonflable, ou bien une combinaison des deux.

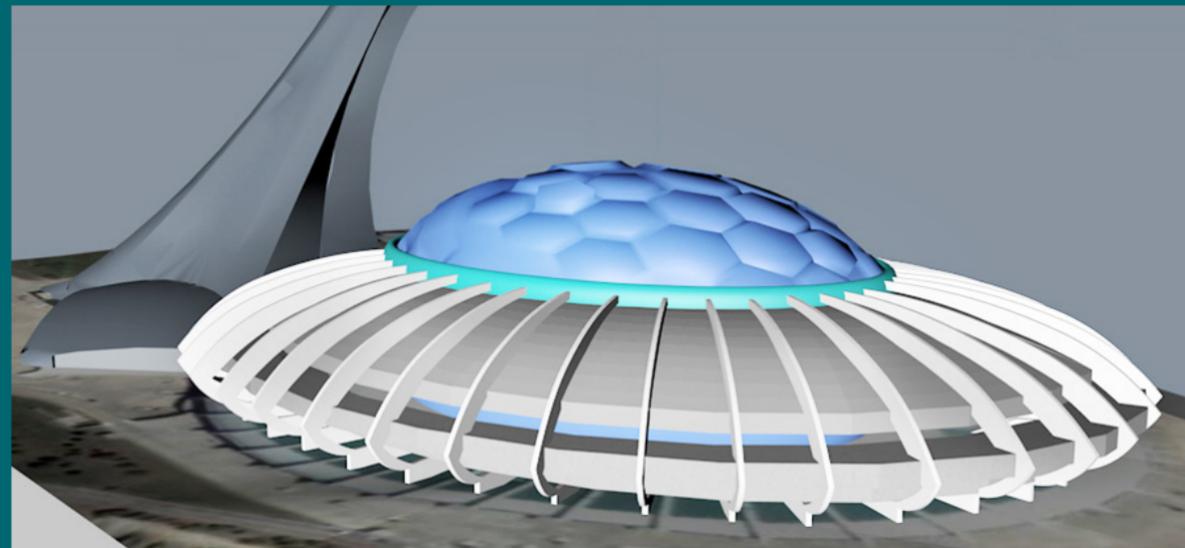


Figure 2. Design hexagonal inspiré de la carapace des tortues, de certains grains de pollen et des radiolaires.

C Arthropodes et tatou

Le homard et le tatou sont des animaux qui possèdent un exosquelette; leur ossature (rigidité) est à l'extérieur du corps, comme une coquille. De plus, ils subissent des mues successives de cet exosquelette; ils doivent reformer cette armure de chitine lorsqu'ils grandissent. Ainsi, leur couche extérieure n'étant pas flexible et devant être régénérée, la quantité de ressources doit être minimale et la solidité (protection) maximale pour se protéger contre les prédateurs. De plus, les segments dans leurs articulations doivent assurer un maximum de mouvement, puisque c'est leur seule façon de bouger. Cette morphologie permet donc une rétractabilité de grande amplitude, avec le moins de ressources possible et pour la plus grande rigidité.



Ces trois exemples de stratégies appliquées au toit du stade pourraient être quelques-unes des pistes à explorer parmi plusieurs autres. En ayant en main l'ensemble des données techniques du stade, il serait possible de fournir une analyse poussée des stratégies des organismes vivants qui accomplissent les fonctions répondant aux besoins techniques du stade.

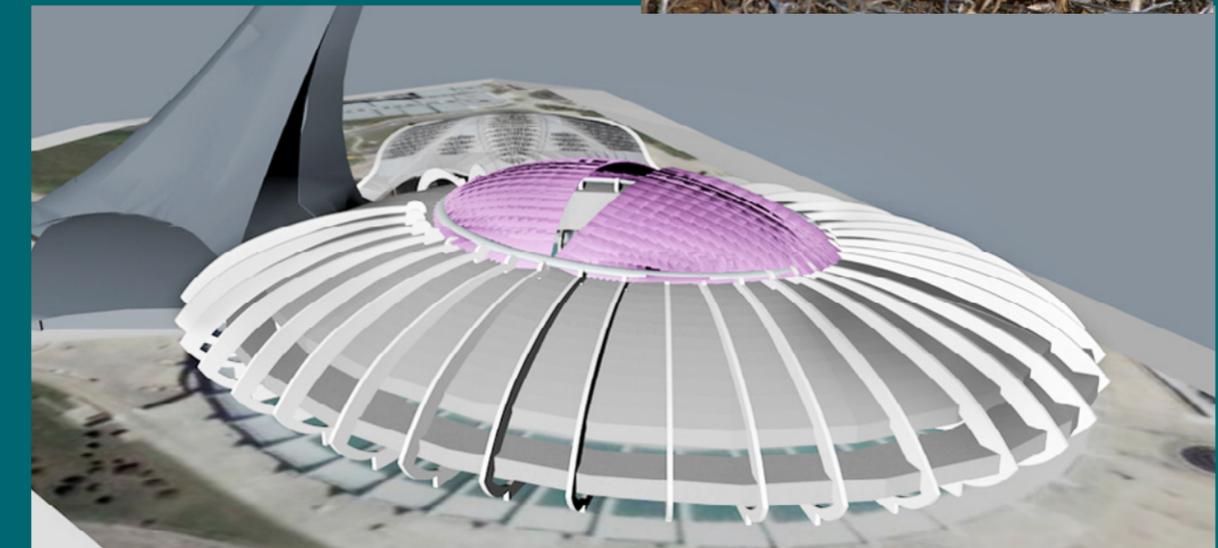


Figure 3. Design inspiré de la morphologie et de la capacité de mouvement segmentaire des crustacés comme le homard, et le tatou. Ce design de la nature suggère pour le toit du stade une structure en arc où plusieurs segments s'imbriquent en superposition.



Les plantes filtrent l'air de la ville en transformant le gaz carbonique (CO₂) en oxygène (O₂)

5

Des précédents
d'intégration au sein
d'organisations
publiques

Plusieurs organismes publics ont réalisé des appels d'offres afin d'intégrer des principes de biomimétisme dans leurs activités.

En voici cinq exemples :

- A** Ville de Nederland, Colorado, États-Unis 
- B** Commission de la recherche sur l'eau (WRC), Afrique du Sud 
- C** Région administrative de Cuyahoga, Ohio, États-Unis 
- D** Autorité de recherche et développement en énergie de l'État de New York (NYSERDA), États-Unis 
- E** Ville de Vélizy-Villacoublay, France 

A Ville de Nederland, État du Colorado, États-Unis

La ville de Nederland a utilisé le processus de conception biomimétique dans divers projets d'aménagement en se référant aux « principes de vie », ces lignes directrices (ou modes opératoires) de la nature, développés par les experts mondiaux en biomimétisme.

À propos

Nederland est une petite ville de 1337 habitants qui est située dans l'État du Colorado, aux États-Unis.

Gouvernance

Le Conseil d'administration comporte différents conseils et comités consultatifs dont les membres sont chargés de les informer sur des sujets d'intérêt et les aider à réaliser leurs objectifs.



Une ville commise au biomimétisme

La ville a publié un appel d'offres pour l'aider à identifier les paramètres de conception pour les projets d'amélioration de la voie piétonnière et de gestion des eaux pluviales. L'appel d'offres exigeait que l'entrepreneur sélectionné participe à une formation en biomimétisme, parrainée par l'Agence de protection de l'environnement (*Environment Protection Agency: EPA*) fédérale, et fasse l'embauche d'un biologiste qui l'aiderait à identifier les « principes de vie » à intégrer dans la conception du projet.



Voir l'appel d'offres à l'Annexe 2a (*Nederland Pedestrian Enhancement Design (NedPed) and Nederland Pedestrian and Storm Water Management Improvement Project, Sidewalks Phase II, Organization of Request*) et le rapport de projet à l'Annexe 2b (*Use of Nature-Based Principles as a Design and Evaluation Tool for a Stormwater Mitigation Project in Nederland, Colorado*).



Commission de recherche sur l'eau (*Water Research Commission : WRC*), Afrique du Sud

La WRC est un organisme d'intérêt public qui supporte le développement durable par le financement de la recherche, ainsi que la création et la diffusion de connaissances.

Le mandat de la WRC comprend les éléments suivants :

- la promotion de la coopération et de la communication dans le domaine de la recherche sur l'eau et son développement;
- la définition des besoins et des priorités en matière de recherche sur l'eau;
- la stimulation et le financement pour la recherche sur l'eau selon les priorités;
- la favorisation du transfert efficace d'information et de technologie;
- l'augmentation de la connaissance et le développement des capacités dans le secteur de l'eau.



À propos

La WRC a été créée à partir de la Loi sur la recherche sur l'eau (Loi n°34 de 1971), après une grave période de pénurie d'eau. Il a été considéré d'importance nationale de développer de nouvelles connaissances et de promouvoir la recherche sur l'eau dans le pays, du fait que l'eau est considérée comme une ressource limitée en Afrique du Sud au XXI^e siècle. En 1971, quand la WRC a été fondée, la recherche et le développement (R-D) sur l'eau en Afrique du Sud étaient limités à quelques établissements et le niveau de financement était insuffisant. Il n'y avait aucune coordination de recherches et une négligence apparente dans certains domaines de recherche clés. En outre, il y avait peu de sens stratégique ou de leadership qui permettaient l'identification des domaines prioritaires ou le transfert de technologie approprié. C'est pour remédier à cette situation que la WRC a été créée.

Aujourd'hui, l'Afrique du Sud est toujours sous la menace d'une insuffisance d'eau, alors que les questions de la qualité et de la disponibilité de l'eau deviennent plus aiguës. Cependant, le pays est bien mieux préparé pour faire face à ce problème grâce à la contribution

significative de la WRC dans le développement de compétences dans le secteur de l'eau, l'élargissement de la base de R-D centrée sur l'eau du pays, et son engagement à continuer de diriger et de financer la recherche sur ces questions essentielles.



Gouvernance

La WRC, sous la direction de son conseil d'administration, continue de gérer ses affaires stratégiques et opérationnelles dans un cadre de bonne gouvernance d'entreprise, en se conformant à la fois à la Loi sur la recherche sur l'eau et aux règlements du Trésor et du SEPP (*State Environment Protection Policy*).

Une organisation commise au biomimétisme

En 2010, la WRC a entrepris un programme de financement de projets de recherche en matière de gestion de l'eau par le biomimétisme. La première phase de ce programme, basée sur l'innovation, a pour but d'approfondir les connaissances des processus naturels pour développer de nouvelles approches dans la gestion des eaux usées dans les zones humides aménagées (ZHA). L'objectif : améliorer le design et la performance en utilisant le biomimétisme.

Dans les objectifs du programme, la WRC reconnaît que le processus de conception du biomimétisme démontre un potentiel marqué à engendrer des solutions innovantes, non seulement pour améliorer les zones humides aménagées (ZHA) futures, mais aussi pour le traitement des eaux usées en général.

Voir l'appel de proposition à l'Annexe 3 : *Terms of reference for a solicited WRC research project, Emerging treatment technologies Program, R 3,000,000.*



Région administrative de Cuyahoga, État de l'Ohio, États-Unis

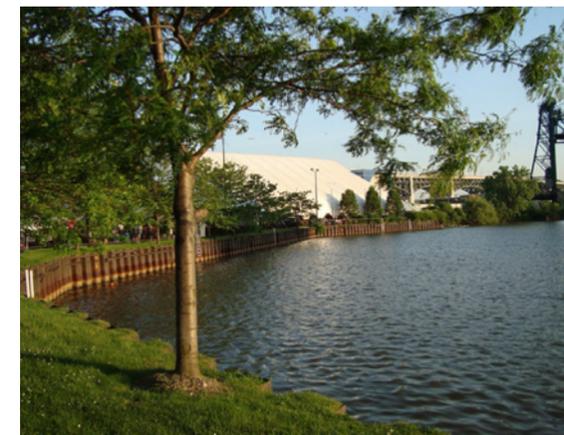
La région administrative de Cuyahoga s'est engagée, dans le cadre de la Commission régionale d'aménagement (CRA), dans un processus d'appels d'offres pour la conception de la phase III du projet de cloisons vertes pour la rivière Cuyahoga, en intégrant le processus de biomimétisme au centre de sa stratégie de conception.



À propos

La région administrative de Cuyahoga, située dans l'État de l'Ohio, compte près de 1 300 000 habitants. Englobant la grande ville de Cleveland, sa population peut se comparer à celle de la Ville de Montréal.

Les politiques de la CRA couvrent un spectre très large : le transport de l'eau, le contrôle de l'environnement, la promotion des ressources naturelles et leur conservation, la planification à long terme et le financement de projets d'immobilisations et d'équipements. La CRA est habilitée depuis plus d'un siècle à promouvoir des mesures administratives et réglementaires pour mettre en œuvre les plans d'aménagement de la région. La CRA peut s'engager dans la collecte et l'analyse de données économiques et sociales et peut coordonner la recherche avec d'autres agences gouvernementales, des établissements d'enseignement et des organismes privés.



Un département régional commis au biomimétisme

Suivant la CRA, le département de Cuyahoga a fait un appel d'offres afin de solliciter des propositions d'agences et d'organisations intéressées à fournir des services de consultation professionnels en biomimétisme qui comprenaient le développement et la conduite de recherche appliquée, ainsi que la direction de l'équipe de conception, dans un processus de conception biomimétique. Les résultats consistaient à développer des paramètres et des critères de conception pour la prochaine génération de cloisons vertes, (habitats de restauration pour les larves de poisson) pour le comté de Cuyahoga. Cet appel d'offres de 300 000 \$ US portait sur un projet en trois phases associé à un budget de 1 600 000 \$ US.

Voir l'appel d'offres à l'Annexe 4 : *Cuyahoga County Request for Proposal, Green Bulkhead Phase III Design.*



Autorité de recherche et développement en énergie de l'État de New York (New York State Energy Research and Development Authority : NYSERDA), États-Unis

À propos

La NYSERDA est une organisation d'intérêt public ayant été créée en 1975 conformément à la Loi sur les autorités publiques d'État (*State Public Authorities Law*) par la reconstitution de l'Autorité de développement atomique et spatial de l'État de New York (*New York State Atomic and Space Development Authority*). Les premiers efforts de la NYSERDA se concentraient uniquement sur la recherche et le développement dans le but de réduire la consommation de pétrole de l'État. Aujourd'hui, l'objectif de la NYSERDA est d'aider l'État de New York à atteindre ses objectifs en termes d'efficacité énergétique : réduire la consommation énergétique, promouvoir l'utilisation de sources d'énergie renouvelables et protéger l'environnement.

Sa mission consiste à accompagner les entreprises dans le développement de technologies œuvrant en efficacité énergétique, et ce, de l'étape de conception jusqu'à celle de commercialisation. Les programmes de recherche et développement de la NYSERDA contribuent ainsi à l'évolution de l'État de New York vers une « économie de l'innovation », où les entreprises sont soutenues dans le processus menant à l'apport de technologies innovantes sur le marché.



Gouvernance

La NYSERDA est régie par un conseil d'administration composé de 13 membres, dont le commissaire du ministère des Transports, le commissaire du département de la Conservation de l'environnement, le président de la Commission de la fonction publique et le président de l'Office de l'électricité de l'État de New York, qui sont nommés d'office. Les neuf autres membres sont nommés par le gouverneur de l'État de New York après obtention de l'avis et du consentement du Sénat et comptent, si la loi l'exige, un ingénieur ou un chercheur, un économiste, un écologiste, un défenseur des consommateurs, un officier d'une organisation gazière, un dirigeant d'un service public d'électricité, et trois membres extraordinaires.

Une organisation commise au biomimétisme

La NYSERDA considère le biomimétisme comme une technique qui permet d'adapter et d'intégrer les stratégies de design de la nature dans la conception de produits nouveaux et améliorés.

Selon la NYSERDA, le biomimétisme peut être en mesure d'aider les entrepreneurs à instaurer, de la conception à la commercialisation d'un produit, des pratiques meilleures, plus rapides et moins coûteuses. Pour cette raison, la NYSERDA s'est engagée à populariser le biomimétisme auprès des entreprises basées dans l'État de New York. En 2010, la NYSERDA a lancé un appel d'offres pour choisir un prestataire de services conseil en biomimétisme. Celui-ci devait sensibiliser les acteurs commerciaux de l'ensemble du territoire de New York aux bénéfices de cette méthode comme moteur de développement économique. La firme devait réaliser cette mission en contribuant, du point de vue technique, à la réalisation de diverses activités. Le but de l'opération étant de faciliter le développement de nouvelles technologies par les industriels.

Voir l'appel d'offres à l'Annexe 5 : *Technical Assistance Contractor for Biomimicry, Request for Proposals (RFP) 1775, \$600,000 available.*



Ville de Vélizy-Villacoublay, France

La ville de Vélizy-Villacoublay s'est engagée à créer une économie et un urbanisme basés sur le développement durable et aspire à devenir un chef de file en la matière. Son moyen pour y arriver : intégrer les méthodes de biomimétisme dans ses actions.



À propos

Vélizy-Villacoublay est une ville de plus de 20 000 habitants, axée sur l'économie prospère; elle regroupe 5 % de la recherche et du développement privés en France et compte plus de 2 000 entreprises.

La ville accueille un pôle d'affaires d'envergure: l'Inovel Parc. Ce pôle d'innovation représente une des plus fortes concentrations d'entreprises dans l'ouest parisien. Il compte 1 000 entreprises employant plus de 45 000 salariés, répartis dans des activités économiques diversifiées, notamment dans les filières technologiques comme l'informatique, les télécommunications, l'automobile et l'aéronautique.



Une ville commise au biomimétisme

La ville de Vélizy-Villacoublay tend, à travers ses recherches, à faire du biomimétisme un **sujet majeur de sa stratégie de développement urbain**. Elle a créé un événement intitulé « Ville biomimétique – Ville de demain » qui présente des réalisations sur des sujets aussi divers que l'urbanisme, l'architecture, les transports, le numérique, mais aussi l'économie circulaire ou encore l'agriculture urbaine... Son objectif est d'ouvrir ces sujets au grand public et de susciter le débat entre experts. Sa démarche « écomimétique » se veut « holistique ». Ainsi, tout étant en lien avec tout, elle tente d'appréhender la ville dans sa globalité et sa complexité.

Enfin, elle a créé un groupe de travail interne afin d'élaborer un cahier des charges d'une ville biomimétique (ou écomimétique), une ville qui s'inspire des grandes lois du vivant. Ce cahier des charges doit pouvoir s'appliquer à la ville dans les années qui viennent, espère Guillaume Pocheron, chargé de mission développement durable, à la ville de Vélizy-Villacoublay.

De ce fait, les avancées de la ville de Vélizy-Villacoublay seront à suivre de près dans le futur, puisque l'intégration des principes du biomimétisme à sa vision du développement, et donc à ses appels d'offres, fera en sorte que toutes les rénovations et constructions de nouveaux bâtiments comporteront inmanquablement des critères de biomimétisme.

VILLE BIOMIMÉTIQUE VILLE DE DEMAIN





6

Le biomimétisme:
une continuité aux
normes de construction
déjà existantes

Le biomimétisme : une continuité aux normes déjà existantes

Les organismes publics se soucient de l'efficacité des infrastructures qu'ils bâtissent, dans le but d'atteindre des performances optimisées. Les bâtiments institutionnels font l'objet d'appels d'offres qui intègrent de plus en plus de critères de durabilité, qui assurent une meilleure efficacité énergétique, et surtout, une utilisation efficace des ressources. De cette manière, il est fréquent de voir des établissements publics intégrer des normes leur permettant d'aller chercher des certifications LEED et des attestations de LIVING BUILDING CHALLENGE, pour ne nommer que celles-ci.

Existant depuis 1998, LEED, qui signifie *Leadership in Energy and Environmental Design*, est un programme nord-américain de certification par un tiers ainsi qu'une norme de comparaison acceptée à l'échelle internationale pour la conception, la construction et l'exploitation de bâtiments écologiques à haut rendement. LEED encourage une approche holistique de la

durabilité en reconnaissant le rendement dans cinq secteurs clés de la santé humaine et environnementale : l'aménagement écologique des sites, la gestion efficace de l'eau, l'efficacité énergétique, le choix des matériaux et la qualité des environnements intérieurs. Avec quatre niveaux de certification possibles (Certifié, Argent, Or et Platine), LEED est suffisamment souple pour s'adapter à une vaste gamme de stratégies adaptées aux contraintes et aux objectifs des projets de bâtiments écologiques. Voir à l'Annexe 6 un exemple de bâtiment public adoptant ce guide d'action : *525 Golden Gate, New Headquarters - San Francisco Public Utilities Commission*.

Le LIVING BUILDING CHALLENGE est un programme international de certification de bâtiments durables créé en 2006 par l'*International Living Future Institute*, un organisme sans but lucratif. Ce programme de certification promeut la mesure la plus avancée de la durabilité dans l'environnement bâti.

Il peut être appliqué au développement à toutes les échelles, des nouvelles constructions à la rénovation de bâtiment, jusqu'aux infrastructures, aux paysages et aux quartiers. Les normes (des cahiers de charge) que doivent respecter les ouvrages certifiés LIVING BUILDING CHALLENGE sont encore plus rigoureuses que les systèmes de certification verts tels que LEED ou BREEAM (Royaume-Uni). Voir à l'Annexe 7 une liste des projets réalisés et en cours, dirigés par divers organismes publics, qui suivent ce guide d'action, et ce, partout dans le monde.

D'ailleurs, le projet de construction du nouvel **Insectarium de Montréal** vise ces deux certifications. Nous n'avons pu joindre un exemplaire de l'appel d'offres puisqu'il n'a pas encore été rédigé.



Le mode de fonctionnement de la nature est un exemple incomparable de durabilité et d'efficacité. Les critères qui découlent de cette approche sans égal qu'est le biomimétisme suivent cette suite logique de programme de certification.

L'éveil à une meilleure efficacité, au respect de critères toujours plus élevés en matière d'environnement et de durabilité, s'est incarné dans les certifications LEED et autres. Le BIOMIMÉTISME, c'est la continuité de tels guides d'action en matière d'environnement bâti.

Nous voyons que de plus en plus de villes, institutions, et organisations privées visent le summum en matière d'efficacité, de gestion des ressources et de durabilité... Ce sont les précurseurs, et bientôt ce sera généralisé, nous en sommes convaincus, comme l'est devenu aujourd'hui l'outil indispensable qu'est Internet.



Une œuvre exceptionnelle qui mérite d'être rénovée avec les meilleures idées de notre époque

7

Un patrimoine pour
les Québécois et
son rayonnement
dans le monde

Le Stade olympique de Montréal est un emblème au niveau international, de la ville, de la province et voire même du pays. Il va sans dire que la solution choisie pour la réfection de son toit aura un impact majeur sur l'économie, la culture et l'environnement, et ce, à plusieurs niveaux.

En choisissant une solution d'innovation par le biomimétisme, le stade deviendrait :

Une vitrine de chef de file en innovation et technologie verte

Le Québec, comme la Californie, adopte tranquillement des valeurs environnementales; il est d'ailleurs fier de les défendre sur la scène internationale. Le Québec est aussi porteur d'innovation; la créativité prend beaucoup de place dans la culture et dans la conception de projets. Si le stade pouvait afficher ces valeurs concernant l'environnement et l'innovation, cela aurait une influence extrêmement positive sur l'économie et le développement de technologies vertes. L'« ouverture d'esprit » sur un futur prometteur et porteur de changement, dont le stade serait l'emblème, permettrait au Québec de retrouver sa vigueur et sa fierté économique.

Un statut de chef de file en développement durable et en biomimétisme dans la francophonie

Si le biomimétisme se développe actuellement partout dans le monde, au Québec, il n'en est qu'à ses balbutiements. Le fait de réaliser le projet du stade olympique permettrait au Québec de se positionner comme chef de file du biomimétisme au sein de la francophonie, qui n'a pas montré de grandes réalisations dans ce domaine jusqu'à maintenant.

Un symbole et une place communautaire mieux appréciés

L'intérêt suscité par les réalisations en biomimétisme est très grand, autant de la part du public que de la communauté scientifique, comme on a pu le constater avec plusieurs projets comme le projet Eden, au Royaume-Uni.

Ce type de réalisation a beaucoup de magnétisme. Les gens s'y intéressent et s'y identifient beaucoup, ce qui permettrait au stade de regagner le cœur des citoyens en suscitant un sentiment d'appartenance et une certaine fierté. Les gens voudront savoir comment le projet a été réalisé et se feront une joie de l'expliquer à leur tour.

Une concordance avec le site

L'Espace pour la vie ayant comme mission de promouvoir l'éducation et la valorisation de la nature, puis le centre sportif servant à encourager la performance et la santé, le fait d'intégrer les principes du biomimétisme au processus de construction du toit serait cohérent avec la vocation du site. Celui-ci pourra alors être vu comme un système où les différents acteurs collaborent dans une vision commune.

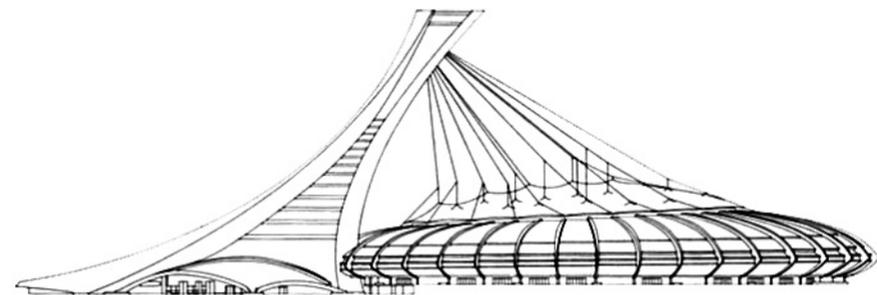


En somme, un toit biomimétique permettrait à notre édifice emblématique d'assumer pleinement son rôle dans le réseau qu'il constitue avec les musées de la nature. Par ailleurs, la création collective et pluridisciplinaire que suppose le biomimétisme favoriserait l'émergence d'une solution innovatrice grâce à la mise en commun de connaissances diverses, relevant aussi bien de la biologie que de l'architecture, de l'ingénierie, du design et des arts.

Nous avons vu que les systèmes vivants sont des réseaux emboîtés dans des réseaux plus complexes. Ainsi, en s'inscrivant dans le système plus large du pôle Maisonneuve, le Parc olympique peut devenir la vitrine

québécoise du développement durable en participant à la vie sociale (infrastructures, santé publique, éducation scientifique, sports, etc.), culturelle (arts de la scène, arts plastiques, musique, etc.) et économique (restaurants, boutiques, marchés, etc.) de la communauté, tout en respectant et en illustrant les « principes de vie » dans sa structure même et dans son fonctionnement.

Enfin, le stade appartient à tous les québécois; il pourrait donc participer à leur rayonnement dans le monde en devenant le creuset francophone du biomimétisme, cette discipline d'avenir qui se développe de façon fulgurante dans les pays anglo-saxons.



Et pourquoi ne pas convaincre son concepteur, l'architecte Roger Taillibert, de conjurer le mauvais sort réservé à son chef-d'œuvre en participant à la transformation du stade, dont il a qualifié la construction de « naissance de la *collusion* », en un monument dédié à la *coopération* et au génie créatif de la vie? En décembre 2011, il ironisait « Et pourquoi pas une nouvelle idée? »⁶. Mais oui, monsieur Taillibert, pourquoi pas une nouvelle idée, inspirée de la nature? N'est-ce pas là le propre des esprits créatifs? Et n'est-ce pas là que vous puisez vous-même votre inspiration?

« Je cherche à faire une architecture apaisante qui donne envie d'aller plus loin, c'est pour cela que je pioche mes formes dans la nature, des simples coquillages aux formes d'animaux, pour en extraire les courbes. La nature est une réserve infinie de formes dont les proportions m'intéressent. »⁷

Ce que nous proposons, c'est de poursuivre et d'approfondir le trait de crayon de monsieur Taillibert, déjà inspiré par les formes de la nature, jusqu'à l'essence même de son fonctionnement. Dessiner un toit qui imiterait le fonctionnement ou le mécanisme d'un organisme vivant, soutenu par 3,8 milliards d'années de recherche et développement; mammifères, insectes, poissons, végétaux, grains de pollen... Quels organismes vivants détiennent les solutions aux défis que comporte la continuité de ce chef-d'œuvre ?

⁶Le Devoir, 19 décembre 2011: Point chaud – Collusion : « rien n'a changé », dit Taillibert, sous la plume de Kathleen Lévesque.

⁷Entrée principale : entretien de Philippe Ungar avec Roger Taillibert, architecte, Paris, Dilecta, « Le feu sous la cendre », 2010.



8

Une expertise
régionale et un
soutien international



L'Institut Biomimétisme Québec offre les services suivants :

Recherche et développement (R-D):

- Conseil et accompagnement dans le développement de produits, procédés et systèmes innovants.
- Recherche de solutions basées sur des adaptations biologiques applicables.
- Travail avec les équipes de R-D, designers, ingénieurs, architectes, chimistes, gestionnaires, etc.

Développement durable:

- Analyse et élaboration de politiques et plans d'action en suivant les plus hauts standards de durabilité et de rentabilité existants.
- Aide à la réalisation et à l'implantation de projets.

Conférences et ateliers de formation:

Conférences et formations spécialisées ou de sensibilisation adaptées aux besoins du public.

Éducation:

Création d'outils éducatifs pour des expositions muséales, parcours scientifiques et salles de cours.

Nous savons à quel point l'expertise locale est importante pour les Québécois. C'est pourquoi nous vous proposons de travailler avec une firme locale d'expertise-conseil en biomimétisme.

L'Institut Biomimétisme Québec est la seule organisation de conseil au Québec à utiliser une connaissance approfondie des adaptations biologiques pour aider les organisations à mettre en œuvre des pratiques à la fois innovantes et durables.

Nous savons également qu'il est primordial d'avoir l'équipe la plus expérimentée possible afin de mener à bien ce projet d'envergure qu'est la toiture du stade. C'est pourquoi nous pouvons compter sur le soutien international du Biomimicry 3.8, référence mondiale dans le domaine, et d'autres experts en réalisation de tels projets pour la conception et la réalisation de l'intervention. L'Institut Biomimétisme Québec, certifié et reconnu par le Biomimicry 3.8, travaille en étroite collaboration dans ses mandats.

Notre proposition

Nous vous proposons de vous aider à concevoir un cahier de charges pour accompagner un appel d'offres qui permettra d'assurer efficacité, rentabilité et durabilité à votre projet.

L'accompagnement comprend les tâches suivantes :

- Définir les besoins du projet en termes de biomimétisme;
- Élaborer le cahier des charges pour intégrer les critères d'efficacité, de rentabilité et de durabilité aux appels d'offres;
- Réaliser les projets conjointement avec des firmes d'architectes, d'ingénierie, de designers, de construction, etc.;
- Former et accompagner les membres de l'équipe des firmes impliquées.

Du soutien à la démarche

Nous recevons l'appui de divers organismes et personnes pour cette proposition d'intégrer le biomimétisme comme processus de conception du toit du Stade olympique:

- Biomimicry 3.8 (Annexe 8)
- Roger Taillibert (Annexe 9)
- Arup Engineers (Annexe 10)
- Michael Pawlyn et Exploration Architecture (Annexe 11)
- Terrapin Bright Green (Annexe 12)
- Zouber Azouz et ZAA (Annexe 13)
- Ivanka Iordanova (Annexe 14)

Contacts:

Karine Lanoie-Brien

Porteuse de l'idée, coordinatrice

Téléphone : 514-802-8110

Moana Lebel | B. Sc, M. Adm, Sp. Biomimétisme

Directrice-fondatrice, spécialiste en biomimétisme

Institut Biomimétisme Québec

Courriel : moana.lebel@biomimicryqi.org

Téléphone : 514-360-6151 poste 101

1818A rue de la Visitation, Montréal, H2L 3C4

www.biomimicryqi.org



Références et crédits

Afin de maximiser leur apport en énergie solaire, les plantes disposent leurs feuilles selon la séquence de Fibonacci

Document élaboré avec la collaboration de:

Andrée Mathieu, physicienne et professeure à l'Université de Sherbrooke

Steven Torrelli, Institut Biomimétisme Québec

Zoubeir Azouz, architecte

Ivanka Iordanova, architecte

Melina Angel, biologiste

Jamie Dwyer, Biomimicry 3.8 Institute

Révision et graphisme

Mathilde Allard, correctrice

Mélanie Crespin, graphiste

Références bibliographiques

Notes

Biomimicry 3.8 : http://biomimicry.net/
PAX Scientific : http://www.paxscientific.com/
Étude d'impact économique, Université de Nazarene en Californie, États-Unis : http://www.sandiego-zoo.org/images/uploads/BiomimicryEconomicImpactStudy.pdf
Architecte Nicholas Grimshaw : http://grimshaw-architects.com/
Architecte Michael Pawlyn : http://www.exploration-architecture.com/section.php?xSec=15
AskNature.org
Seawater Greenhouse : http://www.seawatergreenhouse.com/projects.html
Éoliennes Whalepower : http://www.whalepower.com/drupal/
Arup (May 1996). Press release. « Eastgate: The biggest “green” building in Zimbabwe ! ». D. Attenborough, (1990), “The Trials of Life: Reader’s Digest augmented and enlarged edition” Reader’s Digest Association, Inc., ISBN 276 42034 9? Page 196-197.
Eastgate (undated article). “A Speculative office building and shopping centre without air conditioning in an African city. Building feature”.
Fred Smith (1997). “Eastgate, Harare, Zimbabwe”. Article in The Arup Journal Vol 32 N°1.1/97. Ove Arup Partnership, London.
J Scott Turner and Rupert C Soar (2008). “Beyond biomimicry: What termites can tell us about realizing the living building. First International Conference on Industrialized, Intelligent Construction”. (I3CON) Loughborough University, 14-16 May, 2008
John Goodchilds (1998). “One out of the diplomatic bag. John Goodchilds reports on Zimbabwe buildings which could teach New Zealand a lesson”.
Marais E (1936). ‘The soul of the White Ant’.
Marian Giesen (1997/8). “Eastgate office and shopping complexe, Harare, Zimbabwe.”
Maxwell MacMillan International (1992). “The way Nature Works”, copyright Mitchell Beazley International Ltd. 1992, ISBN 0-02-862281-2, page 238-239.
MickPearce (undated). A statement on the architecture of Eastgate.
Ove Arup Partnership (1998). “Eastgate office passive cooling scheme. Fact Sheet N° 1. October 1998”.
Ove Arup Partnership, London.
Peter Farb (1962). “Life Nature Library: The Insects”,. published by Time Life. Page 86.
Pearce Partnership (1997). “Mixed Development” Harare, Zimbabwe.
Reader’s Digest Association (1994). “Exploring the Secrets of Nature: the amazing world of animals and plants”, Reader’s Digest Association Limited, ISBN 0 276 42107 8, page 102-103.
Inhabitat : http://inhabitat.com/building-modelled-on-termites-eastgate-centre-in-zimbabwe/
Le site officiel de Mick Pearce : http://www.mickpearce.com/about/prizes-awards/
NYSERDA : http://www.nyserda.ny.gov/
Water Research Commission (WRC) : http://www.wrc.org.za/
Normes ISO : http://www.iso.org/iso/home.html
Normes LEED, Conseil du bâtiment durable du Canada : http://www.cagbc.org/AM/Template.cfm?Section=LEED1
Normes BREEAM : http://en.wikipedia.org/wiki/BREEAM
Normes Living Building Challenge : http://en.wikipedia.org/wiki/Living_Building_Challenge#Projects_pursuing_Living_Building_Challenge_certification
San Francisco Public Utilities Commission Headquarters : http://inhabitat.com/san-francisco-public-utilities-commission-headquarters-sets-the-bar-for-sustainability/
San Francisco Public Utilities Commission Headquarters : http://sfdpw.org/index.aspx?page=1145
Ville de Vélizy-Villacoublay (Site officiel) : http://www.velizy-villacoublay.fr/
Ville de Vélizy-Villacoublay (Wikipédia) : http://fr.wikipedia.org/wiki/V%C3%A9lizy-Villacoublay

Crédits photos

Notes

Stade Olympique vu de haut, couverture, Flickr: Whalt
Tragopogon Dubuis, p.4, Flickr: Ang1852
Fleur de la petite bardane, p.8, http://www.lestaxinomes.org/media11084
Photo du nautille, p.12, http://apftp.us/ftpAP/JE/Anchor%20Digital/Advanced_Reader_series/Amazing%20Copies%20of%20God's%20Design%20Folder/Links/Nautilus%20Shell%20dreamstime_6330903.jpg
Photo de Jay Harman, p.12, http://odewire.com/wp-content/uploads/2012/11/PS17689-1024x665.jpg
Photo du Lily Impeller, p.12, http://www.biddingforgood.com/auction/item/B4GItem.action?id=182945098
Photo de la fleur de lys, p.12, http://www.mpaulsonphotography.com/p/macro.html
Photo du martin-pêcheur sur la branche, p.13, http://www.biomimicryinstitute.org/case-studies/case-studies/transportation.html
Photo du martin-pêcheur plongeant, p.13, http://www.biomimicryinstitute.org/case-studies/case-studies/transportation.html
Photo du train Shinkansen, p.13, http://static.panoramio.com/photos/large/21307761.jpg
Photo de l’arbre, p.14, http://ben.biomimicry.net/uni/2012/where-do-trees-come-from/attachment/tree-brambleroots/
Photo de la tablette murale, p.14, http://www.ilovedetails.com/images/products/CON1432A.jpg
Photo zoomée sur une branche, p.14, http://opentreeoffline.files.wordpress.com/2013/01/tree02.jpg
Photo de l’os creux, p.15, http://www.hsu.edu/uploadedImages/bachelors_degree/majors/Bachelor_of_Science/Biology/Nature_Trivia/Animals/Birds/Skeletal_Adaptations_of_Birds_for_Flight/hollow%20bone.jpg
Photo du poisson coffre, p.15, http://3.bp.blogspot.com/_coLCAAwJ1tg/SvIS2npVKjI/AAAAAAAAAE28/n4AeMvmg4g8/s1600/boxfish.jpg
Photo de la voiture, p.15, http://www.die-neue-sammlung.de/z/presse/public/press_08/db_08/ftp/bionicar_side.jpg
Structure alvéolaire de la paroi cellulaire de l’aloès hérisson, p.18, http://www.huffingtonpost.fr/2012/12/20/plus-belles-photos-microscope-olympus-bioscapes-sciences_n_2335947.html#slide=1901906
Photo d'exemple : Projet Eden, p.21, http://www.edenproject.com/sites/default/files/styles/image_carousel_full/public/image-carousel/yellow-dahlia-red-flowers-biome-eden-project-gardens.jpg?itok=2Pkibt02
Photo d'exemple : Centre Eastgate, p.21, http://www.asknature.org/images/uploads/product/373ec79cd6dba791bc00ed32203706a1/eastgatecc_by_bschwann.jpg
Vue générale du projet Eden, p.22, Spodzzone, http://www.flickr.com/photos/spodzzone/4121837967/
Vue Eden + fleurs, p.22, http://www.edenproject.com/sites/default/files/styles/image_carousel_full/public/image-carousel/yellow-dahlia-red-flowers-biome-eden-project-gardens.jpg?itok=2Pkibt02
Vue intérieure du projet Eden, p.22, http://images.nationalgeographic.com/wpf/media-live/photos/000/671/cache/eden-project-england_67153_990x742.jpg
Grain de pollen, p.23, http://i.dailymail.co.uk/i/pix/2011/03/24/article-0-0B5065B900000578-808_634x490.jpg
Radiolaire 1, p.23, http://a137.idata.over-blog.com/4/38/01/43/images-svt/radiolaires-3.JPG
Radiolaire 2, p.23, http://imgc.artprintimages.com/images/art-print/richard-kessel-radiolarian-test-or-skeleton_i-G-38-3810-FOOIF00Z.jpg
Vue intérieure Eden + cactus au premier plan, p.24, http://www.bbc.co.uk/cornwall/content/images/2005/09/15/eden30_470x350.jpg

Centre Eastgate, vue d'ensemble, p.26, http://inhabitat.com/building-modelled-on-termites-eastgate-centre-in-zimbabwe/termitemound_cross3jpg/
Schéma intérieur d'une termitière, p.27, http://www.architectureoflife.net/en/ekodesign-green-building-summit-april-14th2011/
Photo d'une termitière, p.27, http://lamaisondalzas.files.wordpress.com/2010/02/termitiere.jpg
Vue intérieure du Centre Eastgate, p.28, http://inhabitat.com/building-modelled-on-termites-eastgate-centre-in-zimbabwe/termitemound_cross3jpg/
Vue extérieure du Centre Eastgate, p.28, http://www.asknature.org/images/uploads/product/373ec79cd6dba791bc00ed32203706a1/eastgatecc_by_bschwann.jpg
Schéma du système de climatisation du Centre Eastgate, p.29, http://www.aashe.org/files/resources/student-research/2009/ES%2096%202010%20HVAC%20Final%20Report.pdf
Photo de termitières, p.31, Flickr: Philip Morto
Photo de la toile d’araignée 1, p.32, http://www.fotocommunity.fr/pc/pc/display/29327231
Photo de l’aile de chauve-souris, p.35, http://www.photos-neuch.net/mammiferes_2.html
Photo de la toile d’araignée 2, p.35, http://breakingthespidersweb.blogspot.ca/
Photo de la tortue, p.36, http://31.media.tumblr.com/6412e71ae1d83415ab14fce91caff485/tumblr_mt80pm1Dtr1rz1st5o1_1280.jpg
Photo de radiolaires, p.36, http://fr.cdn.v5.futura-sciences.com/sources/images/dossier/rte/magic/4196_8023-30.jpg
Photo du homard bleu, p.37, http://www.les-vegetaliseurs.com/media/cliches_natures/20080502_094137.png
Photo du tatou, p.37, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/77/Dasypus_novemcinctus.jpg
Vue de Toronto avec des feuilles au premier plan, p.38, Flickr: Brian.Nguyen
Bannière du site de Nederland, p.41, http://nederlandco.org/
Photo d’un marcheur dans la nature, p.41, http://kristamariere creations.files.wordpress.com/2012/08/dsc_0821.jpg
Photo de la goutte d’eau, p.42, Jason Pischke, http://www.flickr.com/photos/jasonpischke/6942117155/
Photo de la rivière et de deux bâtiments avec des fleurs au premier plan, p.44, Flickr: RetroRed
Photo de la rivière avec de l’herbe et un arbre au premier plan, p.45, Flickr: ova dey
Photo d’une feuille verte, p.46, http://wallpapers.7savers.com/leaf-cells-wallpapers_10681_1440x900.jpg
Photo de la ville de Vélizy-Villacoublay, p.48, michab100, http://www.flickr.com/photos/michab100/8585893968/
Photo : Vélizy-Villacoublay, ville biomimétique, p.49, http://www.yelomart.fr/wp-content/uploads/2013/02/Ville_biomimetique.jpg
Photo d’un building avec végétation au premier plan, p.50, Flickr: Simon – hibernating
Photo d’une maison LEED, p.52, http://www.ecohabitation.com/sites/www.ecohabitation.com/files/nouvelle/ok-leed_demers_secondaire-1.jpg
Photo bannière: international living building institute, p.52, https://a6541ba238-custmedia.vresp.com/library/1285801676/3d15aa9075/ILBI_annoucement02header.jpg
Photo du stade Durant les Jeux Olympiques de 1976, p.54, http://onlyagame.wbur.org/2012/04/21/montreal-olympic-stadium
Bannière en bas de page: vue du stade de nuit de loin, p.57, Flickr: Silverdroid
Photo de l’intérieur du stade, p.58, Flickr: Darth Youl
Photo d’un pont de fourmis, p.60, http://wordlesstech.com/wp-content/uploads/2012/03/Ant-bridge-2.jpg
Photo de références et crédits, p.64, Flickr: Boris Taratutin

Contenu des annexes

Annexe 1

Étude du potentiel économique du biomimétisme sur l'économie américaine (Biomimicry Efforts, An Economic Game Changer) réalisée par Dr Lynn Reaser en 2010, Fermanian Business & Economic Institute, Université de Nazarene à San Diego, Californie, États-Unis

Annexe 2 a) et b)

a) VILLE DE NEDERLAND, États-Unis - Appel d'offres, Projet d'amélioration de la voie piétonnière et de la gestion des eaux pluviales
b) VILLE DE NEDERLAND, États-Unis - Rapport de projet, Projet d'amélioration de la voie piétonnière et de la gestion des eaux pluviales

Annexe 3

WRC, Afrique du Sud - Appel d'offres, projets de recherche en biomimétisme

Annexe 4

RÉGION ADMINISTRATIVE DE CUYAHOGA, États-Unis - Appel d'offres, projet de conception de cloison verte

Annexe 5

NYSERDA, États-Unis - Appel d'offres, contracteur en biomimétisme

Annexe 6

LEED - Projet d'infrastructure visant la norme

Annexe 7

LIVING BUILDING CHALLENGE - Projets d'infrastructures visant la norme

Annexe 8

Lettre d'appui BIOMIMICRY 3.8

Annexe 9

Lettre d'appui ROGER TAILLIBERT

Annexe 10

Lettre d'appui ARUP ENGINEERS, firme d'ingénierie, Montréal

Annexe 11

Lettre d'appui MICHAEL PAWLYN et EXPLORATION ARCHITECTURE, firme d'architecture, Royaume-Uni

Annexe 12

Lettre d'appui CHRIS GARVIN et TERRAPIN BRIGHT GREEN, firme d'architecture, New York, États-Unis

Annexe 13

Lettre d'appui ZOUBER AZOUZ ARCHITECTURE, firme d'architecture, Montréal

Annexe 14

Lettre d'appui IVANKA IORDANOVA, architecte, Montréal

