

14 MODÈLES DE CONCEPTION BIOPHILIQUE

AMÉLIORER LA SANTÉ ET LE BIEN-ÊTRE DANS L'ENVIRONNEMENT BÂTI



TERRAPIN
BRIGHT GREEN

**« ...observer un paysage
stimule l'esprit sans le
fatiguer et l'apaise tout
en le stimulant;**

**Et ainsi, l'esprit
influençant le corps,
c'est l'ensemble du
système qui s'en trouve
rafraîchi et redynamisé. »**

Frederick Law Olmsted, 1865
*Introduction to Yosemite and the
Mariposa Grove: A Preliminary Report*
*[Introduction au parc Yosemite et au
jardin Mariposa: Rapport Préliminaire*

* Texte original : "... the enjoyment of scenery employs the mind without fatigue and yet exercises it, tranquilizes it and yet enlivens it; and thus, through the influence of the mind over the body, gives the effect of refreshing rest and reinvigoration to the whole system."

REMERCIEMENTS

Cet article a été pris en charge par Terrapin Bright Green LLC. Nous remercions Alice Hartley pour son aide éditoriale et Olin Nettles pour son aide dans la relecture, Allison Bennett et Cas Smith pour leur aide à la production, le Comité d'Examen et les Collaborateurs pour leurs conseils techniques et leur expertise, Georgy Olivieri pour son énergie sans faille et son dévouement, Stefano Serafini et la Société Internationale de Bio-Urbanisme pour leurs conseils et encouragements.

CO-AUTEURS

William Browning, Hon. AIA	Terrapin Bright Green
Catherine Ryan	Terrapin Bright Green
Joseph Clancy	Pegasus Planning Group Ltd.

COMITÉ D'EXAMEN

Sally Augustin, PhD	Design With Science; Research Design Connections
Judith Heerwagen, PhD	J.H. Heerwagen et Associés; Université de Washington, Section Architecture
Lance Hosey, FAIA	RTKL

COLLABORATEURS

Scott Andrews	Terrapin Bright Green
Gail Brager, PhD	Université de Californie à Berkeley, Center for the Built Environment [Centre pour l'environnement bâti]
Zafir Buraei, PhD	Université Pace, Section Biologie et Sciences de la Santé
Nancy Clanton, PE, FIES, IALD	Clanton et Associates, Inc.
Chris Garvin, AIA	Terrapin Bright Green
Namita Kallianpurkar	Terrapin Bright Green
Alan Laird Lewis, OD	L'université de New England d'Optométrie
Tanya Mejia	RTKL
Heather Nelson	RTKL
Susan Painter, PhD, FCPA	AC Martin
Nikos Salingaros, PhD	Université du Texas à San Antonio, Section mathématiques
Chris Starkey	Terrapin Bright Green
Heidi Theunissen	COOKFOX Architectes
Edward Vessel, PhD	Université de New York, Centre pour l'Imagerie du Cerveau
Jonce Walker, CSBA	Terrapin Bright Green

A PROPOS DE TERRAPIN

Terrapin Bright Green est une société de consulting et de planning stratégique environnemental engagée dans l'amélioration de l'environnement humain à travers le développement de haute performance, de réglementation et de recherches associées, afin d'élever le débat et aider les clients à innover dans la pensée créative sur les opportunités environnementales. Depuis 2006, notre société et notre réseau de spécialistes ont travaillé pour façonner le résultat de projets de planification et de conception à grande échelle dans le monde entier. Terrapin a des bureaux à New York et Washington, et travaille avec des entreprises privées, des institutions publiques et des organismes gouvernementaux sur une variété de types de projets. Rendez-vous sur notre site www.terrabinbrightgreen.com.

DROITS D'AUTEURS ET UTILISATION COMMERCIALE

Cet article est ouvert au public sans frais ni contrôle d'accès. Toute personne peut lire cet article ou l'utiliser pour ses objectifs personnels ou universitaires. Aucune utilisation commerciale n'est permise sauf autorisation spéciale accordée au préalable par écrit. Les droits d'auteurs de cet article appartiennent à Terrapin Bright Green, LLC. Les droits d'auteurs des images appartiennent aux photographes cités.

Référence : Browning, W.D., Ryan, C.O., Clancy, J.O. (2014). *14 Patterns of Biophilic Design [14 Modèles de conception biophilique]*. New York: Terrapin Bright Green LLC (2016).



La traduction du présent document a été réalisée sous le pilotage d'ARP-Astrance, de Gondwana et de Interface.

Interface[®]



Traduction septembre 2016

Revisé juin 2015

© 2014 par Terrapin Bright Green, LLC

New York, NY USA
www.terrabinbrightgreen.com
biophilia@terrabinbg.com
+1.646.460.8400

@TerrapinBG | #14Patterns

Image de couverture de devant: Mystère. La Fondation Barnes à Philadelphie, PA, conçue par Williams et Tsein. Image de couverture © Bill Browning/Terrapin Bright Green

Image de couverture arrière: Le Dôme Reichstadt, à Berlin (Allemagne), dont la conception réunit les concepts de lumière dynamique et diffuse, de complexité et d'ordonnance, de risque et plusieurs niveaux de perspective. © Catie Ryan/Terrapin Bright Green.

14 MODÈLES

DE CONCEPTION BIOPHILIQUE

AMÉLIORER LA SANTÉ ET LE BIEN-ÊTRE DANS L'ENVIRONNEMENT BÂTI

RÉSUMÉ

La conception biophilique peut réduire le stress, augmenter la créativité et la clarté de la pensée, améliorer notre bien-être et accélérer les guérisons ; étant donné que le monde continue à s'urbaniser, ces qualités deviennent d'autant plus importantes. Les théoriciens, chercheurs scientifiques et architectes ont travaillé durant des décennies pour définir les aspects de la nature qui impactent le plus notre satisfaction de notre environnement bâti. Les « **14 Modèles de conception biophilique** » expriment les relations entre la nature, la biologie humaine et la conception de notre environnement bâti de façon à ce que nous profitons des bénéfices de la biophilie dans nos programmes de conception architecturale.

Nous vous proposons d'étudier différents aspects de l'enjeu de la biophilie dans le bâti. Le premier chapitre, **Contexte de la biophilie**, portera un regard l'évolution du design biophilique dans l'architecture et la conception, et proposera un cadre pour relier la science biologique humaine et la nature. Le chapitre suivant sur les **Considérations de conceptions** abordera un échantillon de facteurs (par ex. échelle, climat, données démographiques des usagers) qui peuvent influencer les décisions de conception biophilique, et éclairer les choix jurisprudentiels. Suite à cela, nous présenterons **Les principes** dans un chapitre dédié. Il regroupera une série d'outils, propres à chaque principe, pour comprendre les concepts et les fondements scientifiques derrière chacun d'entre eux, puis les paramètres, stratégies et études nécessaires pour les utiliser. Ce rapport traitera des recherches réalisées sur la biophilie jusqu'aux applications de conception pour améliorer efficacement la santé et le bien-être des individus et de la société.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	4
CONTEXTE DE LA BIOPHILIE	6
ÉTUDES DE DESIGNS	13
LES MODÈLES	23
LA NATURE DANS L'ESPACE	26
ANALOGIES NATURELLES	40
LA NATURE DE L'ESPACE	46
CONSIDÉRATIONS FINALES	54
ANNEXES	55
NOTES DE FIN	55
RÉFÉRENCES	57

**« À chaque
promenade
dans la nature,
on reçoit bien
plus que ce que
l'on est parti
chercher. »**

John Muir, 19 juillet 1877

Texte original :
"In every walk with nature one receives
far more than one seeks."

INTRODUCTION

Le design architectural biophilique peut réduire le stress, améliorer les fonctions cognitives et la créativité, augmenter notre bien-être et accélérer les guérisons. Etant donné que le monde continue à s'urbaniser, ces qualités deviennent d'autant plus importantes. Au vu des effets réparateurs suscités par l'immersion dans la nature et considérant les montant dépensés par les entreprises chaque année en perte de productivité à cause de maladies liées au stress, une conception architecturale favorisant une reconnexion avec la nature – le design biophilique – peut être considéré comme un enjeu crucial. Un design approprié permettra aux personnes de vivre et de travailler dans des lieux sains, dans des espaces générant moins de stress, et optimisera l'état de santé et de bien-être général.

La biophilie est la connexion innée de l'être humain avec la nature. Elle permet d'expliquer pourquoi des feux dansants et des vagues qui se brisent nous captivent; pourquoi la vue sur un jardin peut stimuler notre créativité; pourquoi les ombres et les hauteurs nous inspirent fascination et peur ; et pourquoi les animaux de compagnie ou une promenade dans un parc ont des effets ressourçant et des vertus thérapeutiques. La biophilie peut également aider à expliquer pourquoi certains parcs urbains et bâtiments sont préférés à d'autres. Durant des décennies, les scientifiques et les architectes ont travaillé pour définir les aspects de la nature qui ont le plus d'impact sur notre satisfaction avec l'environnement bâti. Mais comment passer de la recherche à l'application de façon à réellement améliorer la santé et le bien-être, et comment juger de son efficacité ?

En s'appuyant sur « Economie de la Biophilie » (Terrapin Bright Green, 2012), l'objectif de ce rapport est d'articuler les relations entre la nature, la science, et l'environnement bâti afin que l'on puisse profiter des bénéfices de la biophilie dans nos programmes de conceptions architecturales. Le rapport présente un cadre pour la conception biophilique qui reflète les relations les plus importantes entre la nature et la santé dans l'environnement bâti.

Les dernières recherches révèlent des impacts positifs et quantifiables de la conception biophilique sur notre santé et renforcent les preuves empiriques sur les liens entre la nature et l'être humain. Ces recherches ont fait de la biophilie un sujet de recherche prioritaire pour la conception et la réalisation. Cependant, quelques conseils de mise en œuvre sont nécessaires. Ce rapport permet donc de combler le vide entre la recherche actuelle et la réalisation. Le public visé se compose tant d'architectes d'intérieur, d'architectes, que de paysagiste, urbanistes, professionnels de la santé, employeurs et promoteurs, ainsi que toute personne désirant mieux saisir les principes de la biophilie.

Cet article place la conception biophilique dans le contexte de l'histoire architecturale, des sciences de la santé et des pratiques actuelles en matière d'architecture. Il examine brièvement les considérations-clés de mise en œuvre, puis présente des principes de design biophilique. Ces principes ont été développés à travers des recherches interdisciplinaires approfondies, qui sont soutenues par des preuves empiriques ainsi que par le travail de Christopher Alexander, Judith Heerwagen, Rachel et Stephen Kaplan, Stephen Kellert, Roger Ulrich, et de nombreux autres. Plus de 500 œuvres sur des réactions biophiliques ont été réunies afin de regrouper des principes utiles aux concepteurs de l'environnement bâti. Les 14 modèles issues de cette dernière phase possèdent une large gamme de possibilités de mise en œuvre, tant dans les environnements intérieurs qu'extérieurs, et sont adaptables, afin de permettre une élaboration spécifique à vos projets.



Crédit photo COOKFOX Architectes.

14 MODÈLES DE CONCEPTION BIOPHILIQUE

Principes de nature dans l'espace

1. Lien visuel avec la nature
2. Lien invisible avec la nature
3. Stimulations sensorielles non-rythmiques
4. Variabilité thermique et renouvellement d'air
5. Présence de l'eau
6. Lumière dynamique et diffuse
7. Lien avec les systèmes naturels

Principes d'analogies naturelles

8. Formes et motifs biomorphiques
9. Lien matériel avec la nature
10. Complexité et ordre

Principes de nature de l'espace

11. Perspective
12. Refuge
13. Mystère
14. Risque

Enfin, ce rapport aborde ces principes dans un sens général, pour répondre à des problèmes universels de santé et de bien-être (comme par ex. le stress, l'acuité visuelle, l'équilibre hormonal, la créativité) dans l'environnement bâti, plutôt que des espaces-types propres à des secteurs spécifiques (comme par ex. les salles d'attente dans les milieux médicaux, les salles de classes primaires, ou des aires piétonnes dans des zones commerciales). L'accent a été mis sur des principes visant à réduire les facteurs de stress ou améliorer des qualités spécifiques pouvant être mises en œuvre à travers plusieurs secteurs et à échelles variables.

Nous espérons que ce rapport posera les bases d'une réflexion plus approfondie sur les liens humains avec la nature, et comment les modèles de conception biophilique peuvent servir d'outils pour améliorer la santé et le bien-être dans notre environnement bâti.

**« J'avais prié
pour ceci »,
écrivit le poète
romain Horace.
« Un lopin de
terre – pas très
grand, avec un
jardin et,
près de la
maison, une
source qui ne
tarit jamais et
un peu de forêt
autour. »**

**Ces mots ont été écrits
il y a plus de 2000 ans,
autour de 30 av J.C. Il
est facile de comprendre
l'émotion qui en émane;
nous comprenons ce que
Horace voulait dire par
« jardin rural », un endroit
où se réfugier, comme
il le fit, des turpitudes
de la vie citadine.**

**Autrefois et maintenant:
Réflexions sur le millénaire;
Le charme des lieux dans un
monde qui bouge,
décembre 15, 1999
éditorial *New York Times*
(anonyme)**

LE CONTEXTE DE LA BIOPHILIE

RE DÉCOUVRIR L'ÉVIDENCE

Les thèmes de la nature se retrouvent dès les premières constructions humaines : animaux stylisés caractéristiques du néolithique à Göbekli Tepe ; le sphinx égyptien, les feuilles d'acanthé qui ornent les temples grecs et leur histoire d'origine vitruvienne ou encore les huttes primitives aux filigranes feuillus des décors rococo. Les représentations d'animaux et de plantes ont longtemps été utilisées en tant qu'ornementations symboliques et décoratives. Au-delà de la représentation, les différentes cultures du monde ont de tous temps amené la nature dans les foyers et les espaces publics. Les exemples classiques comprennent les jardins et cours de l'Alhambra en Espagne, les bols en porcelaine décorés de poissons dans la Chine antique, la volière du Teotihuacan (cité antique mexicaine), les bonsaïs dans les foyers japonais, les étangs de papyrus dans les maisons nobles égyptiennes, les petits jardins de campagne dans l'Allemagne médiévale, ou les fameux jardins suspendus de Babylone.

La récurrence des thèmes naturels dans les constructions et les lieux anciens suggère que la conception biophilique n'est pas un phénomène nouveau ; mais plutôt un champ des sciences appliquées. L'histoire, l'intuition humaine et les sciences neurologiques démontrent que les liens avec la nature sont vitaux pour maintenir une existence saine et dynamique en tant qu'espace urbaine.

Avant et même après la Révolution industrielle, la grande majorité des personnes avaient une existence agraire, et vivaient presque toute leur vie au sein de la nature. L'architecte et paysagiste américain Frederick Law Olmsted soutint en 1865 que « ... observer un paysage stimule l'esprit sans le fatiguer, le calme tout en le stimulant; et, ainsi, l'esprit influençant le corps, c'est l'ensemble du système qui s'en trouve rafraîchi et redynamisé » (Olmsted, 1865). Puisque les populations urbaines ont commencé à croître au XIX^{ème} siècle, les réformateurs se préoccupèrent de plus en plus des problèmes de santé et d'hygiène. La création de grands parcs publics est devenue une campagne pour promouvoir la santé et réduire le stress de la vie citadine.

Les artistes et architectes de l'ère victorienne, tels que le peintre anglais et critique d'art renommé John Ruskin, s'opposèrent aux villes industrielles qu'ils considéraient comme une expérience déshumanisante. Ils militèrent pour des objets et des bâtiments qui reflétaient la signature de l'artisan et s'inspiraient de la nature. Dans la conception du Musée des Sciences à Oxford, Ruskin aurait dit aux maçons de s'inspirer de la campagne aux alentours, et les résultats peuvent s'observer dans l'insertion de fleurs et de plantes sculptées à la main qui ornent le musée. (Kellert et Finnegan, 2011).

Les attitudes occidentales envers la nature ont changé au milieu du XIX^{ème} siècle ; les paysages naturels devenaient des sujets d'art de choix, comme on peut le voir dans les écoles d'art de Hudson River ou de Barbizon en France. Aller à la montagne ou à la mer pour le loisir devenait une tendance croissante ; les jardins d'hiver devinrent indispensables dans les maisons cossues en Europe et aux Etats-Unis. Henry David Thoreau s'était construit une cabane sur l'étang Walden à Concord (Massachusetts), dans laquelle il écrivit son traité sur une vie plus simple, liée à la nature, qui résonne encore dans la conscience américaine. Dans les hôpitaux, la lumière naturelle et des vues sur la nature étaient considérées comme importantes, comme nous pouvons le constater à l'hôpital Sainte Elizabeth à Washington, DC. Ce dernier fut conçu dans les années 1850 selon les concepts du Dr. Thomas Kirkbride, qui « ...croyait que le cadre magnifique...guérissait les patients avec un meilleur équilibre des sens » (Sternberg, 2009).

Les inspirations de la nature atteignirent leur apogée dans les designs d'Art nouveau vers la fin du XIX^{ème} siècle. Les vrilles exubérantes de plantes qui s'entrelacent de l'architecte Victor Horta dans les bâtiments en Belgique, les fleurs luxuriantes des lampes de Louis Comfort Tiffany, et les formes explicitement biomorphiques des bâtiments d'Antonio Gaudí sont tous des exemples forts. A Chicago, Louis Sullivan a créé une décoration élaborée avec des feuilles et des saillies qui représentent des branches d'arbres. Son protégé, Frank Lloyd Wright, fit partie du groupe qui lança l'Ecole de la Prairie.

Wright avait extrait des fleurs et des plantes de prairie pour ses vitraux et décors. A l'instar de nombreux autres du mouvement artisan, Wright utilisa le grain du bois et la texture de la pierre et des briques en tant qu'élément décoratif. Wright a également ouvert les maisons de manière à pouvoir circuler à l'intérieur d'une façon qui n'avait jamais été possible auparavant, créant ainsi un équilibre entre perspectives et refuges. Ses conceptions plus tardives comprenaient des espaces exaltants, tels que le balcon en porte-à-faux surplombant la cascade à Fallingwater.

Les modernistes européens enlevèrent de nombreuses ornementsations de leurs bâtiments, mais à l'instar de Wright, ils utilisèrent le grain du bois et les veines de la pierre comme éléments décoratifs, et se souciaient tout autant de découvrir les relations entre l'intérieur et l'extérieur. Le pavillon de Ludwig Mies van der Rohe à Barcelone (construit en 1929) a poussé ce concept dans le jeu des volumes et du verre. Plus tard, sa maison Farnsworth (construite en 1951) a défini l'intérieur et l'extérieur de façon beaucoup plus explicite, en séparant les éléments du lien visuel avec la nature.

La Ville Radieuse de Le Corbusier (non-construite, 1924) aurait pu aboutir à un urbanisme désastreux, cependant, en mettant des tours dans un parc entouré d'herbe et d'arbres, il tenta de fournir aux passants urbains des liens avec la nature. Quand le Style International s'est développé, des bâtiments en verre sont apparus partout ; malheureusement, ces bâtiments, et en particulier l'intérieur des bâtiments commerciaux, ont déconnecté les individus de la nature.

Le terme 'biophilie' a été inventé par le psychologue social Eric Fromm (*The Heart of Man [Le Cœur de l'homme]*, 1964) puis a été vulgarisé par le biologiste Edward Wilson (*Biophilia [Biophilie]*, 1984). Les connotations diverses – qui ont évolué entre les champs de la biologie et de la psychologie, et adapté aux neurosciences, l'endocrinologie, l'architecture et au-delà – font tous référence au désir de se (re) connecter avec la nature et avec les biotopes. Le fait que nous devrions être génétiquement prédisposés à préférer certains types de milieux et de paysages naturels, dont la savane en particulier, a été posé en tant que principe par Gordon Orians et Judith Heerwagen (*The Savanna Hypothesis [Théorie de savane]*, 1986), et pourrait théoriquement être une raison contribuant à déménager vers les banlieues, avec la pelouse péri-urbaine en tant que savane pour tous.

Avec l'émergence du mouvement de bâtiments verts au début des années 1990, il a été montré qu'une meilleure qualité environnementale influençait la productivité des employés (Browning et Romm, 1994). Tandis que les gains financiers dus à des meilleurs taux de productivité étaient considérés comme importants, la productivité a été identifiée en tant qu'indicateur de santé et de bien-être, ayant un impact plus important encore. Le pouvoir de guérison d'une connexion avec la nature a été établi par l'étude de référence de Roger Ulrich, qui comparait les taux de récupération de patients bénéficiant ou pas de vues sur l'extérieur et sur la nature (Ulrich, 1984). Une expérience menée dans les nouvelles installations manufacturières de Herman Miller, conçues par William McDonough + Partners dans les années 1990, fut une des premières à spécifiquement cadrer les mécanismes de gains de productivité au bâtiment phylogénétique, ou, plus communément, de conception biophilique (Heerwagen et Hase, 2001).



Gravures d'animaux sur pierre au site néolithique de Göbekli Tepe. Image © Teomancimit.



Art nouveau de Victor Horta d'entrelacements végétaux à l'Hôtel Tassel, Belgique. Image © Eloise Moorhead.



Le jeu de volumes et de verre de la maison Farnsworth de Mies van Der Rohe. Image © Devyn Caldwell/Flickr.

Page de gauche, texte original :
"This is what I prayed for," wrote the Roman poet Horace. "A piece of land –not so very big, with a garden and, near the house, a spring that never fails, and a bit of wood to round it off." Those words were set down more than 2000 years ago, around 30 B.C. It is easy to understand the emotion prompting them; we still recognize what Horace meant by a rural garden, a place to take refuge, as he did, from the irritations of city life.



Une lampe Louis Comfort Tiffany avec un design de motifs floraux. Image © Eric Hunt/Flickr.

La transition vers la biophilie comme théorie de conception dans l'environnement bâti fut le sujet d'une conférence en 2004, et fut suivie par une publication sur la conception biophilique (eds., Kellert, Heerwagen et Mador, 2008) dans laquelle Stephen Kellert identifia plus de 70 mécanismes différents pour générer une expérience biophilique. Ses co-auteurs William Browning et Jenifer Seal-Cramer distinguèrent trois classifications : la Nature dans l'Espace, les Analogies naturelles et la Nature de l'Espace.

La dernière décennie a vu émerger différents travaux s'intéressant aux liens entre la neuroscience et l'architecture, tant dans la recherche que dans la pratique ; même les normes de bâtiments écologiques ont commencé à intégrer la biophilie de façon prédominante pour sa contribution à la qualité environnementale intérieure et le lien avec le milieu naturel. Des articles vulgarisateurs, tels que *Last Child in the Woods* (*Le dernier enfant dans les bois* – Louv, 2008), *Healing Spaces* (*Espaces guérisseurs* – Sternberg, 2009), *The Shape of Green* (*La forme du vert* – Hosey, 2012), *Your Brain on nature* (*Votre cerveau sur la nature* – Selhub et Logan, 2012), et *Economie de la Biophilie* (Terrapin Bright Green, 2012), nourrissent et élèvent le débat, aidant un public aux prises avec la dépendance de la société moderne à la technologie et à sa déconnexion persistante avec la nature. Plus récemment, la conception biophilique fut défendue en tant que stratégie complémentaire pour réduire le stress sur le lieu de travail, améliorer la performance des étudiants, la guérison des patients, la cohésion communautaire et relever d'autres défis connus de santé et de bien-être général.

DÉFINIR LA NATURE

Les points de vue sur ce qui constitue le naturel, la nature, le sauvage ou le beau peuvent beaucoup varier. Bien que nous n'ayons pas l'intention de formuler une définition exhaustive, une certaine définition de ce que nous entendons par « la nature » peut aider à cadrer les praticiens du design biophilique. Plus simplement, il y a deux théories extrêmes de la nature. La première détermine que la nature est uniquement tout ce qui peut se classer comme organisme vivant non affecté par les impacts anthropogéniques sur l'environnement – une vue étroite de la nature (réminiscence d'une préservation environnementale non-interventionniste conventionnelle), qui en fin de compte n'existe plus car quasiment tout sur la planète a été et sera impacté, au moins indirectement, par l'activité humaine. En outre, cette idée de la nature exclut quasiment tout, du soleil à la lune, votre poisson rouge Némó, les jardins et les parcs urbains, les humains et les milliards d'organismes vivants qui composent le biotope de l'appareil digestif.

Alternativement, on pourrait soutenir que tout, y-compris ce que l'être humain conçoit et fabrique, est naturel et fait partie de la nature parce qu'il s'agit d'extensions de notre phénotype. Ce point de vue inclut inévitablement tout, des livres brochés aux chaises plastiques, des piscines chlorées aux routes asphaltées.

De façon à trouver un compromis, dans l'idée de mieux comprendre le contexte de la Conception Biophilique, nous définirons la nature comme un ensemble d'organismes vivants et de composants non-vivants d'un écosystème – tout y-compris, du soleil à la lune et aux crues saisonnières, à la gestion de forêts aux jardins urbains, et jusqu'à l'habitat de l'aquarium de Némó.

Pour plus de clarté, nous distinguerons que, dans le contexte de la santé et du bien-être dans l'environnement bâti, l'insertion de la Nature est conçue, soit délibérément (de façon fonctionnelle ou esthétique), soit par hasard (pour la navigabilité ou l'accès aux ressources) ou encore passivement (par négligence ou par préservation non-interventionniste) ainsi nous revenons à la propension de l'Homme à être attiré par les paysages de savanes. L'Homme crée des analogies aux savanes en permanence. Certains de ces écosystèmes conçus par l'Homme telles que les hautes canopées forestières avec un sous-bois floral, maintenues grâce aux pratiques annuelles de

brûlage des Ojibwe nord-américain, présentent une grande biodiversité, sont vibrants et écologiquement sains. Cependant, les allées péri-urbaines et les parcours de golf, sont des monocultures chimiquement dépendantes ; bien que très belles, elles ne sont pas riches en biodiversité ni écologiquement saines ou durables.

RELATIONS ENTRE NATURE ET DESIGN

La conception biophilique peut être organisée en trois catégories – la Nature Dans l'Espace, les Analogies Naturelles, et la Nature de l'Espace – fournissant ainsi un cadre de compréhension, et permettant l'intégration réfléchie d'une riche variété de stratégies dans l'environnement bâti.

La Nature Dans l'Espace

La Nature Dans l'Espace aborde la présence directe, physique et éphémère de la nature dans un espace ou un lieu. Ceci comprend la vie végétale, l'eau et les animaux, ainsi que les brises de vent, les sons, les effluves olfactives et autres éléments naturels. Les exemples communs comprennent les plantes en pots, les parterres de fleurs, les mangeoires pour oiseaux, les jardins de papillons, les jeux d'eau, fontaines, aquariums, patios et murs ou toits végétalisés. Les expériences les plus fortes de la Nature Dans l'Espace sont atteintes grâce à la création de liens directs et sensés avec ces éléments naturels, en particulier à travers la diversité, le mouvement et les interactions multi sensorielles.

La Nature Dans l'Espace englobe sept modèles de conception biophilique :

1. **Lien visuel avec la nature.** Une vue sur des éléments naturels, des systèmes vivants et des processus naturels.
2. **Lien invisible avec la nature.** Stimulations auditives, tactiles, olfactives ou gustatives qui font délibérément et positivement référence à la nature, aux systèmes vivants ou aux processus naturels.
3. **Stimulations sensorielles non-rythmiques.** Liens stochastiques et éphémères avec la nature qui peuvent être analysés statistiquement, mais ne sont pas forcément prévisibles de façon précise.
4. **Variabilité thermique et renouvellement d'air.** Des changements subtils de température, du taux d'humidité, du flux d'air sur la peau et des températures de surface qui imitent les environnements naturels.
5. **Présence de l'eau.** Une condition qui améliore la perception d'un lieu à travers la vue, le bruit ou le toucher de l'eau.
6. **Lumière dynamique et diffuse.** Les variations d'intensité de lumières et d'ombres qui changent dans le temps peuvent créer des conditions s'apparentant à la nature.
7. **Lien avec les systèmes naturels.** Prise de conscience des procédés naturels, en particulier les changements saisonniers et temporels caractéristiques d'un écosystème sain.



Arbres de canopée et lacs des jardins du Vatican. Image © Valentina A/Flickr.



Rénovation de la façade des Aparthotel Suites Avenue par Toyo Ito, Barcelone, Espagne. Elle est biomorphique tout en favorisant les lumières et les ombres dynamiques et diffuses qui filtrent dans l'espace intérieur. Image © Aslaj/Flickr.

Analogies Naturelles

Les analogies naturelles concernent les évocations biologiques, non-vivantes et indirectes de la nature. Les objets, matériaux, couleurs, formes, séquences et modèles que l'on trouve dans la nature se manifestent sous la forme d'œuvres d'art, d'ornementations, de meubles, de décors et de textiles dans l'environnement bâti. Des imitations de coquillages et de feuilles, des meubles de forme biologique, et des matériaux naturels qui ont été transformés ou altérés (comme par ex. les planches de bois, les plans de travail en granit), fournissent chacun un lien indirect avec la nature. Bien qu'elles soient naturelles, il ne s'agit que d'analogies avec les matériaux dans leur état « naturel ». L'expérience d'analogie naturelle la plus forte est obtenue par la fourniture de multiples informations de façon organisée et parfois évolutive.

Les analogies naturelles comprennent trois modèles de conception biophilique :

8. **Formes et motifs biomorphiques.** Références symboliques à des dispositions tracées, à motifs, texturées ou numériques qui sont courantes dans la nature.
9. **Lien matériel avec la nature.** Matériaux et éléments de la nature qui, à travers une transformation minimale, reflètent le milieu naturel ou la géologie locale et créent une sensation différente du lieu.
10. **Complexité et ordre.** Informations sensorielles riches qui adhèrent à une hiérarchie spatiale similaire à ce que l'on peut rencontrer dans la nature.



Marches dans le jardin d'eau de Fort Worth, Fort Worth, Texas. Image © JayRaz/Flickr.

Nature de l'Espace

La Nature de l'Espace concerne les configurations spatiales dans la nature. Cela concerne notre désir inné et acquis à être capables de voir au-delà de notre environnement immédiat, notre fascination pour l'inconnu ou le danger léger, les vues obstruées et les moments révélateurs, et parfois même les phobies vertueuses quand elles comprennent un élément fiable de sécurité. Les expériences de Nature de l'Espace les plus fortes peuvent être atteintes avec la création de configurations spatiales délibérément amalgamées avec les principes de Nature Dans l'Espace, et les Analogies Naturelles.

La Nature de l'Espace englobe quatre modèles de conception biophilique :

11. **Perspective.** Une vue imprenable, pour la surveillance et la prévision.
12. **Refuge.** Un endroit pour se retirer des conditions environnementales ou du flux d'activité, dans lequel l'individu est protégé derrière et au-dessus de lui.
13. **Mystère.** La promesse d'une richesse d'informations, par le biais de vues partiellement obscurcies ou autres dispositions sensorielles qui incitent l'individu à voyager plus profondément dans l'environnement.
14. **Risque.** Une menace identifiable couplée avec une sécurité fiable.

Régulièrement tout au long de cet article, nous nous référerons à ces principes par leur numéro de 1 à 14 pour un repère rapide. Par exemple, la présence d'eau apparaîtra comme [P5] et la perspective apparaîtra comme [P11].

LES RELATIONS ENTRE NATURE ET SANTÉ

Une grande partie des preuves qui alimentent la pertinence de la biophilie peuvent être liées à un ou plusieurs des trois systèmes fondamentaux liant le corps et l'esprit. Il s'agit des systèmes cognitif, psychologique et physiologique. Ces preuves ont été documentées et vérifiées à travers des travaux de recherches pratiques expliquant comment la santé et le bien-être des personnes sont affectés par leur environnement. Afin de familiariser le lecteur avec ces liens entre la nature et la santé, les systèmes mentionnés sont brièvement définis ci-dessous. Un tableau a été ajouté à la suite, reprenant les hormones et neurotransmetteurs courants, les facteurs de stress environnementaux et les stratégies de conception biophiliques reliées. Voir le tableau 1 pour les relations entre les modèles de conception biophilique et les effets sur l'esprit et le corps.

Fonctionnalité cognitive et performance

Le fonctionnement cognitif comprend notre agilité mentale, notre mémoire et notre capacité à penser, à apprendre et à produire de façon logique ou créative. Par exemple, une attention dirigée est requise pour de nombreuses tâches répétitives, tels que les formalités administratives courantes, la lecture et l'exécution de calculs ou d'analyse, ainsi que pour le travail dans des environnements fortement stimulants, comme lors de traversée de rues bondées. L'attention est consommatrice d'énergie, et peut entraîner de la fatigue mentale et un appauvrissement des ressources cognitives (p. ex., Kellert et al., 2008 ; van den Berg et al., 2007).

Des liens forts ou réguliers avec la nature peuvent fournir des occasions de récupération mentale, au cours desquelles nos fonctions cognitives supérieures peuvent parfois faire une pause. Ainsi, la capacité à exécuter des tâches ciblées sera supérieure à celle d'une personne dont les ressources cognitives sont affaiblies.

Santé psychologique et bien-être

Les réactions psychologiques englobent notre capacité d'adaptation, notre vigilance, notre attention, notre concentration, nos émotions et nos humeurs. Cela comprend les réactions face à la nature, qui impactent nos facultés de ressourcement et de gestion du stress. Par exemple, des études ont montré que les expériences en milieux naturels permettent une récupération émotionnelle plus grande, avec des baisses mesurées de la tension, de l'anxiété, de la colère, de la fatigue, de la confusion et de la perturbation de l'humeur générale, par rapport aux environnements urbains, pauvres en nature (p. ex., Alcock et al., 2013 ; Barton et Pretty, 2010 ; Hartig et al., 2003 ; Hartig et coll., 1991).

Les réactions psychologiques peuvent être apprises ou héréditaires ; avec les acquis, les constructions culturelles et les normes sociales jouent un rôle important dans le mécanisme de la réaction psychologique.

Santé physiologique et bien-être

Les réponses physiologiques recouvrent nos systèmes phonétiques, musculo-squelettiques, respiratoires, nos rythmes circadiens et le confort physique général. Les réactions physiologiques déclenchées par des connexions avec la nature comprennent le relâchement des muscles, ainsi que la baisse de la tension artérielle diastolique et des taux d'hormones de stress (c.-à-d., cortisol) dans le sang (p. ex., Park et al., 2009). Le stress à court terme, augmente les niveaux d'hormones de stress et la fréquence cardiaque. Tout comme aborder un espace inconnu, complexe et riche en informations ou regarder par dessus une balustrade du huitième étage sont supposés être bénéfiques pour réguler la santé physiologique (Kandel et al., 2013).

STRESS ET BIEN-ÊTRE

Pour une vue d'ensemble sur le "bien-être" – définitions, mesures, recherche – voir The Centers for Disease Control and Prevention [Le Centre Pour le Contrôle et la Prévention de la Maladie] (CDC), www.cdc.gov/hrqol/wellbeing.htm

Pour un historique sur les significations du stress, voir « dédales et labyrinthes » dans *Healing Spaces [Espaces de guérison]* (Sternberg, 2009, pp 95-124).

Pour une discussion plus approfondie non technique sur la science de l'influence de la nature sur la santé, le bonheur et la vitalité, consultez *Your Brain on Nature [Votre cerveau et la nature]* (Selhub et Logan, 2012).

Pour une introduction plus technique sur les hormones et les neurotransmetteurs qui gouvernent nos systèmes corps-esprit, voir *Principles of Neural Science [Principes de science neurale]* (Kandel et al., 2013).

TABLEAU 1. MODÈLES DE CONCEPTION BIOPHILIQUE ET RÉACTIONS BIOLOGIQUES

Le tableau 1 illustre les fonctions de chacun des 14 modèles en matière de réduction de stress, de performance cognitive, d'émotions, d'amélioration de l'humeur et du corps humain. Les principes qui bénéficient de données empiriques plus rigoureuses sont marqués jusqu'à trois astérisques (***) , indiquant que la quantité et la qualité des preuves contre-croisées disponibles sont irréfutables, et que le potentiel d'impact est important. Aucun astérisque indique qu'il n'y a que peu de recherches pour soutenir le lien entre la santé et l'architecture, cependant l'information anecdotique est convaincante et adéquate pour émettre l'hypothèse de son impact potentiel et son importance en tant que modèle unique.

14 MODÈLES	* RÉDUCTION DU STRESS	PERFORMANCE COGNITIVE	ÉMOTION, HUMEUR ET PRÉFÉRENCE	
NATURE DANS L'ESPACE	Lien visuel avec la nature	Baisse de la pression artérielle et du rythme cardiaque (Brown, Barton et Gladwell, 2013; van den Berg, Hartig, et Staats, 2007; Tsunetsugu et Miyazaki, 2005)	Meilleure mobilisation mentale / attention (Biederman et Vessel, 2006)	Attitude positivement impactée et bonheur général (Barton et Pretty, 2010)
	Lien non-visuel avec la nature	Baisse de la pression artérielle systolique et des hormones de stress (Park, Tsunetsugu, Kasetani <i>et al.</i> , 2009; Hartig, Evans, Jamner <i>et al.</i> , 2003; Orsega-Smith, Mowen, Payne <i>et al.</i> , 2004; Ulrich, Simons, Losito <i>et al.</i> , 1991)	Performance cognitive impactée positivement (Mehta, Zhu et Cheema, 2012; Ljungberg, Neely et Lundström, 2004)	Améliorations constatées sur la santé mentale et le calme (Li, Kobayashi, Inagaki <i>et al.</i> , 2012; Jahncke, <i>et al.</i> , 2011; Tsunetsugu, Park, et Miyazaki, 2010; Kim, Ren, et Fielding, 2007; Stigsdotter et Grahn, 2003)
	Stimulations sensorielles non-rythmiques	Impact positif sur le rythme cardiaque, la pression artérielle systolique et l'activité du système nerveux sympathique (Li, 2009; Park <i>et al.</i> , 2008; Kahn <i>et al.</i> , 2008; Beauchamp, <i>et al.</i> , 2003; Ulrich <i>et al.</i> , 1991)	Mesures de comportement sur l'attention et l'exploration observées et quantifiées (Windhager <i>et al.</i> , 2011)	
	Variations thermiques et renouvellement d'air	Confort, bien-être et productivité positivement impactés (Heerwagen, 2006; Tham et Willem, 2005; Wigö, 2005)	Concentration positivement impactée (Hartig <i>et al.</i> , 2003; Hartig <i>et al.</i> , 1991; R. Kaplan et Kaplan, 1989)	Meilleure perception du plaisir temporel et spatial (alliesthésie) (Parkinson, de Dear et Candido, 2012; Zhang, Arens, Huizenga et Han, 2010; Arens, Zhang et Huizenga, 2006; Zhang, 2003; de Dear et Brager, 2002; Heschong, 1979)
	Présence de l'eau	Stress réduit, sensations accrues de quiétude, baisse de la pression artérielle et du rythme cardiaque (Alvarsson, Wiens, et Nilsson, 2010; Pheasant, Fisher, Watts <i>et al.</i> , 2010; Biederman et Vessel, 2006)	Meilleure concentration et restauration de la mémoire (Alvarsson <i>et al.</i> , 2010; Biederman et Vessel, 2006) Meilleure perception et réactivité psychologique (Alvarsson <i>et al.</i> , 2010; Hunter <i>et al.</i> , 2010)	Préférences observées et réactions émotionnelles positives (Windhager, 2011; Barton et Pretty, 2010; White, Smith, Humphries <i>et al.</i> , 2010; Karmanov et Hamel, 2008; Biederman et Vessel, 2006; Heerwagen et Orians, 1993; Ruso et Atzwanger, 2003; Ulrich, 1983)
	Lumière dynamique et diffuse	Fonctionnement du système circadien positivement impacté (Figueiro, Brons, Plitnick <i>et al.</i> , 2011; Beckett et Roden, 2009); Meilleur confort visuel (Elyezadi, 2012; Kim et Kim, 2007)		
	Lumière dynamique et diffuse			Meilleure réaction positive de santé; perception changée de l'environnement (Kellert <i>et al.</i> , 2008)
ANALOGIES NATURELLES	Formes et motifs biomorphiques			OPréférences observées de vues (Vessel, 2012; Joye, 2007)
	Lien matériel avec la nature		Baisse de la pression artérielle diastolique (Tsunetsugu, Miyazaki et Sato, 2007); Meilleure performance créative (Lichtenfeld <i>et al.</i> , 2012)	Confort accru (Tsunetsugu, Miyazaki et Sato 2007)
	Complexité et ordre	Réactions de stress physiologique et perceptuel positivement impactées (Salingaros, 2012; Joye, 2007; Taylor, 2006; S. Kaplan, 1988)		Préférences observées de vues (Salingaros, 2012; Hägerhäll, Laike, Taylor <i>et al.</i> , 2008; Hägerhäll, Purcella, et Taylor, 2004; Taylor, 2006)
NATURE DE L'ESPACE	Perspective	Stress réduit (Grahn et Stigsdotter, 2010)	Ennui, irritation, et fatigue réduits (Clearwater et Coss, 1991)	Confort et sécurité perçue accrus (Herzog et Bryce, 2007; Wang et Taylor, 2006; Petherick, 2000)
	Refuge		Meilleure concentration, attention et perception de la sécurité (Grahn et Stigsdotter, 2010; Wang et Taylor, 2006; Petherick, 2000; Ulrich <i>et al.</i> , 1993)	
	Mystère			Forte réaction de plaisir induite (Biederman, 2011; Salimpoor, Benovoy, Larcher <i>et al.</i> , 2011; Ikemi, 2005; Blood et Zatorre, 2001)
	Risque			Fortes réactions de dopamine ou de plaisir (Kohno <i>et al.</i> , 2013; Wang et Tsien, 2011; Zald <i>et al.</i> , 2008)

Le système physiologique doit être stimulé régulièrement, mais juste suffisamment pour que le corps demeure élastique et adaptable. Les réactions physiologiques au stress environnemental peuvent être atténuées par le design architectural, ce qui permet la récupération des ressources corporelles avant l'endommagement des systèmes (Steg, 2007).

CONSIDÉRATIONS SUR LE DESIGN

QU'EST-CE QU'UN BON DESIGN BIOPHILIQUE?

La conception biophilique est une conception architecturale (1) destinée aux personnes en tant qu'organismes biologiques, (2) respectant les systèmes corps-esprit en tant qu'indicateurs de la santé et du bien-être et (3) adaptée à un contexte local. Une bonne conception biophilique comprend des perspectives liées aux conditions de santé, normes socioculturelles et attentes, expériences vécues, fréquence et durée de l'usage, les différentes vitesses de vécu, la perception de l'utilisateur et le traitement de l'expérience ainsi que la création d'espaces qui sont inspirants, sains, qui resserrent et qui intègrent la fonctionnalité du lieu et de l'écosystème (urbain) dans lequel il se trouve. Avant tout, **la conception biophilique doit permettre l'appréciation du lieu.**

PROGRAMMER LA MISE EN ŒUVRE

Les environnements urbains toujours plus denses, couplés à la hausse des valeurs foncières, rendent d'autant plus importante la conception architecturale biophilique à travers un continuum spatial de bâtiments neufs et de bâtiments existants, des parcs et paysages urbains jusqu'aux campus universitaires et dans le cadre de l'urbanisme en général. Chaque cadre peut devenir une plate-forme pour une myriade d'opportunités d'intégrations de conception biophilique, et généraliser les pratiques pour des bâtiments sains tant pour les individus que pour la société. Nous discuterons ici brièvement quelques points de vue clés qui peuvent aider à la planification et aux procédés conceptuels.

Identifier les réactions et résultats désirés

Il est vital pour un architecte de comprendre l'objectif de la conception d'un projet – quelles sont les priorités de santé ou de performance des usagers potentiels ? Afin de définir des stratégies de conception et d'intervention qui restaurent ou augmentent le bien-être, les équipes de maîtrise d'oeuvre doivent comprendre les besoins essentiels en matière de santé ou de performance des usagers. Une première approche consiste à demander : quel est l'espace le plus biophilique possible que nous pouvons raisonnablement concevoir ? Une autre serait de formuler : comment est-ce que la conception biophilique peut améliorer les mesures de performance déjà utilisées par le client (ex : dirigeants d'entreprises, conseils d'écoles, autorités municipales) telles que l'absentéisme, le confort, les arrêts maladie, l'asthme, les ventes de billets ou les résultats scolaires.

Etant donné que de nombreuses réactions biologiques par rapport à l'espace environnant arrivent en même temps (par ex. la baisse des indicateurs physiologiques de stress et l'amélioration de l'humeur générale), et qu'il y a d'innombrables combinaisons de modèles de conceptions et de pratiques, comprendre la santé liée aux priorités aidera à guider le processus de conception architecturale. Les résultats en matière de santé à associer aux espaces biophiliques sont d'un grand intérêt pour les gestionnaires de bâtiments ou de portefeuille, ou encore de ressources humaines, car ils renseignent sur la mesure des bonnes pratiques et du design à long terme, tout comme pour les urbanistes, les décideurs et autres car ils informent sur la politique de santé publique et sur l'urbanisme en place.

« Il y a rarement une solution universelle. La 'bonne' solution, de notre point de vue, est celle qui est appropriée à un contexte et qui répond à chaque situation. »

Rachel Kaplan, Stephen Kaplan et Robert L. Ryan, 1998, *With People in Mind*

Texte original :

"There is rarely a solution that is universal. Rather, the 'correct' solution, in our view, is one that is locally appropriate and responsive to the situation at hand."

Stratégies de conception et pratiques

Les modèles de conception biophilique sont des stratégies flexibles et reproductibles pour améliorer les conditions de l'utilisateur et peuvent être appliqués dans toutes sortes de situations. Tout comme le dispositif d'éclairage d'une salle est différent pour un spa que pour une bibliothèque, les pratiques de conception biophilique se basent sur les besoins d'une population spécifique dans un lieu particulier, et sont donc vouées à varier. Elles reposent sur une littérature solide et sont déclinées en fonction des besoins sur le site, idéalement avec un suivi et une évaluation d'efficacité.

Par exemple, une équipe de maîtrise d'ouvrage peut adopter le modèle de Lien avec la Nature pour améliorer les conditions du lieu de travail, pour une série d'équipements d'intérieurs dans un espace de bureau. La stratégie serait d'améliorer les vues sur l'extérieur et apporter des plantes à l'intérieur ; les pratiques pourraient inclure l'installation d'un mur végétalisé, orienter les bureaux pour maximiser les vues sur l'extérieur, et lancer une collecte parmi les salariés pour des plantes de bureaux. Le détail, le lieu et l'étendue de chacune de ces pratiques mises en œuvre peuvent varier pour chaque bureau dans l'espace donné.

L'équipe de maîtrise d'ouvrage chargée de réduire le stress parmi les infirmiers urgentistes à l'hôpital local peut intervenir en remplaçant les objets d'art abstrait avec des peintures de paysages sur les murs de la salle des infirmiers, et installer un petit jardin et des places assises dans la cour intérieure adjacente. Alors que ce projet utilise également le modèle de Lien avec la Nature, les interventions choisies ciblent spécifiquement la réduction du stress parmi les infirmiers urgentistes, sur la base de l'espace partagé qu'ils utilisent quotidiennement.

Diversité de stratégies de design

Les modèles combinés tendent à accroître la probabilité des bénéfices sur la santé d'un espace donné. À travers l'intégration d'une gamme variée de stratégies de design, ils peuvent répondre aux besoins des différents groupes d'utilisateurs de cultures différentes, et créer un environnement qui ressourçe de façon psychologique, physiologique et cognitive. Par exemple, des espaces végétalisés peuvent améliorer l'auto-estime et l'humeur de chacun, tandis que la présence de l'eau peut avoir un effet apaisant. Cependant, juxtaposer plusieurs stratégies biophiliques dans le seul but de diversifier peut s'avérer contreproductif, sauf si elles sont intégrées et soutiennent un objectif commun de design unifié.

Qualité vs. quantité en matière d'intervention

Lors de la programmation de la mise en œuvre, des questions récurrentes surgissent, notamment qu'est-ce qui est suffisant et qu'est-ce qui rend un design réussi. Une intervention de haute qualité peut être définie par la richesse du contenu, l'accessibilité de l'utilisateur et, comme mentionné plus haut, la diversité des stratégies employées. Une intervention unique de haute qualité peut être plus efficace, et avoir un potentiel de restauration plus important que plusieurs interventions de faible qualité. Le climat, les coûts et d'autres variables peuvent influencer ou limiter la faisabilité de certaines interventions, mais ne devraient pas être considérées comme des obstacles pour atteindre une concrétisation de haute qualité. Par exemple, plusieurs perspectives avec une profondeur de champ faible à moyenne, et avec des informations limitées dans le champ de vision peuvent ne pas s'avérer aussi efficaces (en tant que réponse désirée) qu'une perspective unique et puissante avec une grande profondeur de champ, riche en informations.

Durée d'exposition et fréquence d'accès

Il est difficile d'identifier la durée appropriée d'exposition à un modèle ou une combinaison de modèles. Le temps d'exposition idéal dépend de l'utilisateur et de l'effet recherché, mais de façon générale, les preuves empiriques démontrent que les émotions positives et la récupération mentale peuvent apparaître dès 5 à 20 minutes d'immersion dans la nature (Brown, Barton et Gladwell, 2013; Barton et Pretty, 2010; Tsunetsugu et Miyazaki, 2005).

Lorsqu'une longue durée d'exposition est impossible ou non-désirée, le fait de positionner des conceptions biophiliques le long d'allées qui canalisent un flux piétonnier important aidera à améliorer la fréquence d'accès. Il ne faut pas oublier que les expériences micro-restauratrices – de brèves interactions sensorielles avec la nature qui favorisent un sentiment de bien-être – bien que souvent conçues en réponse à des espaces contraints, sont plus faciles à mettre en œuvre, reproductibles et souvent plus accessibles que des concrétisations plus importantes ; l'exposition fréquente à ces petites interventions peut accroître les bénéfices.

Les questions abondent sur les sujets de durée d'exposition et fréquence d'accès: dans quelle mesure la récupération mentale est affectée par la durée d'exposition à la nature ? Est-ce que les améliorations progressent de façon constante avec l'exposition ou y a-t-il un plafond ? Quelles combinaisons de principes de conceptions peuvent aider à optimiser une expérience biophilique ? Nous espérons que nous répondrons à ces questions dans ce rapport et d'autres à venir (Ryan *et al.*, 2014).

LE DESIGN LOCALEMENT APPROPRIÉ

Aucun endroit n'est pareil ; ceci permet autant de défis que d'opportunités pour la créativité dans l'intégration de modèles de conception biophilique. Quelques réflexions-clés sont abordées ci-dessous, qui peuvent aider à cadrer, prioriser ou influencer les prises de décisions dans le processus de conception.

Climat, écologie et empreinte locale

Historiquement, les êtres humains ont construit des abris à partir des matériaux disponibles alentours et reflétant l'écologie locale ; les formes et les fonctions répondant à la topographie et au climat. Connue sous le nom d'architecture vernaculaire, ces bâtiments et paysages construits sont liés à l'habitat. L'utilisation de bois local, les conceptions adaptées au climat et le xeriscaping – usage de plantes endémiques résistantes à la sécheresse pour créer des paysages qui ressemblent à leur environnement – peuvent chacune être des stratégies efficaces pour concevoir des expériences biophiliques durables.

Qu'ils soient ruraux ou urbains, pas tous les environnements naturels ou tempérés sont "verts" d'aspect, et ne devraient pas l'être. Les terres arides et désertiques peuvent tout autant être importantes pour renforcer le lien biophilique avec le milieu. Certains habitats peuvent engendrer des réactions positives plus fortes que d'autres, mais un petit paysage biodiversifié de type savane sera très probablement préféré à une mer de dunes, un océan ou une forêt dense et sombre.

Caractère et densité : environnements ruraux, péri-urbains et urbains

Dans les environnements ruraux, les interactions entre l'être humain et la nature sont abondantes, et cette exposition régulière à la nature possède des qualités restauratrices que nous prenons peut-être pour acquises. Les installations péri-urbaines sont en général truffées intuitivement de conception biophilique ; le jardin péri-urbain avec ses arbres feuillus, herbes, arbustes et parterres de fleurs est essentiellement une analogie de la savane africaine. Les porches et les balcons



Les exemples de Lien avec la Nature et autres modèles de conception biophilique peuvent être appliqués sous tous les climats et dans tous les environnements, mais peuvent arborer différentes formes, esthétismes et matériaux spécifiques à leurs régions respectives.

De haut en bas: Maison de montagne Tucson par Rick Joy, crédit photo de Pröhl ; Chapelle Thorncrowne par e. Fay Jones © informedmindstravel/Flickr ; nouvelle Gournia par Hassan Fathy © Marc Ryckaert; Construction en toit de chaume © Colin Cubitt/Flickr



Journée des « Park-ing » avec sièges en plein air et un paysagisme temporaire dans les rues. Images (haut) © Paul Krueger/Flickr ; (au-dessus) © sv Johnson/Flickr

offrent bien plus que du charme et de la valeur foncière ; de nombreuses maisons de banlieue et les habitations de lotissements urbains sont rehaussées de 50 cm ou plus, créant ainsi des conditions de Perspective et de Refuge avec des vues à partir des fenêtres, des perrons et des porches. Les avantages potentiels sur la santé humaine sont sous-évalués dans les milieux à haute densité, où les tours résidentielles avec balcon sont limitées et uniquement accessibles aux locataires fortunés.

Les terrains en milieu urbain sont limités et coûteux, donc il est peu réaliste de reproduire les fonctionnalités plus adaptées en milieu rural en termes d'échelle ou d'abondance. À ce titre, les stratégies de conception biophilique diffèrent selon le climat politique local, le zonage, la géographie, les terres disponibles et la propriété. Par exemple, à San Francisco, avec son urbanisme particulier et sa haute densité, la ville a mis en place un système de « parklet », grâce auquel de petits parcs locaux temporaires occupent des places de stationnement pour des périodes limitées dans le temps (voir la ville de San Francisco, 2013). Dans les ruelles de Vienne (Autriche), les restaurants louent des places de stationnement durant tout l'été et installent des tables et un aménagement paysagiste temporaire pour servir des repas en plein air.

Ceci amène la nature dans le noyau urbain et à proximité d'un plus grand nombre de personnes, ouvrant la possibilité à des expériences micro-restauratrices et une remise en valeur de l'espace sous-utilisée pour les gens.

Une approche différente d'intégration de systèmes naturels dans les systèmes urbains est visible dans le programme « verdure en hauteur » de Singapour. Étant donné les niveaux élevés des immeubles qui se sont développés dans la ville tropicale de Singapour au cours des 25 dernières années – une période qui vit la population du pays augmenter de 2 millions de personnes – le gouvernement a proposé un programme d'encouragement pour compenser la perte d'habitat, augmenter l'interaction avec les stimuli naturels et créer la « ville dans un jardin ». Ce programme d'encouragement offre jusqu'à 75 % des coûts pour l'installation de toits et de murs végétalisés (extérieurs et intérieurs) pour les nouvelles constructions (Beatley, 2012). Ce qui est important, c'est que la stratégie soit intégrative et appropriée à la nature et à la densité de l'endroit, et pas simplement un autre mot creux pour rétablir l'écosystème, qui ne reflète pas la relation biologique humaine avec la nature.

Echelle et faisabilité

Les principes de conception doivent être dimensionnés à leur environnement et aux estimations quant aux usagers de l'espace. Ces principes peuvent être appliqués à l'échelle d'un micro-espace, une chambre, un bâtiment, un quartier ou un campus,



Vue aérienne du Centre Technologique de General Motors conçu par Eero Saarinen. Le campus est destiné à n'être emprunté qu'à 50 km/h, le long de l'autoroute. Image © Donald Harrison/Flickr

jusqu'à l'ensemble d'une commune ou d'une ville. Chacun de ces espaces présentera des défis de conception différents selon la programmation, les types d'usagers et les divers paramètres physiques tels que les dynamiques, le climat, la culture, ainsi que les infrastructures existantes ou nécessaires.

La taille et la disponibilité de l'espace sont deux des facteurs les plus communs qui influent sur la faisabilité de modèles de conception biophilique. Par exemple, le modèle de Perspective [P11] requiert généralement un espace important. D'autres modèles, comme le lien avec les systèmes naturels [P7], peuvent être plus aisément mis en place lorsqu'il y a accès à un espace extérieur. Or c'est un défi commun en milieu urbain dense. Cependant, les principes de lien à petite échelle, micro-réparateur visuel [P1], les liens invisibles avec la nature [P2] ou la présence de l'eau [P5] peuvent aussi être très efficaces. Par exemple, il a été démontré que les avantages psychologiques de la nature augmentent sensiblement avec l'exposition à des niveaux plus élevés de biodiversité (Fuller et al., 2007), mais ces avantages n'augmentent pas nécessairement avec une plus grande zone végétale naturelle. A partir de là, nous pouvons extrapoler que les petites expériences micro-réparatrices riches en biodiversité sont pressenties pour être particulièrement efficaces et engendrer une bonne expérience récupératrice et biophilique.

Les micro-restaurations peuvent comprendre des moments de contact sensoriel avec la nature à travers une fenêtre, la télévision, une image, un tableau ou un aquarium. Dans les environnements urbains, où la surcharge sensorielle est courante (Joye, 2007), de telles expériences sont fortement valorisées et ont davantage d'impact quand elles sont situées dans des lieux à grand flux piétonnier, permettant ainsi une meilleure fréquence d'accès pour déclencher les réactions biophiliques recherchées. Les jardins japonais traditionnels sont un exemple parfait de pratique à petite échelle, et reproductible.

La vitesse à laquelle chacun circule à travers un environnement donné, qu'il soit rural ou bien urbain, impacte le niveau d'observation des détails et l'échelle perçue des bâtiments et des espaces. Le Centre Technologique de General Motors à Warren, dans le Michigan, conçu par l'architecte Eero Saarinen en 1949, a été élaboré pour être découvert à hauteur de 50 km/h, ainsi pour le marcheur, l'échelle semble démesurée et l'espacement entre les bâtiments singulièrement distant. C'est la raison pour laquelle les magasins le long des allées des centres commerciaux ont des façades et une signalétique grandes, simples, tandis que les boutiques dans les zones piétonnes ont une signalétique plus petite et plus fine. De façon similaire, le paysagisme le long des autoroutes des ceintures vertes est généralement conçu en bandes larges pour une lecture immédiate. En revanche, un environnement essentiellement piétonnier possèdera davantage de détails fins et subtils parmi le paysage pour permettre des pauses, de l'exploration et une expérience plus intime.

Certains principes, tels que le [P13] Mystère et le [P14] Risque, peuvent s'avérer plus difficilement faisables ou rentables dans un projet d'aménagement intérieur, au vu de la quantité d'espace nécessaire pour une bonne mise en œuvre du modèle. D'un autre côté, les réaménagements intérieurs présentent d'excellentes occasions pour introduire les principes d'Analogies Naturelles qui peuvent être intégrés sur les surfaces telles que les murs, sols, plafonds ainsi que le mobilier et le traitement des fenêtres. En outre, tous les aspects de la biophilie ne sont pas toujours dépendants de l'espace. Certains principes (p. ex., P2, P4, P6, P7) sont plus virtuels ou temporels, n'exigeant que peu ou pas de zone au sol, et d'autres modèles (p. ex., P8-P10) peuvent simplement guider des choix de design qui faisaient déjà partie de la conception architecturale.

Les rénovations majeures, les nouvelles constructions et les plans directeurs de planification fournissent davantage d'opportunités pour intégrer des modèles de conception biophilique qui sont couplés avec des systèmes intégrés au bâtiment, à un campus ou à une échelle communautaire.

BIOPHOBIE ET ÉCOPHOBIE

La biophobie est la peur ou l'aversion de la nature ou des organismes vivants (Ulrich, 1993). De la même façon, l'écophobie fait référence à un dégoût irraisonné mais fermement conditionné, ou une réaction négative envers des formes ou des lieux naturels.

Tandis que la biophobie est vraisemblablement génétique jusqu'à un certain degré, les deux phobies sont des mécanismes acquis de réaction à travers le vécu direct, la culture et l'éducation qui, selon Salinger et Masden (2008), comprend l'éducation architecturale.

Les réactions biophobiques les plus courantes sont à l'encontre des araignées, des serpents, des prédateurs, de la vue du sang et des hauteurs – des éléments qui menacent directement, ou signalent un danger sur le chemin d'évolution de l'humanité. Lorsque la situation est adoucie avec un élément de sécurité (p. ex., une rampe ou une fenêtre en verre), l'expérience peut être transformée en curiosité, euphorie et voire même un certain rééquilibrage des systèmes corps-esprit.

L'AMNÉSIE GÉNÉRATIONNELLE ENVIRONNEMENTALE

Un des défis culturels pour maintenir la connexion entre l'être humain et la nature, tout comme la gestion environnementale, est le phénomène connu sous le nom d'Amnésie générationnelle environnementale – la référence changeante de ce que l'on considère comme une condition environnementale normale – alors qu'elle continue à se dégrader. Comme la dégradation environnementale se poursuit, la référence change avec chaque génération, chacune percevant sa condition dégradée comme la norme, ou comme une situation non-dégradée.

Cette référence changeante varie selon les cultures, les régions géographiques et les sous-groupes (Kahn, 2009), influençant la gestion environnementale, la proximité et l'accès à la nature, et le vécu biophilique. Aider une communauté à comprendre à quoi ressemblait leur habitat quand l'écosystème était sain et intact, est une des façons pour établir un Lien avec les Systèmes Naturels et aidera on l'espère à favoriser et cadrer l'importance des autres champs de la qualité environnementale.

Culture et données démographiques

Les hypothèses et théories courantes indiquent que les préférences contemporaines pour les paysages sont influencées par l'évolution humaine, reflétant les qualités innées des paysages qui ont permis la survie de l'humanité à travers les âges. Ces écoles de pensées incluent la Théorie de la Biophilie (Wilson, 1993 et 1984), la Théorie de la Savane (Orians et Heerwagen, 1992), la Théorie de l'habitat et la Théorie de perspective et de refuge (Appleton, 1975), ainsi que la matrice de préférence (R. Kaplan et Kaplan, 1989). Bien que les recherches empiriques aient démontré l'existence d'un degré d'universalité de préférences de paysages parmi les êtres humains, les préférences ont été modifiées par les influences culturelles, le vécu et les facteurs socio-économiques (Tveit et al, 2007). Les changements dans les préférences de paysage sont ainsi apparus parmi les immigrants, les groupes ethniques, les diverses cultures, le genre et les groupes d'âges.

Les éléments culturels, l'inertie sociale et les compétences écologiques se noient dans les points de vue divergents sur ce qui constitue le naturel, la nature, la sauvage et le beau (Tveit et al., 2007 ; Zube et Pitt, 1981). L'Amnésie Générationnelle Environnementale et la Théorie de l'Esthétisme Ecologique aident à expliquer comment certains points de vue ont pu évoluer, et ces différences entrent en jeu à travers les pays et les régions, tout comme à travers les quartiers dans une même ville.

Tandis que l'ethnicité peut jouer un rôle dans l'influence sur les préférences paysagistes de chacun, les cultures et les groupes autour du monde utilisent les paysages et l'espace de différentes façons (Forsyth et Musacchio, 2005). Les fréquences d'usage, la nature d'utilisation, les taux de participation et les objectifs de visite varient tous énormément selon les nationalités, les cultures et les sous-groupes. Ces facteurs ne veulent pas dire que certains groupes ethniques ont une appréciation moindre pour le paysage, ou une connexion moins significative avec la nature. Simplement, ces groupes utilisent et interagissent avec la nature de façon compatible avec leur culture et leurs besoins. Identifier ces besoins en amont pourra aider à définir les paramètres pour des stratégies et des pratiques de conceptions appropriées.

L'âge et le genre sont également connus pour influencer les tendances réactives biophiliques. Les femmes signalent des niveaux de stress perçus plus hauts que les hommes, cependant elles sont moins prédisposées que ces derniers à profiter de l'espace végétal extérieur accessible durant leur journée de travail (Lottrup, Grahn et Stigsdotter, 2013). Ce qui est extrêmement intéressant, c'est que le degré d'amélioration des fonctions immunitaires suite à une immersion dans la nature est différent selon le genre. Par exemple, après une promenade en forêt, les fonctions immunitaires avaient augmenté de 30 jours chez l'homme, et de seulement 7 jours chez la femme (Li, 2010). Cela suggère que les pratiques qui ciblent les femmes dans un milieu de travail devraient se traduire soit par la priorisation d'expériences de nature intérieures, soit par l'accroissement d'accessibilité des expériences de nature à l'extérieur, pour une exposition prolongée.

Le contact avec la nature bénéficie aux jeunes en leur permettant de gagner davantage de confiance en eux. Les gains en estime de soi grâce au contact avec la nature déclinent vraisemblablement avec l'âge. En termes d'améliorations de l'humeur suite à un contact avec la nature ce sont les personnes âgées et les jeunes qui en bénéficient le moins (Barton et Pretty, 2010), cependant les deux groupes ont des réactions similaires en ce qui concerne la restauration perçue des environnements naturels par rapports aux environnements urbains (Berto, 2007). Avec l'âge, apparaît également une différence de préférence liée au paysage par rapport à la sécurité perçue. Alors qu'une région boisée dans la ville peut être un terrain attractif d'aventure pour un enfant ou un adolescent, la même situation peut être perçue comme risquée par des adultes et des personnes âgées (Kopec, 2006), ce qui pourrait être atténué en intégrant une condition de Perspective – Refuge.

INTÉGRATION DE DESIGN

Planification et design Interdisciplinaire

Développer une stratégie interdisciplinaire en amont d'un projet peut aider à assurer que des opportunités rentables ne soient pas perdues avant d'être totalement envisagées. La biophilie n'est qu'un morceau du puzzle pour créer un environnement réparateur, durable et dynamique. L'intégration d'une stratégie multidisciplinaire en amont du développement – à travers un procédé de sondage des parties prenantes, ou autre – mettra tous les membres de l'équipe sur un même piédestal et permettra l'identification de forces potentielles, de défis et d'opportunités. A long terme, cette approche améliorera la satisfaction du projet et permettra de réaliser des économies.

La biophilie en tant que qualité environnementale

La qualité environnementale est un vaste terme qui recouvre la totalité des propriétés et caractéristiques d'un environnement spécifique, et comment ce dernier affecte les êtres humains et autres organismes dans sa zone d'influence.

La biophilie, comme la qualité de l'air, le confort thermique et acoustique, est un élément essentiel de la qualité environnementale qui va au-delà de la lumière du jour, la toxicité des matériaux, la qualité de l'air, de l'eau et du sol, afin d'inclure la santé biologique humaine et son bien-être.

Quand elle fait partie intégrante de l'examen de la qualité de l'environnement, la biophilie peut également aider à faire le pont entre les besoins humains et la performance du bâtiment. Par ailleurs, nous serions négligents de ne pas reconnaître que les travailleurs de nuit et les travailleurs de l'ombre sont souvent les plus démunis en matière d'expériences biophiliques alors qu'ils sont responsables de la surveillance et du respect des normes de la performance du bâtiment. Du point de vue architectural, les modèles de conception biophilique ont le potentiel de recentrer l'attention du concepteur sur les liens entre les individus, la santé, la conception de haute performance et l'esthétique.

Solutions multifformes

Une bonne conception biophilique permet de s'ancrer dans une stratégie multiforme face à des défis traditionnellement associés à la performance du bâtiment. Il peut s'agir du confort thermique, de l'acoustique, de la gestion de la consommation d'eau et d'énergie, tout comme de problèmes plus vastes tels que l'asthme, la biodiversité et la prévention des risques d'inondation. Nous savons qu'un renouvellement d'air naturel peut aider à la prévention du syndrome du « Bâtiment malsain »^{*} ; l'éclairage avec la lumière naturelle peut diminuer les coûts en énergie, en matière de chauffage et de climatisation (Loftness et Snyder, 2008). De même, une végétation accrue peut diminuer les taux de particules dans l'air, réduire l'effet de serre urbain, améliorer les taux d'infiltration d'air et réduire les niveaux perçus de pollution sonore (Forsyth et Musacchio, 2005). Ces stratégies peuvent toutes être mises en œuvre de façon à atteindre une réaction biophilique pour de meilleures performances, une meilleure santé et un meilleur bien-être.

Les pratiques de design biophilique qui s'intègrent avec d'autres stratégies de performances de bâtiment ont le potentiel d'améliorer la vie de l'utilisateur et l'efficacité des systèmes généraux. La conception de Herbert Dreiseitl pour Prisma à Nuremberg en Allemagne est un bon exemple. Les murs de cascades d'eau servent autant d'instrument de contrôle thermique et d'évacuation des eaux de pluie, que

^{*}NdT : SBM, ou en anglais : « Sick Building Syndrome » (SBS) ou « building-related illness » (BRI), est, dans le domaine de la santé environnementale et de la santé au travail, un syndrome décrivant une combinaison de symptômes ou de maladies médicalement inexplicables et associées à un lieu construit.

LA THÉORIE ÉCOLOGIQUE ESTHÉTIQUE

The ecological aesthetic theory proclaims that knowledge about the ecological functions of a landscape will increase preference ratings for that landscape. This theory depends on knowledge as a key driver of landscape preference (Nassauer, 1995).

As a cultural theory, it can somewhat explain the variations in landscape preferences between social classes. For instance, college students are reported to have more favorable attitudes towards wilderness than secondary school students (Balling et Falk, 1982).

Preferences for more tamed landscapes, typical of heavily urbanized environments, by lower income groups, is contrasted by the preference for wilder landscapes by higher income groups; it can be deduced that education, more accessible to those with higher socioeconomic status, plays a key role in developing the ecological aesthetic (Forsyth et Musacchio, 2005).

de contribution à l'ambiance visuelle et acoustique de l'atrium qui ressemble à un jardin clos. Pour la conception de l'hôpital Khoo Teck Puat à Singapour, l'architecte RMJM s'est associé avec des écologistes et des ingénieurs en amont du processus de développement du projet pour mettre la biophilie, la protection de l'environnement et le design urbain au service de la gestion des eaux pluviales et ainsi atténuer les pertes en biodiversité. L'objectif étant de créer un environnement réparateur pour les patients permettant ainsi au projet d'obtenir de meilleurs résultats qu'avec l'intégration d'un seul de ces domaines (Alexandra Health, 2013). Les pratiques biophiliques sont susceptibles de persister à plus long terme lorsqu'elles sont intégrées dans la programmation et l'infrastructure d'un lieu.

Contrôler l'efficacité

Étant donné que les paysages et les besoins de la population sont dans un état constant d'évolution, il est difficile de s'assurer que la réaction de santé recherchée soit toujours vécue. Il est impossible de prévoir toutes les interactions homme-nature, ou de s'assurer que la réaction désirée se répète sur une période de temps pour chaque utilisateur sur la base d'une stratégie particulière ou une pratique. En effet, nous pouvons supposer que l'efficacité de nombreux principes biophiliques risque d'augmenter et de diminuer avec les cycles diurnes et saisonniers. Par exemple, les bienfaits d'une vue sur la nature peuvent être diminués pendant les mois d'hiver, ou être complètement inexistantes pour les travailleurs de nuit lorsque la vue est enveloppée dans l'obscurité. Cependant, des stratégies secondaires ou saisonnières peuvent aider à maintenir l'équilibre, comme avec des pratiques d'intérieur, offrant la réaction désirée tout au long de l'année.

Les contrôles pour l'éclairage, le chauffage, la climatisation, la ventilation et même contre le bruit peuvent compléter les efforts de conception, ou les réduire à néant lorsque ces contrôles sont mal gérés ou sous-utilisés – garder les stores de fenêtre baissés élimine une connexion visuelle avec la nature, et les hautes cloisons dans un bureau ouvert élimine les possibilités de perspective et de nombreux autres modèles (Urban Green Council, 2013).

Le changement de comportement n'est pas souvent de la compétence de l'architecte. Ainsi, promouvoir la contrôlabilité envers l'automatisation peut changer le processus de conception d'intervention. L'entretien des stratégies mises en œuvre est également une considération importante – y aura-t-il une personne responsable de l'aquarium et pour arroser les plantes ? Mettre à disposition des formations et des discussions avec les exploitants d'installations, ainsi qu'un guide de référence indiquant les paramètres et les besoins d'entretien appropriés, contribuera à maintenir l'ensemble des expériences biophiliques recherchées au sein de la stratégie de conception.

Do Chercher et mesurer l'efficacité

Gérer l'efficacité des modèles de conception biophiliques mis en œuvre dans le but explicite d'améliorer la santé et le bien-être est une nouvelle branche d'enquête. La variabilité de l'environnement bâti, telle que discutée ici, crée un cadre stimulant pour la vérification post-projet ; les mesures quantitatives sont souvent souhaitées, mais pas toujours appropriées, et le caractère très invasif de certaines techniques de mesure et d'outils (IRMF, eeG) ajoute une couche de complexité et de coût. Bon nombre des techniques actuelles utilisées nécessitent un contrôle strict des variables et des coûts, qui tendent à limiter la taille du groupe-test. Il y a, cependant, plusieurs nouvelles technologies, comme les moniteurs de bracelet et le bandeau eeG très léger, qui peuvent ouvrir de nouvelles méthodes rapides d'analyses. Toutefois, jusqu'à ce que ces technologies soient intégrées, des tests rapides peuvent également se faire de manière plus rudimentaire et avec un petit budget.

Comme il n'y a pas deux pratiques identiques, tous les résultats différeront à un degré ou un autre. La culture, le climat, l'âge, le sexe, le caractère de paysage, le statut d'immigrant, la santé mentale et les prédispositions génétiques, par exemple, créent un labyrinthe de données difficilement comparables. Néanmoins, le repérage et le suivi des réactions biologiques humaines et des résultats déclenchés par un modèle biophilique sont essentiels dans le progrès et le développement des conceptions biophiliques en tant que meilleures pratiques.

La science de la biophilie est un domaine qui évolue rapidement. Il y a un intérêt croissant pour la recherche biophilique en psychologie, en neurosciences et en endocrinologie ; et notre compréhension de ces principes sera affinée et renforcée avec les nouveaux éléments de preuves recueillis. Il est tout à fait possible que des principes supplémentaires voient le jour au fil du temps.



Bassin réfléchissant à la Fondation Pulitzer pour les Arts, par Tadao Ando, St. Louis. Image © chaotic float/Flickr



Les Sources Tanner par l'Atelier Dreisettl révelent un modèle de chacune des trois catégories de conception biophilique. Image © Fred Jala/Flickr

LES MODÈLES

LE MODÈLE QUI FERA JURISPRUDENCE

Durant les deux dernières décennies, depuis que Wilson a publié *The Biophilia Hypothesis [La Théorie de la Biophilie]*, l'ensemble de preuves soutenant la biophilie s'est considérablement élargi. Selon les termes de Wilson, les modèles de conception biophilique dans le présent document ont été « séparées et analysés individuellement » pour révéler les affiliations émotionnelles que Wilson a évoqué, mais également les autres relations psycho-physiologiques et cognitives avec l'environnement bâti. Le terme descriptif de « modèle » est utilisé pour trois raisons :

- pour proposer une terminologie claire et standardisée pour la conception biophilique ;
- pour éviter la confusion avec des termes multiples (métrique, attribut, condition, caractéristique, typologie, etc.) qui ont été utilisés pour expliquer la conception biophilique et la biophilie ; et
- pour maximiser l'accessibilité entre les disciplines, en maintenant un langage commun.

L'utilisation de la répartition spatiale est inspirée des prédécesseurs dans *A Pattern language [Un langage de modèle]* (Alexander, Ishikawa, Silverstein et al., 1977), *Designing With People In Mind [Concevoir en gardant les gens à l'esprit]* (R. Kaplan, S. Kaplan, et Ryan, 1998) et *Patterns of Home [Modèles de foyer]* (Jacobson, Silverstein et Winslow, 2002), ainsi que des conférences et des compilations sur les modèles, les formes, les langues et la complexité (Nikos Salingaros, 2000 ; 2013). Christopher Alexander apporte de la clarté à cette intention, avec son explication sur les principes qui

« ...décrivent un problème qui se reproduit encore et encore dans notre environnement, puis décrivent le noyau de la solution à ce problème, de telle sorte que vous pouvez utiliser cette solution un million de fois, sans jamais le refaire de façon identique. »*

Les travaux d'Alexander se sont basés sur la tradition des principes utilisés par les concepteurs et les constructeurs à partir du XVIII^e siècle, mais son travail se concentrait davantage sur les avantages psychologiques des principes avec des descriptions de l'expérience spatiale tridimensionnelle, plutôt que sur l'esthétisme des principes d'antan. Les quatorze principes de design biophiliques qui suivent se concentrent sur les avantages psychologiques, physiologiques et cognitifs.

TRAVAILLER AVEC DES MODÈLES BIOPHILIQUES

Bien qu'alimentés par la science, les principes de conception biophilique ne sont pas des formules ; ils sont destinés à informer, à guider et à aider dans le processus de conception et devraient être considérés comme un outil supplémentaire dans la boîte à outils du concepteur. Le but de la définition de ces modèles est d'articuler les liens entre les aspects de l'environnement bâti et de l'environnement naturel, et comment les gens y réagissent et en bénéficient.

Une fois chaque modèle défini, il est ensuite discuté en termes suivants :

- L'Expérience examine brièvement comment le modèle peut influencer sur la façon de ressentir un espace ;

* Texte original : "...describe a problem which occurs over and over again in our environment, and then describes the core of the solution to that problem, in such way that you can use this solution a million times over, without ever doing it the same way twice."

« ...La biophilie n'est pas simplement un instinct, mais un apprentissage complexe de règles qui peuvent être séparées et analysées individuellement. Les sentiments qui découlent de cet apprentissage se placent le long de plusieurs spectres émotionnels : de l'attraction à l'aversion, de la crainte à l'indifférence, de la tranquillité à l'anxiété axée sur la peur. »*

Edward O. Wilson, 1993
Biophilia and the Conservation Ethic, The Biophilia Hypothesis [La Biophilie et l'éthique de Conservation, The Biophilia Hypothesis, La Théorie de Biophilie]

* Texte original : "...Biophilia is not a single instinct but a complex of learning rules that can be teased apart and analyzed individually. The feelings molded by the learning rules fall along several emotional spectra: from attraction to aversion, from awe to indifference, from peacefulness to fear-driven anxiety."

-
- Les Origines du Modèle mettent en évidence les preuves scientifiques concernant la biologie humaine face à la nature et à l'environnement bâti ;
 - Travailler autour du modèle met en évidence les caractéristiques de conception, les exemples et les considérations ;
 - Les Relations aux Autres modèles relèvent brièvement les possibilités de combinaison de stratégies de conception intégrative biophiliques.

Tout comme les combinaisons entre culture, démographie, références de santé et caractéristiques d'un environnement bâti peuvent impacter différemment le ressenti d'un espace, il en va de même pour chaque modèle de conception. Une solution adaptée résulte de la compréhension des conditions locales et de la relation d'un espace à l'autre, et répond de façon appropriée avec une combinaison de pratiques de conceptions aux besoins uniques d'un espace et de son groupe cible d'utilisateurs.

Enfin, chaque modèle a été évalué selon son impact potentiel global, et la force des recherches sur lesquelles un modèle est construit. Sauf indication contraire, tous les exemples rapportés sont basés sur des données publiées dans une revue savante. Nous reconnaissons que certaines études sont plus rigoureuses que d'autres, et que certains principes bénéficient d'un corps de recherches supérieur pour appuyer des conclusions significatives. Pour aider à communiquer sur cette variabilité, chaque nom du modèle est suivi d'astérisques, où trois astérisques (***) indiquent que la quantité et la qualité des données disponibles examinées par des pairs sont solides et le potentiel d'impact grand, tandis qu'aucun astérisque indique qu'il n'y a qu'un minimum de recherches disponibles pour soutenir la relation biologique entre la santé et le design ; cependant l'information anecdotique est suffisamment adéquate pour émettre des hypothèses sur son impact potentiel et son importance en tant que modèle unique.

Le domaine du design biophilique évolue sans cesse, et comme l'explique Salingaros (2000), de nouvelles disciplines telle que la conception biophilique doivent « résumer ses principes tels qu'ils apparaissent... construire sa propre fondation et squelette logique, sur lesquels la croissance future peut être soutenue. » Avec de nouvelles preuves à l'appui, il est tout à fait possible que certains principes dépassent les autres, et que de nouveaux principes apparaissent. En établissant ces 14 modèles de base, nous espérons encourager la vulgarisation des études scientifiques, le développement du langage et la mise en œuvre de la conception biophilique.

14 MODÈLES DE CONCEPTION BIOPHILIQUE

AMÉLIORER LA SANTÉ ET LE BIEN-ÊTRE DANS L'ENVIRONNEMENT BÂTI

NATURE DANS L'ESPACE



1. Lien visuel avec la nature

A view to elements of nature, living systems and natural processes.

2. Lien invisible avec la nature

Des stimulations auditives, tactiles, olfactives ou gustatives qui engendrent une réaction positive et délibérée à la nature, aux systèmes vivants et naturels.

3. Stimulations sensorielles non-rythmiques

Liens stochastiques et éphémères avec la nature qui peuvent être analysés statistiquement, mais non prévisibles avec précision.

4. Variabilité thermique et renouvellement d'air

Des changements subtils dans la température de l'air, l'humidité, les courants d'air sur la peau et les températures de surface qui imitent les environnements naturels.

5. Présence de l'eau

Une condition qui favorise le vécu d'un endroit à travers la vue, l'audition ou le toucher de l'eau.

6. Lumière dynamique et diffuse

Variation de l'intensité de la lumière et des ombres qui changent selon le temps crée des conditions qui apparaissent dans la nature.

7. Lien avec les systèmes naturels

Prise de conscience des procédés naturels, en particulier les changements saisonniers et temporaires, caractéristiques d'un écosystème sain.

ANALOGIES NATURELLES



8. Formes et motifs biomorphiques

Références symboliques à des arrangements modelés, à motifs, texturés ou numériques qui persistent dans la nature.

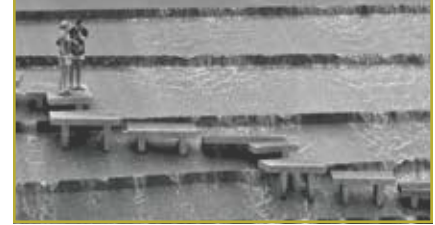
9. Lien matériel avec la nature

Matériaux et éléments de la nature qui, avec une transformation minimale, reflètent le milieu naturel ou la géologie locale pour créer un ressenti différent du lieu.

10. Complexité et ordre

Profusion d'informations sensorielles riches qui adhèrent à une hiérarchie spatiale similaire à celle que l'on peut rencontrer dans la nature.

NATURE DE L'ESPACE



11. Perspective

Une vue imprenable pour la surveillance et la prévision.

12. Refuge

Un lieu pour se retirer des conditions environnementales ou du flux principal d'activités, dans lequel l'individu est protégé de dos et d'au-dessus.

13. Mystère

La promesse d'une richesse d'information atteinte grâce à des vues partiellement obscurcies ou à travers d'autres installations sensorielles qui attirent l'individu à voyager plus profondément dans son environnement.

14. Risque

Une menace identifiable combinée avec une sécurité fiable.



[P1] LIEN VISUEL AVEC LA NATURE

Un lien visuel avec la nature est une vue sur les éléments de la nature et des systèmes vivants et naturels.

L'EXPÉRIENCE

Un espace avec une bonne connexion visuelle avec la nature saisit l'attention et peut être stimulant ou calmant. Il peut faire prendre conscience du temps, de la météo et de la présence d'autres organismes vivants.

LES FONDEMENTS DU MODÈLE

Le lien visuel avec le modèle de la nature est issu des recherches sur les préférences visuelles et sur les réactions aux paysages de nature qui démontrent un stress réduit, un fonctionnement émotionnel plus positif et une meilleure concentration et de taux de récupération. La récupération de stress grâce aux liens visuels avec la nature a été atteinte via la baisse de la tension artérielle et de la fréquence cardiaque ; la réduction de la fatigue attentionnelle, la tristesse, la colère et l'agressivité ; une amélioration mentale de la concentration et de l'écoute, et une attitude de bonheur général. Il est également prouvé que la réduction du stress est liée à des expériences au sein de la nature réelle et des vues d'images de la nature. L'accès visuel à la biodiversité s'avèrerait plus bénéfique pour notre santé psychologique que l'accès à la superficie des terres (p. ex., la quantité de terrains). [P1]

Les recherches sur les préférences visuelles indiquent que la perspective préférée est celle d'une vue plongeante d'une colline qui comprend dans le champ de vision des bosquets d'arbres feuillus, de plantes à fleurs, d'animaux calmes non-menaçants, d'indications d'habitations humaines et de plans d'eau propre (Orians et Heerwagen, 1992).

Ceci est souvent difficile à atteindre dans l'environnement bâti, en particulier dans les cadres urbains denses, bien que les bénéfices psychologiques de la nature augmentent avec les niveaux plus élevés de biodiversité et non pas avec simplement une augmentation de la zone végétale naturelle (Fuller *et al.*, 2007). Des impacts positifs sur l'humeur et l'estime de soi ont également été plus significatifs lors des cinq premières minutes d'une expérience avec la nature, tel que l'exercice physique dans un espace vert (Barton et Pretty, 2010). Il a été prouvé que regarder la nature pendant dix minutes avant de vivre un stress mental induit une variation dans le rythme cardiaque et de l'activité parasympathique (p. ex., régulation des organes internes et des glandes en charge de la digestion, et autres activités qui apparaissent lorsque le corps est au repos) (Brown, Barton et Gladwell, 2013), tandis que regarder un paysage boisé pendant 20 minutes après un stress mental a démontré que la circulation sanguine cérébrale et l'activité du cerveau retournent à un état de repos (Tsunetsugu et Miyazaki, 2005).

Regarder des paysages de nature stimule une plus grande partie du cortex visuel que les paysages non-naturels, et déclenche davantage de récepteurs de plaisir dans notre cerveau, menant à un intérêt prolongé et une récupération plus rapide du stress. Par exemple, le rythme cardiaque de stress à bas niveau, tel que travailler dans un environnement de bureaux, est 1,6 fois plus rapide lorsque le lieu possède une fenêtre donnant sur la nature, par rapport à une projection de haute qualité de la même vue (par ex. via vidéo ou écran plasma), ou pas de vue du tout (Kahn et

RELATION AVEC LES AUTRES MODÈLES

Le lien visuel avec la nature va souvent de pair avec certains autres modèles.

Combinaisons courantes avec impact potentiel le plus significatif :

- [P2] Lien non-visuel avec la nature
- [P3] Stimulations sensorielles non-rythmiques
- [P5] Présence de l'eau
- [P8] Formes et motifs biomorphiques
- [P11] Perspective

al., 2008). En outre, la vue répétée sur la nature réelle, contrairement aux vues non-naturelles, ne diminue pas de façon significative le niveau d'intérêt de l'observateur sur le temps (Biederman et Vessel, 2006).

TRAVAILLER AVEC LE MODÈLE

L'objectif du lien visuel avec la nature est de fournir un environnement qui aide l'individu à détourner son attention afin de reposer ses muscles de l'œil et d'atténuer la fatigue cognitive. L'effet d'une pratique s'améliorera lorsque la qualité de la vue et la quantité de biodiversité visible augmentent.

Une vue sur la nature à travers une fenêtre fournit un bienfait par rapport à un écran digital (par ex vidéo/télé plasma) de la même vue, en particulier parce qu'il n'y a pas de changement **parallaxe** pour les personnes qui vont vers ou tournent autour d'un écran vidéo (Kahn et al., 2008). Ceci pourrait changer avec les avancées en matière de vidéographie tridimensionnelle. Néanmoins, il vaut mieux avoir une nature simulée ou artificielle pour réduire le stress que pas de lien visuel du tout.

Considérations de conceptions pour établir des liens forts avec la nature :

- Donner la priorité à la nature réelle sur la nature artificielle ; et la nature artificielle faite de mieux
- Donner la priorité à la biodiversité par rapport à la superficie ou la quantité
- Donner la priorité ou permettre l'exercice physique à proximité d'espaces verts
- Concevoir un lien visuel qui peut être vécu pendant au moins 5 à 20 minutes par jour
- Concevoir des configurations spatiales et du mobilier qui défendent les perspectives désirées, et ne pas entraver l'accès visuel lors d'une position assise
- Les liens visuels avec même de petites parties de nature peuvent être réparateurs et particulièrement pertinents pour des interventions temporaires, ou dans des espaces où l'immobilier (zone de sol, mur) est limité
- Les avantages de voir la nature réelle peuvent être simulés par un support numérique, qui peut être de plus grande valeur aux espaces, en raison de la nature de leurs fonctions (par exemple, dans l'unité de radiologie des hôpitaux) qui ne peuvent pas facilement intégrer la nature réelle ou des vues sur l'extérieur.

Un exemple d'un environnement conçu avec une excellente connexion visuelle avec la nature est le jardin de bouleaux et de mousse dans l'immeuble du New York Times à New York – un espace taillé au milieu du bâtiment par lequel tout le monde passe en tant qu'entrée et sortie du bâtiment. Joutant un restaurant et les principales salles de conférence, le jardin de bouleaux est une oasis de calme dans l'agitation de Times Square.



EXEMPLES

D'origine naturelle

- Circulation naturelle d'eau
- Végétation et plantes
- Animaux, insectes
- Fossiles
- Terrain, sol, terre

Simulé ou construit

- Circulation mécanique d'eau
- Bassin, aquarium
- Mur végétalisé
- Œuvres d'art représentant des paysages naturels
- Vidéos de paysages naturels
- Paysages fortement aménagés

PARALLAXE



Une parallaxe survient avec un changement de point de vue dû au mouvement de l'observateur, de la scène observée ou des deux à la fois. Le cerveau humain exploite la parallaxe pour gagner en profondeur de champ visuel et estimer les distances des objets.

Page de gauche: Kikugetu-tei, Takamatsu, Japon. Image © wakiiii/Flickr

Au-dessus: Vignoble d'automne près de Blenheim, Nouvelle Zélande. Image © Daniel Pietzsch/Flickr

Gauche: le jardin de bouleaux et de mousse du bâtiment du New York Times, New York par Renzo Piano agit comme une oasis de calme. Image © Hubert J. Steed



[P2] LIEN INVISIBLE AVEC LA NATURE

* *

Des stimulations auditives, tactiles, olfactives ou gustatives qui engendrent une réaction positive et spontanée à la nature, aux systèmes vivants et naturels.

RELATIONS AUX AUTRES MODÈLES

Comme les expériences peuvent être améliorées lorsque combinées avec plus d'un sens, l'intervention d'un deuxième modèle peut aider à identifier la stimulation ou autres qualités de la stimulation.

Combinaisons courantes :

[P1] Lien visuel avec la nature

[P3] Stimulation sensorielle non-rythmique

[P4] Variabilité thermique et renouvellement d'air

[P9] Lien matériel avec la nature

[P5] Présence de l'eau

Et quelques fois également :

[P13] Mystère

L'EXPÉRIENCE

Un espace avec une connexion invisible avec la nature est bien équilibré. C'est une bouffée d'air frais. Les conditions ambiantes sont complexes à percevoir et variables. Elles sont à la fois familières et confortables ; les sons, les arômes et les textures suggèrent l'immersion en pleine nature.

LES ORIGINES DU PRINCIPE

Le modèle de lien invisible avec la nature est issu de plusieurs recherches : sur la réduction de la pression artérielle systolique et des hormones de stress ; sur l'impact des sons et des vibrations sur les performances cognitives ; et sur les améliorations constatées de la santé mentale et de la tranquillité suite à des interactions sensorielles non-visuelles avec la nature non-menaçante. [P2] Chaque système sensoriel a fait l'objet d'études poussées. Nous n'en proposerons ici qu'un résumé.

Auditif. La recherche démontre qu'après un stress psychologique l'exposition aux sons naturels, accélère la restauration physiologique et psychologique jusqu'à 37 % plus rapidement (Alvarsson et al, 2010) que l'exposition aux sons issus d'un milieu urbain ou de bureaux. L'exposition aux sons naturels réduit également la fatigue cognitive et contribue à la motivation (Jahncke et al., 2011). Les participants à une étude qui ont écouté des sons de rivière ou vu un film de nature avec des sons de rivière durant une période de restauration post-travail ont déclaré avoir plus d'énergie et une plus grande motivation après la période de référence, par rapport aux participants qui ont seulement écouté des bruits de bureau ou du silence (Jahncke et al, 2011). En outre, regarder un film avec de la nature et des sons de rivière durant une période de restauration a un effet plus positif que simplement écouter des sons de rivière uniquement.

Le bruit des vagues et celui des véhicules peuvent avoir une grille sonore très similaire. Lors une expérience à l'aide d'un son synthétisé qui reproduit celui des vagues et la structure sonore du trafic, les chercheurs ont observé que les participants traitaient le son synthétisé dans différentes parties du cerveau. En effet, selon qu'ils observaient en parallèle une vidéo de vagues, ou de circulation de véhicules (Hunter et al., 2010), les participants considéraient le son comme agréable en regardant la vidéo de vagues, mais désagréable lors de la visualisation de la vidéo du trafic. Cette étude suggère un lien fort entre nos systèmes sensoriels visuels et auditifs, et le bien-être psychologique.

Olfactif. Notre système olfactif traite les odeurs directement dans le cerveau. Les odeurs peuvent donc être reliées à des souvenirs et des émotions. Les médecines traditionnelles utilisent depuis longtemps les huiles végétales pour calmer ou dynamiser les sens. Des études ont également montré que l'exposition olfactive aux herbes et phytocides (huiles essentielles provenant d'arbres) ont un effet positif sur le processus de guérison et le système immunitaire humain (Li et al., 2012 ; Kim et al., 2007).

Tactile. La zoothérapie est connue pour avoir de profonds effets apaisants sur les patients, que se soit par la compagnie ou par l'acte de caresser la fourrure d'animaux domestiqués. Par ailleurs, les activités de jardinage et d'horticulture engendrent quant à elles l'envie de protéger l'environnement. Chez les enfants, ces activités réduisent la fatigue auto-déclarée. Elles préservent également la souplesse des articulations chez les adultes (p. ex., Yamane *et al.*, 2004) et réduisent la perception de la douleur chez les populations âgées souffrant d'arthrite. L'étude a également démontré que le fait de toucher de vraies plantes, par rapport aux plantes synthétiques, induit une relaxation grâce à un changement du débit sanguin cérébral (p. ex., Koga et Iwasaki, 2013). Ces exemples donnent lieu de croire que le contact avec d'autres éléments de la nature, comme l'eau ou certaines matières premières, pourrait aboutir à des résultats similaires.

Gustatory. La dégustation est une autre façon de s'approcher de la nature et d'appréhender notre environnement. Alors que les adultes sont souvent curieux ou craintifs par rapport aux plantes comestibles et aux herbes, les nourrissons et les tout-petits mettent sans hésiter des objets trouvés à la bouche - ils sont à la recherche d'informations.

TRAVAILLER AUTOUR DU MODÈLE

Le modèle de lien invisible avec la nature vise à fournir un environnement qui utilise les sons, les parfums, le toucher et peut-être même le goût pour inciter l'individu à se connecter avec son environnement. Cela permettra de contribuer à réduire le stress et à améliorer la perception de la santé physique et mentale. Ces sens peuvent être stimulés séparément, même si l'expérience s'intensifie et l'effet sur la santé est multiplié si plusieurs sens sont stimulés ensemble de façon répétée.

Considérations pour établir un lien invisible et intense avec la nature :

- Donner la priorité aux sons naturels par rapport aux sons urbains
- Concevoir des liens invisibles facilement perceptibles depuis un ou plusieurs endroits, et de façon à permettre l'immersion quotidienne (de 5 à 20 minutes à chaque fois).
- Intégrer les liens invisibles avec les autres aspects du programme de perception
- Un seul élément qui vient stimuler différents sens peut améliorer les impacts
- Concevoir des liens visuels et non-visuels de façon à stimuler les sens en parallèle et maximiser les réactions potentielles positives pour la santé

Les jardins de l'Alhambra à Grenade (Espagne), sont un exemple remarquable d'application des 14 modèles. Même si certains principes sont plus évidents à mettre en place dans certains espaces que dans d'autres, des liens invisibles peuvent aisément être établis. A l'Alhambra par exemple, même si les liens visuels avec la nature sont extrêmement importants, ceux invisibles sont également stimulés tout au long de la visite. L'intégration de l'eau et la ventilation naturelle avec l'architecture est au cœur de l'expérience non-visuelle, soutenant un lien continu entre les espaces intérieurs et extérieurs, ainsi qu'entre le bâtiment et le paysage naturel environnant. La chaleur solaire pénètre à des endroits distincts, la galerie des murmures résonne des sons de la nature extérieure, et des jardins de romarin, de myrtes et d'autres plantes parfumées entourent les locaux. L'utilisation intensive de fontaines d'eau crée un microclimat - l'espace et les sons sont plus frais – de même que le carrelage et les mains courantes près des voies d'eau qui refroidissent les pieds et les mains grâce à la conductivité des matériaux choisis.

EXEMPLES

D'origine naturelle

- Herbes et fleurs odorantes
- Chants d'oiseaux
- Eau qui coule
- Météo (pluie, vent, grêle)
- Ventilation naturelle (fenêtres inclinables, courants d'air)
- Matériaux texturés (pierre, bois, fourrure)
- Feu crépitant/cheminée
- Zones de soleil
- Surfaces chaudes/fraîches

Simulés ou construits

- Simulations numériques de sons naturels
- Extraction mécanique d'huiles essentielles de plantes
- Tissus et textiles hautement texturés qui imitent les textures de matériaux naturels
- Installation d'eau audible et /ou physiquement accessible
- Musique avec qualités fractales
- Horticulture/jardinage, y-compris plantes comestibles
- Animaux de compagnie
- Ruches d'abeilles



Au-dessus : fontaines et jardins dans le Calat Alhambra à Grenade, en Espagne, qui fournissent une expérience non-visuelle avec la nature. Image © Dax Fernstrom/Flickr

Gauche : morske Orgulje (orgue de mer), Zadar, Croatie. Image © Bohringer Friedrich



[P3] STIMULATIONS SENSORIELLES NON- RYTHMIQUES

* *

Les stimulations sensorielles non-rythmiques sont des connexions stochastiques et éphémères avec la nature qui peuvent être analysées statistiquement, mais qui ne peuvent pas être prédites avec précision.

RELATIONS AUX AUTRES MODÈLES

Les stimulations sensorielles non-rythmiques diffèrent des [P2] connexions non-visuelles avec la nature, car elles comprennent tous les systèmes sensoriels et sont plus couramment rencontrées au niveau subconscient par l'exposition momentanée qui n'est pas réellement cherché ou attendu ; alors que les liens non-visuels peuvent être délibérés et planifiés sur de plus longues durées prévisibles.

Combinaisons habituelles :
[P1] Lien visuel avec la nature
[P4] Variabilité thermique et renouvellement de l'air
[P5] Présence de l'eau
[10] Complexité et ordre
[P13] Mystère

L'EXPÉRIENCE

Un espace avec de bonnes stimulations sensorielles non-rythmiques invite à vivre quelque chose de spécial, quelque chose de frais, d'intéressant, stimulant et énergisant. C'est une distraction brève mais bienvenue.

LES ORIGINES DU PRINCIPE

Le principe de stimulations sensorielles non-rythmiques est issu des recherches sur le comportement du regard (en particulier sur les mouvements réflexes de la vision périphérique) ; sur les modèles de relaxation de la lentille focale de l'œil ; de la fréquence cardiaque, la pression artérielle systolique et l'activité du système nerveux sympathique ; et des mesures comportementales observées et quantifiées de l'attention et de l'exploration. [P3]

Des études sur les réactions humaines aux mouvements stochastiques d'éléments naturels et sur l'exposition momentanée aux sons et parfums naturels ont donné la preuve d'une récupération physiologique chez les sujets étudiés. Par exemple, lorsque vous êtes assis à regarder un écran d'ordinateur ou êtes entrain d'accomplir n'importe quelle tâche avec une focale courte visuelle, la lentille de votre œil s'arrondit avec la contraction des muscles oculaires. Lorsque ces muscles restent contractés pendant une période prolongée, c'est-à-dire, plus de 20 minutes à la fois, une fatigue peut se produire, se manifestant par une fatigue oculaire, des maux de tête et de l'inconfort physique. Une distraction visuelle ou auditive périodique mais brève qui provoque un changement de regard (durée supérieure à 20 secondes) et pour une distance différente (supérieure à 6 m) permet de courtes pauses mentales au cours desquelles les muscles se détendent et les lentilles s'aplatissent (Lewis, 2012 ; Navire, 2012).

TRAVAILLER AUTOUR DU MODÈLE

Le modèle de stimulations sensorielles non-rythmiques vise à encourager l'utilisation des stimulations sensorielles naturelles, qui discrètement attirent l'attention, et permettent ainsi aux personnes travaillant sur des tâches ciblées, de se ressourcer, d'atténuer la fatigue mentale et les facteurs de stress physiologiques. Pour cela, la conception immobilière doit favoriser l'exposition momentanée aux mouvements stochastiques ou imprévisibles, notamment pour stimuler la vision périphérique ou par la diffusion de parfums ou de sons.

Lorsque nous sommes immergés dans la nature, nous éprouvons continuellement des stimulations non-rythmiques : oiseaux qui gazouillent, feuilles qui bruissent, une légère odeur d'eucalyptus dans l'air. L'environnement bâti est devenu un royaume délibérément prévisible. Même les jardins très bien entretenus et la végétation intérieure n'ont pas les qualités nécessaires pour produire des stimuli sensoriels non-rythmiques.

Considérations pour établir des stimuli sensoriels non-rythmiques accessibles et efficaces :

- En règle générale, les expériences sensorielles non-rythmiques devraient avoir lieu environ toutes les 20 minutes pendant environ 20 secondes et, pour les stimuli visuels, à plus de 6 mètres de distance.
- De nombreux stimuli dans la nature sont saisonniers. Ainsi, une stratégie annuelle efficace, devrait intégrer de multiples stimulations en fonction des saisons, et aiderait à faire en sorte que les expériences sensorielles non-rythmiques puissent survenir à tout moment de l'année.
- Dans certains cas, la stimulation peut être semblable au modèle [P1] lien visuel ou [P2] lien non-visuel avec la nature. L'important ici, c'est la qualité éphémère et stochastique de l'intervention.
- Une intervention qui s'appuie sur la simulation de stimuli (plutôt que d'origine naturelle) nécessitera probablement une collaboration en amont avec l'ingénieur ou l'équipe de maintenance.
- Une stratégie de stimulations non-rythmiques peut être intégrée dans presque n'importe quel paysage ou jardin. Par exemple, sélectionner des essences de plantes pour jardinières qui attirent les abeilles, papillons et autres pollinisateurs peut être une application plus pratique pour certains projets que l'entretien d'un rucher ou d'une serre à papillons.
- Les êtres humains perçoivent le mouvement dans leur vision périphérique beaucoup plus rapidement qu'en ligne droite. Le cerveau traite également le mouvement des êtres vivants de façon différente de celui des objets mécaniques (Beauchamp *et al.*, 2003). Le mouvement naturel est généralement perçu comme un mouvement positif, et le mouvement mécanique comme neutre, voire même négatif. Ainsi, le mouvement rythmique répétitif d'un pendule retiendra seulement brièvement l'attention, le tic-tac constant et répétitif d'une horloge peut être ignoré au bout d'un certain temps, et une odeur omniprésente peut perdre sa mystique lors d'une exposition à long terme. Au contraire, le mouvement stochastique d'un papillon captera l'attention à chaque fois, pour des bienfaits physiologiques récurrents.

La communauté de Docksider Green sur l'île de Vancouver, en Colombie-Britannique au Canada, nous donne un excellent exemple d'aménagement favorisant les stimuli non-rythmiques. La mise en œuvre de la restauration de l'habitat et la gestion de l'eau de pluie a conduit à des expériences éphémères d'ondulations des hautes herbes, des chutes d'eau, des bourdonnement d'insectes et à l'apparition d'animaux de passage visibles depuis les passerelles, les porches et les fenêtres autour de la communauté.



EXEMPLES

D'origine naturelle

- Mouvements des nuages
- Courants d'air
- Le bruit des feuilles et des plantes
- Clapotis d'eau
- Mouvement d'insectes et d'animaux
- Gazouillis d'oiseaux
- Fleurs, arbres et herbes odorantes

Simulés ou Construits

- Matériaux ou tissus ondulés qui se déplacent ou brillent avec la lumière ou le vent
- Reflets de l'eau sur une surface
- Ombres ou lumières tachetées qui changent avec le mouvement ou le temps
- Sons naturels diffusés à intervalles imprévisibles
- Huiles végétales mécaniquement extraites

Page de gauche: membrane cinétique du parking du terminal de vols nationaux à l'aéroport de Brisbane, par Ned Kahn. Image © Daniel Clifford

Gauche: La communauté de Docksider Green sur l'île de Vancouver, par Busby Perkins+Will plonge les gens dans des stimuli naturels non-rythmiques. Image © Ellen Moorhouse, *Toronto Star*



[P4] VARIABILITÉ THERMIQUE ET RENOUVELLE MENT D'AIR

* *

La variabilité thermique et d'air peut être qualifiée de subtils changements dans la température de l'air, l'hygrométrie, les courants d'air sur la peau et les températures de surface qui imitent les milieux naturels.

L'EXPÉRIENCE

Un espace avec une bonne variabilité thermique et un bon renouvellement d'air est rafraîchissant, actif, vivant, vivifiant et confortable. L'espace offre autant une sensation de souplesse qu'un sentiment de contrôle.

LES ORIGINES DU PRINCIPE

Le principe de variabilité thermique et d'air est issu des recherches mesurant les effets de la ventilation naturelle, de la variabilité thermique et du confort sur les travailleurs, leur bien-être et leur productivité. Des études complémentaires se sont portées sur leur physiologie et leur perception du plaisir temporel et spatial (Alliesthésie) ; sur l'impact des mouvements de la nature sur leur concentration ; et, en général, sur les effets négatifs de l'approche classique de la conception thermique, qui se focalise uniquement sur la température d'un espace limité, son humidité et sa ventilation tout en minimisant sa variabilité. [P4a]

Les recherches montrent que les gens aiment des niveaux modérés de variabilité sensorielle de l'environnement, notamment pour la variation de la luminosité, du bruit et de la température. Mais, un environnement dépourvu de stimulations sensorielles et de variabilité peut conduire à l'ennui et la passivité (p. ex., Heerwagen, 2006). [P4b] Des études précoces en matière d'alliesthésie indiquent que les sensations thermiques agréables sont mieux perçues quand l'état corporel initial est chaud ou froid, mais pas neutre (p. ex., Heerwagen, 1976). Ces conclusions corroborent les études plus récentes qui rapportent qu'un refroidissement temporaire important d'une petite partie du corps lorsqu'il est chaud, sans qu'il y ait un changement de la température globale du corps, est perçu comme très confortable (Arens *et al.*, 2006), et vice versa.

Selon la théorie de la Restauration de l'Attention, les éléments de « fascination douce » tels que les légers courants d'air ou autres mouvements naturels peuvent améliorer la concentration (Heerwagen et Gregory, 2008 ; S. Kaplan, 1995). D'autres recherches indiquent qu'une variété de conditions thermiques dans une salle de classe peut conduire à une meilleure attention des élèves (Elzeyadi, 2012) ; et que les variations de vitesse de ventilation peuvent avoir un impact positif sur le confort, sans impact négatif sur la fonction cognitive, tout en offrant la possibilité d'une certaine augmentation de la capacité à accéder à une mémoire à court terme (Wigö, 2005).

RELATIONS AUX AUTRES MODÈLES

Combinaisons courantes :
[P6] Lumière dynamique et diffuse
[P7] Lien avec systèmes naturels

Et parfois aussi :
[P3] lien non-visuel avec la nature
[P5] Présence de l'eau
[P13] Mystère

TRAVAILLER AUTOUR DU MODÈLE

Le principe de variabilité thermique et de ventilation vise à fournir un environnement qui permet aux individus d'expérimenter les effets positifs de la variabilité du débit d'air et de la variabilité thermique. L'idée est également de donner à l'utilisateur la possibilité de contrôler les conditions thermiques, soit en utilisant des contrôles individuels, ou en permettant l'accès des occupants aux conditions ambiantes variables dans l'espace.

Cette approche s'oppose à la conception thermique conventionnelle qui tente d'atteindre une zone cible restreinte pour la température, l'humidité et l'air, tout

en minimisant la variabilité : l'objectif est de maintenir des conditions au sein de l' « enveloppe de confort ASHRAE »¹. Lorsque l'ensemble de l'espace répond à cet objectif, les modèles prédictifs en laboratoire affirment que 80 % des occupants seraient satisfaits à n'importe quel moment donné – traditionnellement un résultat acceptable dans toute entreprise. Une autre approche consiste à fournir des combinaisons de températures ambiantes et de surface, d'humidité et d'air, similaires à celles rencontrées à l'extérieur, tout en offrant une forme de contrôle personnel (p. ex., redistribution manuelle, numérique ou physique) sur ces conditions.

La fourniture de matériaux à conductivité variable, des options d'assise avec différents niveaux de chaleur solaire (intérieure et extérieure) ou la proximité avec des fenêtres ouvrantes – aussi agréable que de sentir une brise fraîche lors d'une journée ensoleillée, ou de s'adosser contre une pierre chaude lors d'une journée fraîche – peut améliorer la satisfaction globale dans un espace.

Étant donné que le confort thermique est par nature subjectif et varie fortement entre les individus, il est important de leur donner un degré de contrôle, qui peut se manifester architecturalement (p. ex., accès aux fenêtres ouvrantes ou aux zones ombragées) ou mécaniquement (p. ex., accès aux ventilateurs d'air chaud ou frais économes en énergie, thermostats). Lorsqu'une personne ressent un inconfort thermique, il ou elle prendra probablement des mesures pour s'y adapter (p. ex., mettre un pull ; se déplacer vers un siège différent ; faire une réclamation). Parfois, ces actions adaptatives sont simplement en réaction à des changements dynamiques dans nos préférences personnelles. Il n'est pas nécessaire d'attendre l'inconfort pour créer une expérience thermique améliorée et changer les conditions thermiques de façon positive (Brager, 2014).

Considérations de conceptions :

- Intégrer des conditions thermiques et le renouvellement d'air dans les matériaux, l'éclairage, la ventilation mécanique ou les fenêtres permettra de distribuer la variabilité des conditions sur l'espace et le temps.
- Le confort thermique est une composante essentielle de liaison entre la conception biophilique et le design durable, en particulier au regard du changement climatique et à la hausse des coûts d'énergie. Lorsque la variabilité thermique et la ventilation sont appliquées de façon à élargir la perception individuelle du confort thermique, il peut également aider à réduire les besoins énergétiques pour la climatisation et le chauffage.
- Concevoir des fonctionnalités qui permettent aux utilisateurs de s'adapter facilement et modifient leurs perceptions des conditions thermiques dans leur environnement va augmenter la plage de températures acceptables de deux degrés Celsius au-dessus et en-dessous des paramètres classiques de confort thermique (Nicol et Humphreys, 2002).
- La coordination des stratégies de conception dans l'équipe de maîtrise d'ouvrage (p. ex., architecte, concepteur d'éclairages et ingénieurs MEP (NdT mécanique, électrique et plomberie) en amont du processus de conception schématique sera particulièrement importante pour réaliser les objectifs de conception.

L'Hôpital de Singapour Khoo Teck Puat, des architectes RMJM, est un excellent exemple de variabilité thermique et de débit d'air. La conception passive de l'hôpital puise l'air frais des patios extérieurs ; l'air frais aide à maintenir le confort thermique, tandis que les patients ont également des fenêtres ouvrantes dans leur chambre, ce qui permet un contrôle personnel plus important. La façade et les dispositions internes sont conçues pour améliorer le passage de lumière du jour et la variabilité lumière/ombre, tout en réduisant l'éblouissement. Les allées extérieures et surélevées donnent accès au vent, à l'ombre et à la chaleur solaire.

¹ NdT société américaine des ingénieurs en chauffage, refroidissement et climatisation

EXEMPLES

D'origine naturelle

- Chaleur solaire
- Ombres
- Matériaux à surface rayonnante
- Orientation des lieux/espaces
- Végétation avec densification saisonnière

Simulés ou Construits

- Stratégie d'HvAC (NdT : Chauffage, ventilation et Climatisation)
- Panneaux de contrôles de systèmes
- Vitrage de fenêtres et traitements
- Opérabilité des fenêtres et ventilation croisée



Au-dessus: L'hôpital Khoo Teck Puat à Singapour des Architectes RmJm se sert de l'air frais et de la lumière du soleil pour améliorer le confort thermique. Image © Jui-Yong Sim/Flickr

Gauche: Cloîtres à San Juan de Los Reyes, Tolède, Espagne. Image © Ben Leto/Flickr



[P5] PRÉSENCE DE L'EAU

**

La présence de l'eau améliore l'expérience d'un lieu à travers la vue, l'écoute ou le toucher.

L'EXPÉRIENCE

Un espace où l'eau tient une place importante est perçu de façon fascinante et captivante. La fluidité, le son, l'éclairage, la proximité et l'accessibilité de l'élément contribuent à déterminer si un espace est stimulant, calmant, ou les deux.

LES ORIGINES DU PRINCIPE

Le principe d'amélioration de l'espace grâce à la présence de l'eau est issu une fois encore de différentes recherches sur les préférences visuelles et les réactions émotionnelles positives aux environnements contenant des éléments d'eau. Ces réactions sont variées et se caractérisent par la réduction du stress, l'augmentation du sentiment de quiétude et une diminution du rythme cardiaque et de la pression artérielle suite à une exposition à des jeux d'eau par exemple. La présence de l'eau permet également une meilleure concentration et la restauration de la mémoire induite par des stimuli visuels complexes, naturellement fluctuants. Enfin, l'eau améliore la réceptivité psychologique et physiologique lorsque plusieurs sens sont stimulés simultanément. [P5]

Les recherches sur les préférences visuelles indiquent une préférence pour une vue sur l'eau claire (c'est-à-dire non polluée) (Heerwagen et Orians, 1993). Les recherches ont également montré que les paysages avec de l'eau suscitent une réaction réparatrice plus élevée et ont généralement une plus grande préférence parmi les populations par rapport aux paysages sans eau. Les conclusions suggèrent que des paysages naturels sans eau et les paysages urbains avec des éléments d'eau possèdent des bienfaits a priori égaux (Jahncke et al., 2011 ; Karmanov et Hamel, 2008 ; White et al., 2010).

Les études sur les réactions aux activités menées dans les espaces verts soulignent que la présence de l'eau améliore l'estime de soi et l'humeur des participants par rapport à celles des individus ayant pratiqué des activités dans des environnements verts sans présence d'eau (Barton et Pretty, 2010). Le bruit et le toucher de l'eau réduisent également le stress (Alvarsson et coll., 2010 ; Faisan et al., 2010).

TRAVAILLER AUTOUR DU MODÈLE

Le principe d'introduction de l'eau souhaite capitaliser sur les attributs multi-sensoriels de l'eau pour améliorer le vécu d'un lieu d'une manière qui soit apaisante, qui invite à la contemplation, qui améliore l'humeur et assure le repos cognitif.

Les expériences répétées avec la présence de l'eau ne diminuent pas significativement notre niveau d'intérêt au fil du temps (Biederman et Vessel, 2006). Ainsi, une petite pièce d'eau peut suffire. Profiter des sons créés par l'eau à petite échelle et notre habilité à la toucher, va amplifier la réponse désirée sur la santé avec une expérience multi-sensorielle. Des panoramas aux vastes étendues d'eau ou l'accès physique aux plans d'eau naturels ou artificiels peuvent également déclencher des réactions positives sur la santé des individus, tant que les espaces sont perçus comme « propres » ou non pollués. Des images de la nature qui incluent des éléments aquatiques sont

RELATION AUX AUTRES MODÈLES

Principes généralement améliorés :
 [P1] Lien visuel avec la nature
 [P2] Lien non-visuel avec la nature
 [P7] Lien avec systèmes naturels
 [P11] Perspective
 [P14] Risque

davantage susceptibles de contribuer à réduire la tension artérielle et la fréquence cardiaque que des images semblables sans éléments aquatiques.

Principes de conception pour optimiser les impacts liés à la présence de l'eau :

- Donner la priorité à une expérience multi-sensorielle de l'eau pour atteindre de meilleurs résultats.
- Donner la priorité aux mouvements de l'eau naturellement fluctuants par rapports aux mouvements prévisibles, ou à l'eau stagnante.
- De grands volumes ou de grandes turbulences d'eau peuvent créer un inconfort, changer le taux d'humidité ou diminuer la qualité acoustique, de sorte que la proximité peut influencer la pertinence
- Des installations aquatiques peuvent être fortement consommatrices d'eau et d'énergie, et doivent par conséquent être utilisées avec parcimonie, en particulier sous les climats avec peu d'accès à l'eau. Un plan d'eau à l'ombre et des surfaces réfléchissantes vont minimiser les pertes d'eau par évaporation et contribuer à l'expérience biophilique.

La cour intérieure Robert et Arlene Kogod au musée Smithsonian d'Art américain à Washington, DC, est un excellent exemple de la présence d'eau, avec un miroir d'eau conçu par Gustafson Guthrie Nichol, Ltd., qui sert aussi d'espace événementiel. L'ancien espace extérieur a été annexé avec une conception ondulée comme une canopée conçue par Foster + Partners, suggérant la ressemblance avec l'eau ou des nuages. Sur plusieurs zones de sols en pente douce apparaissent des fentes d'où émerge un filet d'eau, qui coule à travers la pierre texturée, puis disparaît en divers emplacements vers le centre de la Cour. Le mince plan d'eau reflète la lumière et le temps extérieur. Il invite les passants à le toucher. Lors d'événements, le système est drainé et devient partie intégrale du plancher.



EXEMPLES

D'origine naturelle

- Rivière, cours d'eau, océan, étang, tourbières
- Accès visuel à la pluie qui tombe
- Oueds et crues saisonniers

Simulés ou Construits

- Mur d'eau
- Cascade artificielle
- Aquarium
- Fontaine
- Courant d'eau artificiel
- Reflets d'eau (réels ou simulés) sur une autre surface
- Image avec des éléments d'eau dans la composition

Page de gauche : Université Rice, TX.
Crédit photo : archdaily.com

Gauche : La cour intérieure Robert and Arlene Kogod du musée Smithsonian d'Art américain, Washington, DC, par Foster + Partners et la paysagiste Kathryn Gustafson de Gustafson Guthrie Nichol, Seattle, Ltd., présente de minces plans d'eau qui courent sur le sol, reflétant le temps à l'extérieur et les conditions d'éclairage. Image © Tim Evanson/Flickr



[P6] LUMIÈRE DYNAMIQUE ET DIFFUSE

* *

La lumière diffuse et dynamique s'appuie sur les différentes intensités de lumière et d'ombres qui changent au fil du temps pour créer les conditions qui se produisent dans la nature.

L'EXPÉRIENCE

Un espace avec de bonnes conditions de lumière : dynamique et diffuse, traduit les expressions du temps et du mouvement, et crée ainsi une scénographie particulière.

LES ORIGINES DU PRINCIPE

La conception de l'éclairage a longtemps été utilisée pour instaurer l'ambiance d'un espace. En effet, différentes conditions d'éclairage suscitent différentes réactions psychologiques. L'impact de la lumière du jour sur la performance, l'humeur et le bien-être a été étudié pendant de nombreuses années et dans de multiples environnements. C'est un domaine complexe de la science et de la conception, de nombreuses publications techniques en témoignent.

Les premières études ont montré que la productivité est plus élevée dans les lieux de travail inondés par la lumière naturelle du jour. Les ventes sont plus élevées dans les magasins éclairés naturellement, et les enfants ont de meilleures notes dans les salles de classe éclairées naturellement et avec des vues sur l'extérieur – les recherches portaient sur les stratégies d'éclairage et de performance, et moins sur la biologie humaine. Par exemple, l'éclairage naturel de qualité a été indiqué pour induire des humeurs plus positives et significativement moins de caries dentaires chez les élèves qui fréquentent les écoles bénéficiant d'un éclairage de qualité, que les élèves qui fréquentent des écoles avec des conditions moyennes de luminosité (Nicklas et Bailey, 1996).

Une recherche récente s'est concentrée sur la fluctuation d'éclairage et le confort visuel, les facteurs humains et la perception de la lumière, et les impacts de l'éclairage sur le fonctionnement du système circadien. [P6] La lumière du soleil change de couleur, du jaune le matin au bleu à midi, et au rouge dans l'après-midi ; le corps humain réagit à cette transition de couleur de la lumière du jour. La réponse est apparente dans la température corporelle, le rythme cardiaque et le rythme circadien. Une teneur élevée en bleu clair (similaire à la couleur du ciel) produit de la sérotonine ; tandis que l'absence de lumière bleue (qui se produit pendant la nuit), produit de la mélatonine. L'équilibre entre la sérotonine et la mélatonine peut être lié au sommeil de qualité, à l'humeur, la vigilance, la dépression, le cancer du sein et autres problèmes de santé (Kandel *et al.*, 2013).

RELATION AUX AUTRES MODÈLES

Combinaisons courantes :

- [P1] Lien visuel avec la nature
- [P3] Stimulations sensorielles non-rythmiques
- [P4] Variabilité thermique et d'air
- [P13] Mystère

Et parfois aussi :

- [P5] Présence de l'eau
- [P7] Lien avec les systèmes naturels
- [P8] Formes et motifs biomorphiques

TRAVAILLER AUTOUR DU MODÈLE

L'objectif du principe de lumière dynamique et diffuse est double : fournir aux utilisateurs les options d'éclairage qui stimulent l'œil et retiennent l'attention d'une manière qui engendre une réponse positive psychologique ou physiologique, et pour aider à maintenir le fonctionnement du système circadien. L'objectif ne devrait pas être de créer une distribution uniforme de la lumière à travers un espace (ennuyeux), ni de créer des différences extrêmes (c.-à-d., gêne d'éblouissement).

L'œil humain et la gestion de la lumière et des images dans le cerveau sont adaptables sur un large éventail de conditions, même s'il y a des limites. Par exemple, lorsque la différence d'éclairage entre des sources attenantes ou des surfaces ont une

luminosité ou un ratio de luminance de plus de quarante à un, un éblouissement peut se produire, qui diminue le confort visuel (Clanton, 2014). Dans les domaines d'activité, les ratios de luminance entre le travail à accomplir et l'environnement immédiat ne doivent pas dépasser un rapport de 10 à un. Alors que de grandes différences d'éclairage peuvent être parfaites pour certains espaces religieux, de socialisation ou de circulation, elles ne sont pas adéquates dans les milieux de travail.

L'éclairage diffus sur la verticale et sur des surfaces de plafond, fournit un contexte calme à la scène visuelle. L'éclairage accentué et d'autres couches de sources lumineuses créent de l'intérêt et de la profondeur, tandis que l'éclairage personnalisé offre une flexibilité localisée en intensité et dans une direction précise. Ces couches aident à créer un environnement visuel agréable (Clanton, 2014).

Le mouvement de la lumière et des ombres le long d'une surface peuvent attirer notre attention : par exemple, la lumière tachetée sous la canopée d'un peuplier, ou les reflets d'ondulation de l'eau sur un mur. Ces modèles tendent à être des fractales, et le cerveau est en harmonie avec le déplacement des fractales (voir [P10] complexité et ordre).

Tout comme les variations de surfaces lumineuses sont importantes pour l'interprétation des surfaces, effectuer une variété de tâches et la sécurité de la navigation, l'éclairage circadien est important pour la santé biologique. Ainsi, varier les possibilités de fluctuation de l'éclairement, la distribution de la lumière et la variabilité de la couleur de la lumière qui stimulent l'œil humain sans causer de gêne, améliorera la qualité de l'expérience de l'utilisateur.

Considérations de conception pour trouver un équilibre entre la lumière dynamique et diffuse :

- Les conditions d'éclairage dynamiques peuvent aider à la transition entre les espaces intérieurs et extérieurs
- Des conditions d'éclairage radicalement dynamiques, comme avec un mouvement durable, le changement des couleurs, la pénétration de la lumière directe du soleil et de forts contrastes, peuvent ne pas convenir pour les espaces où sont effectuées les activités qui requièrent de l'attention dirigée
- L'éclairage circadien sera particulièrement important dans les espaces que les gens occupent pendant de longues périodes de temps.

Un excellent exemple d'une condition de lumière dynamique et diffuse se trouve au Yale Center for British Art, conçu par Louis Kahn. Malgré l'apparence extérieure austère du bâtiment, la diversité des espaces intérieurs, les différentes orientations des fenêtres, les lanterneaux, les fenêtres de toit et le grand atrium central permettent à la lumière de pénétrer et de se répandre à des niveaux variables. Elle améliore l'expérience des visiteurs tout en préservant les conditions intérieures nécessaires à l'affichage des beaux-arts.



EXEMPLES

D'origine naturelle

- Lumière du jour à partir d'angles différents
- Lumière directe du soleil
- Lumière diurne et saisonnière
- Eclairage du feu
- Lumière de la lune et des étoiles
- Bioluminescence

Simulés ou Construits

- Plusieurs sources multiples de lumière électrique à faible éblouissement
- Illumination
- Distribution légère
- Éclairage diffus sur le plafond et les murs
- Traitement des fenêtres préservant la lumière du jour
- Éclairage personnel et d'appoint
- Éclairage accentué
- Variateurs et modulateurs individuels de lumière
- Réglage de la couleur d'éclairage qui produit la lumière blanche au cours de la journée et minimise la lumière bleue nuit

Page de gauche: visionnaire, New York, NY. Architectes Pelli Clarke Pelli. Crédit photo: Bill Browning

Gauche: Le Yale British Art museum à New Haven, CT, par Louis Kahn, utilise l'éclairage naturel pour illuminer doucement les œuvres d'art et créer des expériences spectaculaires. Image © K. Kendall/Flickr



[P7] LIEN AVEC LES SYSTÈMES NATURELS

Le lien avec les systèmes naturels est la prise de conscience des processus naturels, notamment les changements saisonniers et temporels caractéristiques d'un écosystème sain.

RELATION AUX AUTRES MODÈLES

Couplages courants :

- [P1] Lien visuel avec la nature
- [P2] Lien non-visuel avec la nature
- [P3] Stimulations sensorielles non-rythmiques
- [P5] Présence de l'eau

Et parfois aussi :

- [P4] Variabilité thermique et d'air
- [P6] Lumière dynamique et diffuse
- [I3] Mystère

L'EXPÉRIENCE

Un espace disposant d'une bonne connexion avec les systèmes naturels évoque une relation avec un ensemble plus vaste, créant une conscience de la saisonnalité et des cycles de vie. L'expérience est souvent relaxante, profonde et instructive.

LES ORIGINES DU PRINCIPE

Il y a une documentation scientifique limitée à propos des effets sur la santé liés à l'accès à des systèmes naturels. Cependant, tout comme [P5] la présence de l'eau, ce modèle est susceptible d'améliorer les réactions favorables à la santé. Dans *Conception Biophilique* (Kellert et al., 2008), Kellert parle de « modèles naturels et procédés », par lesquels voir et comprendre les processus de la nature peut créer un changement de perception de l'environnement. Ce modèle est structuré par un fort élément temporel. Il peut être exprimé sur le plan culturel. Pensons par exemple au Japon et à ses diverses représentations de l'éphémérité des cerisiers en fleurs dans l'art traditionnel.

TRAVAILLER AUTOUR DU MODÈLE

L'objectif du principe de lien avec les systèmes naturels est d'accroître à la fois la connaissance sur la nature et la bonne gestion des écosystèmes. Une stratégie à élaborer autour de ce principe peut être aussi simple que d'identifier le contenu sémantique dans une vue de la nature (les arbres à feuilles caduques dans les jardins ou la floraison des orchidées sur le rebord de la fenêtre). Ou encore, il peut s'agir d'établir une relation entre le comportement des usagers des bâtiments et l'eau de pluie (biosphères tropicales, évacuation des eaux de pluie), en réglementant les activités domestiques (douche, lessive) au cours d'épisodes de pluie. Dans les deux cas, la composante temporelle est généralement le facteur-clé dans la reconnaissance des formes et le déclenchement d'une conscience plus profonde d'un écosystème.

Principes de conception et occasions pour aider à créer des liens de qualité avec les systèmes naturels :

- Intégration de la récupération des eaux de pluie et réalisation d'un plan paysager qui puisse entrer en interaction avec la pluie
- Dans certains cas, fournir un accès visuel aux systèmes naturels existants sera l'approche la plus simple et la plus rentable. Dans d'autres cas, l'incorporation des tactiques de conceptions réactives (par exemple, utiliser des matériaux qui changent de forme ou étendent leur fonction avec l'exposition à la chaleur solaire, le vent, la pluie/humidité ou l'ombre), les structures (par exemple, les puits à degrés) et les formations terrestres (biosphères, oueds, dunes) sera nécessaire pour atteindre le niveau désiré de sensibilisation
- Concevoir des possibilités interactives, surtout pour les enfants, les patients et les personnes âgées (programme d'enseignement intégratif ; programmes d'horticulture, jardins communautaires ; cuisine/alimentation saisonnière)

A l'extérieur des bureaux de grand standing du cabinet d'architectes COOKFOX à New York, se trouve une toiture totalement végétalisée d'environ 300 m² qui change de couleur et de dynamique de saison en saison. Observer un faucon capturer un petit oiseau change la perception des employés vis-à-vis des toits végétaux qui les voient comme un écosystème et non pas comme un simple jardin décoratif. Les employés ont ainsi pu remarquer le changement de comportement des abeilles durant les périodes de canicule et d'humidité. De même, lorsque le rucher a été envahi par les abeilles voleuses, et à nouveau quand la récolte de miel d'été a pu être observée. Le goût différent du miel par rapport à celui récolté en automne a également accru la sensibilité des employés à l'importance des variations naturelles.



Au-dessus : Le toit végétalisé des bureaux des Architectes COOKFOX à New York qui change drastiquement tout au long de l'année, connectant les occupants visuellement avec les saisons et l'écosystème local. Crédit photo : Bill Browning

Gauche : Sources Tanner, Portland, Oregon. Atelier Dreiseitl, architect. Crédit photo : GreenWorkSpC

EXEMPLES

D'origine naturelle

- Modèles climatiques et météorologiques (Pluie, grêle, neige ; vent, nuages, brouillard ; tonnerre, foudre)
- Hydrologie (précipitations, écoulements d'eaux de surface et ressources ; inondations, sécheresse ; crues saisonnières)
- Géologie (failles terrestres visibles et fossiles ; érosion des dunes)
- Comportements des animaux (prédation, alimentation, accouplement, habitation)
- Pollinisation, croissance, vieillissement et décomposition végétale (insectes, fleurs, plantes)
- Modèles diurnes (couleur de la lumière et intensité ; ombre ; réceptivité des plantes ; comportement animal ; changements de marée)
- Ciel étoilé (étoiles, constellations, la voie lactée) et cycles (phases de la lune, éclipses, alignements planétaires, événements astronomiques)
- Les tendances saisonnières (gel-dégel ; intensité lumineuse et de couleur ; cycles des plantes ; migrations animales ; odeurs ambiantes)

Simulés ou Construits

- Systèmes d'éclairage naturel simulé en transition avec les cycles diurnes
- Habitats sauvages (nichoirs, ruchers, haies, végétation florale)
- Exposition à des jeux d'eau
- Puits à degrés pour le stockage des eaux de pluie saisonnières et convergence sociale
- Patine naturelle des matériaux (cuir, pierre, cuivre, bronze, bois)



[P8] FORMES ET MOTIFS BIOMORPHIQUES

*

Les principes Formes et motifs biomorphiques sont des références symboliques aux arrangements aux motifs et textures récurrentes dans la nature.

L'EXPÉRIENCE

Un espace avec un bon motif ou modèle biomorphique est confortable, voire même captivant ; il se prête à la contemplation.

ORIGINES DU MODÈLE

Les Formes et motifs biomorphiques sont issus des recherches liées aux préférences de vues (Joye, 2007) sur la réduction du stress et sur l'amélioration de la concentration grâce au déplacement de l'attention. Nous avons une préférence visuelle pour toutes les formes biologiques et biomorphiques, mais cela n'a pas encore été prouvé scientifiquement. Alors que notre cerveau reconnaît que les motifs et formes biomorphiques ne sont pas des êtres vivants, nous pouvons les décrire comme des représentations symboliques de la vie (Vessel, 2012).

La nature a horreur des angles droits et des droites ; l'angle d'or, qui mesure environ 137,5 degrés, est l'angle entre les fleurons successifs dans les fleurs, tandis que les courbes et les angles de 120 degrés sont souvent visibles dans d'autres éléments de la nature (p. ex., Thompson, 1917).

La série de Fibonacci (0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34...) est une séquence numérique qui se produit dans nombreux organismes vivants, les plantes en particulier. La phyllotaxie, ou l'espacement des feuilles, des branches et des pétales de fleurs (afin que les nouvelles pousses ne bloquent pas le soleil ou la pluie à cause des croissances plus âgées) suit souvent la série de Fibonacci. Le Juste Milieu (ou Section d'or), est en lien avec la série de Fibonacci. Il s'agit d'un ratio de 1:1.618 qui apparaît à maintes reprises parmi les formes de vie, comme dans la disposition des graines du tournesol ou la spirale de coquillages.

Les Formes et motifs biomorphiques ont été artistiquement exprimées depuis des millénaires, à travers l'ornement des temples antiques jusque dans des exemples plus modernes tels que l'Hôtel Tassel à Bruxelles (Victor Horta, 1893) et les structures de la Gare do Oriente à Lisbonne (Santiago Calatrava, 1998). L'expression architecturale des proportions mathématiques ou les arrangements qui se produisent dans la nature sont encore plus intrigant, nourrissant la prose philosophique depuis Aristote et Euclide. De nombreuses cultures ont utilisé ces relations mathématiques dans la construction des bâtiments et des espaces sacrés. Les pyramides d'Égypte, le Parthénon (447-438 av. J.-C.), Notre Dame de Paris (1163), le Taj Mahal en Inde (1632-1653), la tour Cn à Toronto (1976) et le Centre éducatif du projet Eden en Angleterre (2000) ont tous utilisé la Section d'or.

TRAVAILLER AUTOUR DU MODÈLE

L'objectif des Formes et motifs biomorphiques est de fournir des éléments de conception représentatifs au sein de l'environnement bâti, qui permettent aux utilisateurs d'établir des liens avec la nature. L'idée est d'utiliser les Formes et motifs biomorphiques d'une manière qui puisse créer un environnement visuellement agréables, améliorant les performances cognitives tout en contribuant à réduire le stress.

RELATION AUX AUTRES MODÈLES

Combinaisons courantes :
[P1] Lien visuel avec la nature
[P10] Complexité et ordre

Depuis toujours, les êtres humains ont décoré leurs espaces de vie avec des représentations de la nature. Les architectes ont créé des espaces inspirés des arbres, d'os, des ailes, de coquillages. De nombreux ornements d'édifices classiques sont dérivés de formes naturelles, et d'innombrables imprimés de tissus sont basés sur des feuilles, des fleurs et des peaux d'animaux. Le design et l'architecture contemporains ont introduit des formes de constructions plus biologiques avec des bords plus doux et même avec des qualités biomimétiques.

Il existe deux grands types de solution pour intégrer des formes et motifs biomorphiques : soit avec un élément esthétique intégré dans le décor du lieu, soit en faisant de l'élément une partie intégrante de la conception structurelle ou fonctionnelle du bâtiment. Les deux approches peuvent être utilisées en tandem pour améliorer l'expérience biophilique.

Considérations de conception qui peuvent aider à créer des conditions biomorphiques de qualité :

- Utiliser 2 ou 3 plans ou dimensions (par exemple, sol et mur ; fenêtres meublées et soffites) pour une plus grande diversité et fréquence d'exposition.
- Éviter l'utilisation abusive des formes et des motifs qui peuvent conduire à une toxicité visuelle
- Des interventions plus globales seront plus rentables mais impliquent d'introduire le principe assez tôt dans la conception.

L'Hôtel Art nouveau Tassel à Bruxelles (Victor Horta, architecte, 1893) est un de nos exemples favoris pour ses formes et motifs biomorphiques. L'espace intérieur est ponctué d'analogies naturelles, avec des vrilles graphiques de vigne peintes sur les murs, dessinées dans les rampes et balustrades, les mosaïques de sol, les détails des fenêtres, et sur les meubles et les colonnes. Les marches courbées à plusieurs niveaux semblent faire référence à des coquilles ou des pétales de fleurs.



EXEMPLES

Décor

- Tissus, tapis, dessins de papier peint basés sur la série de Fibonacci ou la Section d'or
- Détails de fenêtres: ornements, moulures, verre de couleur, texture, meneaux sculptés
- Installations et sculptures autoportantes
- Détails de mobilier
- Travail sur bois, maçonnerie
- Décalque de mur, peinture de style ou texture

Forme/Fonction

- Arrangement du système structurel (p. ex., colonnes en forme d'arbres)
- Forme du bâtiment
- Panneaux acoustique (mur ou plafond)
- Garde-corps, rampes d'escalier, clôtures, portails
- Forme du mobilier
- Détails de la fenêtre : frit, lumière, étagères, palmes
- Forme de voie et couloir
- Pathway and hallway form

Page de gauche : Façade de l'Hôpital Manuel Gea González à Mexico. Image © misia-nov-dom

Gauche : L'escalier biomorphique tout en courbes, les mosaïques, balustrades, l'éclairage, les détails des fenêtres et autres éléments décoratifs de l'Hôtel Tassel à Bruxelles, par Victor Horta, est un exemple classique des formes et motifs biomorphiques. Image © Eloise Moorhead



[P9] LIEN MATÉRIEL AVEC LA NATURE

Le lien matériel avec la nature désigne les matériaux et les éléments de la nature qui, grâce à un traitement minimal, exprime le biotope ou la géologie locale.

L'EXPÉRIENCE

Un espace avec une bonne connexion matérielle avec la nature sera chaleureux et authentique. Il sera parfois stimulant au toucher.

ORIGINES DU PRINCIPE

Le principe de lien matériel avec la nature est issu d'un ensemble limité de recherches scientifiques sur les réactions physiologiques à des quantités variables de matières naturelles, et sur l'impact que la palette de couleurs naturelles peut avoir sur les performances cognitives, en particulier la couleur verte. Malgré une documentation limitée, il existe un nombre grandissant d'expérimentations architecturales en la matière.

Une de ces études a démontré qu'une différence dans le ratio de bois sur les murs d'un espace intérieur a conduit à des réactions physiologiques différentes (Tsunetsugu, Miyazaki et Sato, 2007). Les chercheurs ont observé qu'une salle avec un ratio modéré de bois (soit 45 % de couverture), induisait une diminution significative de la pression artérielle diastolique et une augmentation significative de la fréquence du pouls ; alors qu'une diminution de l'activité cérébrale a été observée à forte dose (c'est-à-dire 90 % de couverture), ce qui pourrait être très réparateur dans un spa ou cabinet de médecin, ou contre-productif dans le cas d'un espace où l'on exige une haute fonctionnalité cognitive.

Dans une série de quatre expériences examinant l'effet de la présence de la couleur verte sur le fonctionnement psychologique des participants, les résultats ont conclu que l'exposition à la couleur verte avant la réalisation d'une tâche « facilite la performance de la créativité, mais n'a aucune influence sur les performances analytiques » (Lichtenfeld *et al.*, 2012). Les humains sont également capables de distinguer plus de variations dans la couleur verte que dans n'importe quelle autre couleur (Painter, 2014). Toutefois, l'influence sur la créativité ou les autres réactions corps-esprit des différentes nuances de vert n'ont pour l'heure pu être interprétées.

TRAVAILLER AUTOUR DU MODÈLE

L'objectif du principe de lien matériel avec la nature vise à explorer les caractéristiques et les quantités de matières premières naturelles à utiliser pour engendrer des réactions positives cognitives ou physiologiques. Dans certains cas, il peut y avoir plusieurs couches d'informations dans les matériaux qui améliorent le lien, notamment la connaissance acquise sur le matériel, les textures familières ou les fractales imbriquées qui se produisent dans un motif de grain de bois ou de pierre.

Les matériaux naturels peuvent être décoratifs ou fonctionnels, et sont généralement traités ou fortement altérés (planche de bois, comptoir de granit) à partir de leur état « naturel », et bien qu'ils soient extraits de la nature, il ne s'agit que d'analogies avec les éléments dans leur état « naturel ».

RELATION AUX AUTRES MODÈLES

Combinaisons courantes :

[P1] Lien visuel avec la nature

[P2] Lien non-visuel avec la nature

[P8] Formes et motifs biomorphiques

[10] Complexité et ordre

Principes de conception qui peuvent aider à créer des liens avec des matériaux de qualité :

- Les quantités d'un matériau (naturel) et sa couleur doivent être spécifiées sur le cahier des charges ainsi que sa fonction (par exemple, pour restaurer ou stimuler la fonction cognitive). Il est préférable de varier les matériaux et les couleurs.
- Les matériaux synthétiques seront à éviter. En effet, les récepteurs humains peuvent faire la différence entre le réel et le synthétique.
- L'incorporation de la couleur verte peut améliorer les environnements créatifs ; toutefois, des études scientifiques sur l'impact de la couleur verte ont été menées pour la plupart dans des environnements contrôlés de laboratoire, par conséquent la dépendance de la couleur pour susciter la créativité doit être considérée comme expérimentale.

Le hall d'entrée de la tour de la Bank of America à One Bryant Park à New York (COOKFOX Architects, 2009) est un bon exemple de diverses pratiques de matériaux en lien avec la nature. On pénètre dans le gratte-ciel de verre en saisissant une poignée de porte en bois mince. Les murs intérieurs de l'entrée sont recouverts de pierres de Jérusalem – les carreaux avec la plus haute teneur fossile ont été intentionnellement placés à l'angle où ils sont le plus rencontrés voire même touchés par les passants. Le revêtement de l'ascenseur du hall d'entrée, d'une couleur chaude, procure un sentiment de calme pour les personnes qui attendent pour monter et son aspect patiné le rend doux au toucher.



EXEMPLES

Décor

- Accent sur les détails (grains des bois naturels, cuir, pierres, textures fossiles, bambou, rotin, herbes séchées, liège)
- Surfaces intérieures (placage, comptoirs)
- Travail sur bois, sur pierre
- Palette de couleurs naturelles, en particulier les verts

Forme/Fonction

- Construction murale (bois, pierre)
- Systèmes structurels (poutres massives en bois)
- Matériaux de façade
- Forme des meubles
- Sentiers, ponts

Page de gauche : pavillon Bambou par WOHA architects. Crédit photo : WOHA architects

Gauche : Couloir des ascenseurs revêtus de cuir dans la tour de la Bank of America à New York par les architectes COOKFOX réchauffe visuellement l'espace. Image © Bilyana Dimitrova / Photographie par Bilyana Dimitrov



[P10] COMPLEXITÉ ET ORDRE

**

Complexité et ordre est une promesse d'informations sensorielles riches qui adhèrent à une hiérarchie spatiale semblable à celle que l'on rencontre dans la nature.

L'EXPÉRIENCE

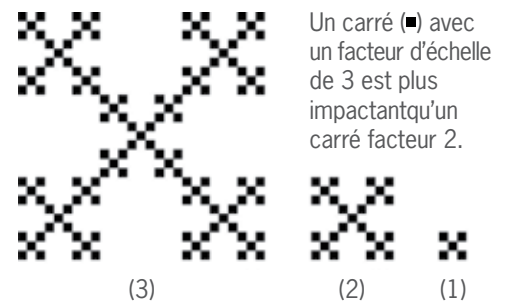
Un espace avec un bon équilibre entre complexité et ordre est un espace équilibré, qui évite les écueils d'un lieu où trop d'informations brouilleraient les sens.

ORIGINES DU PRINCIPE

Le principe d'équilibre entre complexité et ordre est issu des recherches sur les géométries fractales et des préférences de vues ; les réactions perceptives et physiologiques face à la complexité des fractales dans la nature, en art et dans l'architecture ; et de la prévisibilité des flux et des motifs dans la nature. [P10]

Les recherches ont confirmé à plusieurs reprises la corrélation entre les géométries fractales dans la nature et celles en art et en architecture (p. ex., Joye, 2007 ; Taylor, 2006). Les opinions divergent sur la dimension adéquate de la fractale pour engendrer une réaction positive sur la santé. Existe-t-il réellement un ratio optimal ? Est-il important à identifier pour les mesures de référence ? Nikos Salingaros (2012) a examiné une série de ces perspectives avec une grande clarté, en notant que la gamme de dimensions fractales préférée est potentiellement très large ($D = 1, 3-1,8$) selon l'application.

Des dessins de fractales imbriquées qui s'expriment comme une troisième itération de la conception de base (p. ex., avec un facteur d'échelle de 3, cf illustration) sont plus susceptibles d'atteindre un niveau de complexité, donnant ainsi une impression d'ordre et réduisant le stress (Salingaros, 2012). Une qualité qui s'est perdue dans une grande partie de l'architecture moderne, qui tend à limiter la complexité à la seconde itération, et entraîne par conséquent une forme terne et insuffisamment nourricière, qui ne parvient pas à stimuler l'esprit ou engendrer une réduction du stress physiologique.



Aux deux extrémités du spectre, les œuvres d'art non-fractales et les œuvres de grande dimension fractale ont démontré qu'elles induisent du stress (Hägerhäll et al., 2008 ; Taylor, 2006). Des environnements et des conceptions trop complexes peuvent entraîner un stress psychologique et même des nausées. Selon Judith Heerwagen et Roger Ulrich, les occupants dans un bureau de la Marine US dans le Mississippi ont déclaré des nausées, des maux de tête et des étourdissements, des symptômes fréquemment associés à la qualité de l'air intérieur ou une mauvaise ventilation. Il a été établi que l'interaction de multiples modèles de motifs de papier peint, des modèles complexes dans les tapis et les motifs moirés dans les tissus des sièges provoquaient une sensation de mouvance des espaces quand les occupants traversaient l'espace, et par conséquent causaient des problèmes de perception visuelle (Heerwagen, communication personnelle, mars 2014).

Des motifs fractals peuvent être identifiés dans l'art classique et l'architecture vernaculaire des capitales de la Grèce antique et d'Égypte, l'art des mayas, L'Art

RELATION AUX AUTRES MODÈLES

- Couplages courants :
- [P1] Lien visuel avec la nature
 - [P2] Lien non-visuel avec la nature
 - [P8] Formes et motifs biomorphiques
 - [P9] Lien matériel avec la nature

islamique et égyptien, les temples hindous, Angkor Bat au Cambodge (XII^e siècle) et la Tour Eiffel à Paris (1889). Les fractales sont également évidentes dans des œuvres bien connues comme celles de Botticelli, Vincent van Gogh et Jackson Pollock.

TRAVAILLER AUTOUR DU MODÈLE

Le modèle de complexité et ordre vise à fournir des symétries et des géométries fractales, configurées avec une hiérarchie spatiale cohérente, pour créer un environnement visuellement nourrissant qui engendre une réaction positive psychologique ou cognitive (Salingaros, 2012).

Les fractales peuvent exister à n'importe quelle échelle, de babioles de bureau ou motifs de textiles, à la conception de façade, de grille urbaine jusqu'aux infrastructures de transport régional. Des paysages de nature comprennent généralement plusieurs dimensions fractales – les paysages de savane possèdent souvent des dimensions fractales moyennes – ainsi il y a potentiellement de nombreuses possibilités d'incorporer des fractales.

Un défi courant dans l'environnement bâti est l'identification de l'équilibre entre un environnement riche en informations qui est intéressant et réparateur ; et un environnement surchargé d'informations qui est écrasant et stressant. Cibler un ratio dimensionnel optimal pour les applications de conception peut être problématique (c'est-à-dire, chronophage, incohérent voire même inexact), des résultats à long terme peuvent s'avérer douteux et essentiellement moins importants que l'incorporation de dessins à trois itérations fractales. Comme le souligne Salingaros (2012), identifier les géométries fractales précises dans les paysages naturels existants, les structures et les œuvres d'art est un défi, alors que générer de nouvelles œuvres avec des fractales complexes est assez facile. Par conséquent, déterminer des œuvres d'art fractales, par exemple, peut ne pas être l'utilisation la plus efficace des ressources du projet.

Considérations de conception qui peuvent aider à créer des conditions de Complexité et ordre de qualité :

- Donner la priorité aux œuvres d'art et à la sélection des matériaux, aux expressions architecturales et paysagères et aux schémas directeurs qui révèlent des géométries fractales et des hiérarchies.
- Des structures fractales avec trois itérations auront plus d'impact qu'une conception limitée à deux itérations.
- La technologie informatique qui utilise les algorithmes des fonctions mathématiques et géométriques peut produire des dessins fractals dans l'architecture, la conception et la planification des applications en toute simplicité. Si un dessin ou modèle fractal est créé, envisagez d'utiliser des géométries avec un ratio dimensionnel moyen (grosso modo, $D = 1,3-1,75$).
- Une surexploitation et/ou une exposition prolongée à des dimensions hautement fractales pourrait provoquer un malaise voire même la peur, au contraire de la réaction prévue : nourrir et réduire le stress. L'absence ou la sous-exploitation des fractales en conception pourrait entraîner désintérêt et prévisibilité complète.
- Un nouveau bâtiment ou aménagement paysager doit prendre en compte son impact sur la qualité de la fractale de l'horizon urbain existant.

La galerie et l'Atrium Allen Lambert à Brookfield Place, à Toronto, au Canada, conçu par Santiago Calatrava (1992), est situé entre plusieurs bâtiments. La structure s'inspire des cathédrales et est riche en informations. Ses colonnes ordonnées s'élèvent dans un couvert d'arbres, s'apparentant à des formes complexes, baignant le lieu de lumières et d'ombres diffuses sur la cour intérieure, et suscitant la curiosité des visiteurs.

EXEMPLES

Décor

- Motif de papier peint et moquette
- Texture des matériaux et profil
- Détails de fenêtres: ornements et moulures, couleur de verre, texture, design de meneau, détails de fenêtre
- Sélection de variétés de plantes et placement
- Huiles essentielles complexes
- Stimulations auditives

Forme/Fonction

- Structure exposée/exosquelette
- Systèmes mécaniques exposés
- Matériaux de Façade
- Hiérarchie de Façade, fenêtres et allèges
- Silhouette construite
- Plan de sol, paysagisme, maillage urbain
- Flux pédestres et de véhicules
- Flux de ressources



Au-dessus : La structure de plafond de la galerie et de l'atrium Allen Lambert à Brookfield Place par Santiago Calatrava à Toronto. Image © Reto Fetz/Flickr

Gauche : Palais d'été, Beijing, Chine. Crédit photo : Bill Browning



[P11] PERSPECTIVE ***

Une perspective est une vue dégagée sur une distance, permettant la surveillance et l'organisation.

L'EXPÉRIENCE

Un espace bénéficiant d'une bonne perspective favorise le sentiment d'ouverture et de liberté et procure un sentiment de sécurité et de contrôle, en particulier lorsqu'il s'agit d'espaces isolés ou d'environnements non familiers.

ORIGINES DU PRINCIPE

Le principe de la perspective est issu des recherches sur la préférence visuelle et les réactions à l'agencement spatial, ainsi que sur l'anthropologie culturelle, la psychologie évolutionniste et l'analyse architecturale. Les bienfaits sur la santé incluent des réductions de stress, d'ennui, d'irritabilité, de fatigue et de vulnérabilité perçue, ainsi que l'amélioration du confort. [P11]

En termes de psychologie évolutionniste, nous sommes davantage attirés par des habitats semblables à la savane africaine dans laquelle nous avons évolué en tant qu'espèce. Cette idée est mise en évidence dans les recherches sur les préférences visuelles par Jay Appleton en 1977 dans *L'Expérience du paysage*, où il s'est demandé pourquoi certaines vues étaient préférées à d'autres. Wilson et Kellert (1993) affirment que nos préférences de vue, voire nos préférences esthétiques, ont leurs racines dans des points référentiels dont dépendent notre survie. Par exemple, les fleurs sont des indicateurs de croissance des plantes en bonne santé et signalent la disponibilité des ressources dans le futur (Orians et Heerwagen, 1992). La savane, avec son terrain ouvert et ses bosquets d'arbres procurant des zones d'ombre, devient plus favorable lorsqu'elle est combinée avec de l'eau, un sous-étage de fleurs et de plantes herbacées, des animaux calmes et qui broutent, et des preuves d'habitations humaines. Le fait que nous soyons génétiquement prédisposés à préférer cet environnement est évoqué dans *La Théorie de la savane* (Orians & Heerwagen, 1986 et 1992).

Une perspective lointaine (supérieure à 30 mètres) est préférée par rapport aux courtes distances focales (inférieures à 6 mètres) car elle fournit un plus grand sentiment de conscience et de confort (Herzog et Bryce, 2007), réduisant les réactions au stress, particulièrement dans des endroits isolés ou dans des environnements non familiers (Petherick, 2000). Une bonne perspective de type « savane » est vaste et riche en information.

TRAVAILLER AUTOUR DU MODÈLE

L'objectif du principe de la perspective est de fournir aux usagers une vue riche en termes d'opportunités. L'objectif du principe de perspective est de fournir aux usagers des conditions appropriées pour une découverte visuelle ou une contemplation des opportunités et des risques de l'environnement direct. Au niveau du paysage, la perspective s'exprime à partir d'une position élevée ou à travers une étendue. Bien qu'une position élevée puisse améliorer (à l'intérieur comme à l'extérieur) la perspective, cela n'est pas obligatoire pour créer une expérience de perspective de qualité.

RELATION AUX AUTRES MODÈLES

Principes complémentaires :
[P1] Lien visuel avec la nature
[P5] Présence de l'eau
[P12] Refuge
[P13] Mystère
[P14] Risque

Il existe potentiellement une infinité de combinaisons pour appliquer les caractéristiques du principe de perspective (Dosen et Ostwald, 2013). Il y a la perspective intérieure, extérieure, mais aussi la profondeur courte et la perspective de grande profondeur qui peuvent se produire simultanément. La complexité et la variété des façons de réaliser une perspective rendent cet élément graphique très puissant.

En matière d'espaces intérieurs ou d'espaces urbains denses, la perspective est la possibilité de voir d'un espace à un autre, et est renforcée lorsqu'il y a des distinctions claires et la possibilité de voir à travers plusieurs espaces (Hildebrand, 1991).

Des considérations de conception peuvent aider à créer des conditions d'une perspective de qualité :

- Bien orienter le bâtiment, les fenêtres, les couloirs et les bureaux, de façon à optimiser l'accès visuel aux panoramas intérieurs ou extérieurs ainsi qu'à des lieux d'activités ou destinations.
- Concevoir avec ou autour d'un écosystème de type savane (existant ou suggéré) un plan d'eau et des signes d'activité humaine ou des habitations nourrira la richesse des informations de la perspective.
- Fournir des focales supérieures à 6 mètres, de préférence 30 mètres ; lorsqu'un espace a une profondeur suffisante, les propriétés spatiales peuvent être exploitées pour améliorer l'expérience en éliminant les obstacles visuels. Limiter les hauteurs de cloisons à un peu plus d'1 mètre fournira des barrières spatiales tout en permettant aux occupants assis de voir à travers un espace. Les végétations de type sous-bois ou haies devraient être aménagées en suivant des critères similaires les limites de hauteur préférées dépendront du terrain et de la façon dont l'espace est le plus utilisé (par ex., assis, debout, à vélo).
- Positionner les cages d'escalier dans le périmètre du bâtiment avec des façades vitrées et des escaliers en verre offrant ainsi des conditions favorables à la création de perspective.
- En présence de hauts plafonds, le fait d'élever le périmètre ou les espaces intérieurs de 30 à 45 cm permettra d'améliorer la condition de la perspective.
- Souvent, la qualité de la vue et l'équilibre entre la perspective et [P12] le refuge seront plus importants que la taille ou la fréquence de l'expérience.
- Reportez-vous au [P1] lien visuel avec la nature pour optimiser l'expérience de la perspective avec une vue de qualité.

La Cour centrale de l'Institut Jonas Salk en Californie, conçue par Louis Kahn, est un exemple populaire d'une condition de perspective presque pure. Cet espace surélevé est délimité par les ailettes inclinées des bureaux adjacents, et un petit ruisseau coule à travers la cour vers l'océan Pacifique. Il y a quelques petits arbres dans les jardinières à l'entrée de la cour, mais une fois dans l'espace, le regard est aspiré vers l'extérieur.



CARACTÉRISTIQUES DES EXEMPLES

Attributs spatiaux

- Distance de focale ≥ 20 pieds (6 mètres)
- Hauteur de cloison ≤ 42 pouces (haies ; cloisons opaques dans les bureaux)

Caractéristiques courantes

- Matériaux transparents
- Balcons, allées, réceptions de cages d'escalier
- Plans de sol ouverts
- Plans surélevés
- Vues comprenant des arbres feuillus, des éléments aquatiques ou des preuves d'habitations humaines
- Views including shade trees, bodies of water or evidence of human habitation

Page de gauche : Jardins au Château baroque de Vaux-le-Vicomte à Maincy, en France. Image © Mark B. Schlemmer/Flickr

Gauche : La place centrale de l'Institut Salk par Louis Kahn à La Jolla, en Californie, encadre une vue sur l'océan Pacifique. Image © Bill Browning



[P12] REFUGE

* * *

Le refuge est un lieu de retrait dans lequel l'individu est protégé.

L'EXPÉRIENCE

Un espace de refuge procure un sentiment de sécurité, de recul et de retrait – favorisant le travail, la protection, le repos ou la guérison – à un individu seul ou à de petits groupes. Un bon espace de refuge doit se détacher du milieu ambiant; ses caractéristiques spatiales peuvent être contemplatives, enveloppantes et protectrices, sans être forcément séparatrices.

ORIGINES DU PRINCIPE

Le principe du refuge est issu des recherches sur les préférences visuelles et les réactions à l'aménagement spatial, et leurs relations aux conditions de la perspective [P11]. Les conditions de refuge ont montré leur importance lors d'expériences sur la restauration et sur la réduction du stress, grâce à la baisse de la pression artérielle et de la fréquence cardiaque. Parmi les autres avantages du refuge, on peut citer une réduction de l'irritabilité, de la fatigue et de la vulnérabilité perçues, ainsi qu'une augmentation de la concentration, de l'attention, la perception et de la sécurité (Grahm et Stigsdotter, 2010; Wang et Taylor, 2006; Petherick, 2000; Ulrich et al., 1993).

Les publications de Jay Appleton (1977, 1996) sont axées sur la théorie, et constituent une bonne référence globale pour les principes de perspective et de refuge. Grant Hildebrand (1991) a écrit le plus clairement sur la perspective et le refuge dans l'environnement bâti, et ses travaux constituent une bonne référence en termes d'applications. Selon les termes de Hildebrand, « *La lisière d'un bois est l'une des conjonctions les plus répandues en matière de conjonctions perspective-refuge naturelles* » car elle offre une protection contre les intempéries et les prédateurs, mais permet la surveillance extérieure. Néanmoins, du point de vue de la santé, les réactions au modèle de refuge sont plus fortes que les réactions à la perspective, et les réactions sont renforcées lorsque ces deux conditions spatiales convergent (Grahm et Stigsdotter, 2010).

Dans les petits parcs urbains, la taille du parc est moins importante que l'immersion dans un environnement clos propice à la récupération (p. ex., Nordh, Hartig, Hägerhäll et Fry, 2009). Dans les grands parcs, les espaces de refuge situés sous les arbres et la végétation bordant un espace ouvert ou une prairie sont des endroits privilégiés (p. ex., Ruddell et Hammitt, 1987). Bien que la science n'ait pas encore établi de mesures de fréquence ou de durée d'accès à des conditions de refuge, l'équilibre entre le refuge et la perspective est vraisemblablement plus important que la taille ou la fréquence de l'expérience (Appleton, 1996).

RELATION AUX AUTRES MODÈLES

Principes complémentaires :
[P4] Variabilité thermique et de flux d'air
[P6] Lumière dynamique et diffuse
[P11] Perspective
[P13] Mystère

TRAVAILLER AUTOUR DU MODÈLE

L'objectif principal du principe du refuge est de fournir aux usagers un environnement facile d'accès et sécurisant – soit une petite partie d'un espace plus important – qui favorise la récupération. L'objectif secondaire est de limiter l'accès visuel dans l'espace de refuge. La principale condition spatiale est d'avoir une protection au-dessus de soi et derrière soi, de préférence sur trois côtés; le placement stratégique ou l'orientation de l'espace peuvent également influencer la qualité de l'expérience.

Fonctions courantes d'un refuge :

- Protection du temps/climat ;
- Intimité visuelle ou de parole ;
- Réflexion ou méditation ;
- Repos ou relaxation ;
- Lecture ;
- Tâches cognitives complexes ;
- Protection des dangers physiques

Dans la plupart des cas, le refuge n'est pas entièrement fermé : il permet ainsi un contact (visuel ou auditif) avec le milieu environnant pour permettre la surveillance. Plus il y a de côtés protégés, plus les conditions de refuge sont réunies ; cependant, un refuge complet – avec une protection de tous les côtés – n'est pas nécessairement la solution la plus appropriée ou efficace, car il ne maintient pas une relation à un espace plus grand. Un toit en appentis traditionnel, une banquette confortable contre une baie vitrée ou un fauteuil au coin du feu sont d'excellents exemples de refuge de base.

Les espaces de refuge prennent plusieurs formes ; la bonne compréhension du contexte et la définition de l'expérience prévue pour l'utilisateur influenceront donc certainement les décisions de conception. Il existe des combinaisons infinies d'éléments de conception pouvant créer un espace de refuge de qualité permettant de procurer de l'ombre ou une protection vis-à-vis d'un environnement naturel ou anthropisé.

Principes de conception :

- Les espaces de refuge intérieur sont généralement caractérisés par des plafonds abaissés. Pour les espaces dont la hauteur de plafond est standard, cela équivaut à environ 45 à 60 cm en dessous du plafond principal. Cet abaissement est souvent réalisé par le biais de techniques particulières : soffite, lambris de plafond suspendu ou acoustique, ou encore tissus suspendus.
- Pour les espaces extérieurs ou intérieurs avec des plafonds hauts (supérieurs à 4 mètres), un différentiel plus drastique peut être nécessaire pour atteindre les résultats souhaités ; des alcôves autoportantes ou végétatives et des structures en mezzanine sont souvent efficaces.
- Lors d'une conception destinée à une population plus importante ou à plusieurs types d'activités, le fait de prévoir plusieurs types d'espaces de refuge permet de répondre à des besoins différents, notamment par le biais de dimensions, d'éclairages et de degrés de dissimulation différents.
- Les niveaux d'éclairage dans les espaces de refuge devront être différents de ceux des espaces adjacents et devront pouvoir être réglés individuellement pour élargir les fonctionnalités de l'espace de refuge.

Le tronc d'un gros arbre feuillu auquel on peut s'adosser est un espace de refuge classique, tout comme une banquette à haut dossier dans un restaurant, un coin lecture dans une bibliothèque scolaire, un arrêt de bus couvert ou un porche enveloppant. Les cabanes dans les arbres sont un exemple intemporel de refuge ; et le Cliff Palace à Mesa Verde (Colorado), construit en 1 200 après J.-C., est l'un des meilleurs exemples historiques de refuges : ses habitations procurent une sensation de confinement et de protection contre le climat aride et des prédateurs potentiels. L'impression de refuge est renforcée par les éléments de perspective, grâce à sa position surélevée et à la vue sur le canyon.

CARACTÉRISTIQUES DES EXEMPLES

Attributs spatiaux

- Refuge modulaire : petite protection (fauteuil à haut dossier, treillis au-dessus de soi).
- Refuge partiel : plusieurs côtés couverts (coin-lecture, alcôve, canapé juxtaposé aux baies vitrées, lit à baldaquin, thébaïde ou abri de jardin, grand arbre feuillu, arcade, sentier couvert ou porche).
- Refuge complet : dissimulation complète ou quasi-complète (cabine pour lire/téléphoner/dormir, salle de réunion avec plus de 3 murs, bureau privé, cabane dans les arbres).

Fonctions communes

- Espaces avec protection du temps/climat, ou intimité visuelle et de parole.
- Espaces réservés à la réflexion, la méditation, le repos, la relaxation, la lecture ou des tâches cognitives complexes.
- Stores, écrans ou cloisons opérables, réglables ou translucides (ou semi-opaques).
- Plafond abaissé ou soffite, porte-à-faux ou canopée.
- Couleur de la lumière, température ou luminosité atténuées ou variées.



Gauche : Palais Cliff, Mesa Verde, CO. Image © Terry Feuerborn/Flickr

Ci-dessus : Les alcôves et banquettes protégées le long du pont Henderson, à Singapour, procurent un sentiment de refuge. Image © Reggie Wan/Flickr



[P13] MYSTÈRE

* *

Le mystère révèle les informations avec parcimonie par le biais de vues obscures ou la stimulation d'autres sens incitant l'individu à découvrir plus profondément son environnement.

L'EXPÉRIENCE

Un espace mystérieux stimule la curiosité et incite à examiner l'espace de plus près.

LES ORIGINES DU PRINCIPE

Le principe de mystère repose en grande partie sur l'idée que les gens ont deux besoins fondamentaux dans leur environnement : comprendre et explorer (Kaplan et Kaplan, 1989) et que ces « besoins fondamentaux » doivent se manifester « à partir de la position actuelle » pour engendrer un sentiment de mystère (Herzog and Bryce, 2007).

Le modèle de mystère est issu des recherches sur la préférence visuelle et les dangers apparents, ainsi que sur les réactions de plaisir aux situations anticipées. Le mystère déclenche une forte réaction de plaisir dans le cerveau. Un mécanisme qui pourrait être similaire à celui de l'anticipation. Ce qui expliquerait pourquoi écouter de la musique est tellement agréable – car nous devinons ce qui va suivre. Les bénéfices dus à des conditions mystérieuses permettent d'augmenter l'attrait pour un espace, d'accroître la curiosité et d'accentuer l'intérêt à obtenir plus d'informations.

Un espace mystérieux de qualité ne doit pas déclencher de réaction de peur ; on distinguera ainsi la surprise (c.-à-d., la peur) et le centre du plaisir autour de la profondeur visuelle du champ. Il a été démontré qu'une vue obscurcie avec une faible profondeur de champ conduit à de mauvaises surprises, alors qu'un meilleur accès visuel, avec une profondeur de champ moyenne (supérieure à 6 m) à haute (supérieure à 30 m), est préféré (Herzog et Bryce, 2007).

Un espace mystérieux de qualité peut également rendre floues les limites et une partie du sujet central (par ex. une salle, un bâtiment, un espace extérieur ou toute autre source d'information), incitant ainsi l'utilisateur à l'exploration de l'espace qui se trouve au-delà (Ikemi, 2005).

RELATION AUX AUTRES MODÈLES

Couplages courants :

- [P1] Lien visuel avec la nature
- [P2] Lien non visuel avec la nature
- [P3] Stimulations sensorielles non-rythmiques
- [P6] Lumière dynamique et diffuse

Et parfois également :

- [P7] Lien avec systèmes naturels
- [10] Complexité et ordre
- [P11] Perspective
- [P12] Refuge

TRAVAILLER AUTOUR DU MODÈLE

Le mystère caractérise un lieu où l'individu doit se lancer pour découvrir ce qui est caché ; il a une vue partielle de ce qui est à venir. L'objectif du principe de mystère est de fournir un environnement fonctionnel qui encourage l'exploration tout en réduisant le stress et en permettant la récupération cognitive. Alors que les autres principes de la « nature de l'espace » peuvent être vécus dans une position immobile, le mystère implique le mouvement et l'analyse à partir d'un endroit. Il doit être perçu d'une manière fondamentalement positive.

Les conditions du mystère se retrouvent dans les cours intérieures et extérieures, les couloirs, sentiers, parcs et autres espaces transitoires. Le sens du mystère se dilue dans le temps et avec une exposition routinière. Cependant, des stratégies qui incluent un contenu ou des informations sans cesse renouvelés, comme des fenêtres œil-de-bœuf dans les espaces communs où l'activité est en constante évolution, seront plus efficaces dans les espaces habituellement occupés par le même groupe de personnes.

Quelques éléments de conception pour créer un lieu mystérieux de qualité :

- Des bords courbés qui se révèlent lentement sont plus efficaces que des angles aigus pour diriger des personnes à travers un espace.
- Des ombrages et une mise en scène particulière peuvent améliorer l'expérience de mystère.
- Des ombres sombres ou de faibles profondeurs de champ peuvent instiller de la surprise désagréable ou de la peur.
- La vitesse à laquelle les usagers sont en transit à travers un espace influencera aussi bien la taille de l'ouverture et la taille de l'objet; « plus vite » signifie en général « plus grand ».
- Les conditions biologiques de mystère évolutif (par exemple, des jardins peu entretenus avec des sentiers sinueux) vont changer de caractéristiques au fil du temps. Ces changements doivent être surveillés car ils peuvent améliorer la condition de mystère, ou bien la dégrader s'ils évoluent vers un état de surprise (p. ex., la prolifération de plantations conduit à occulter la profondeur de champ).

Ce processus de dénégation et de récompense, d'obscurité et de révélation est évident dans la conception des jardins japonais et dans différents dédales et labyrinthes dans le monde entier. Les jardins de la villa impériale de Katsura, à Kyoto, au Japon, font fortement appel au mystère pour attirer les visiteurs à travers l'espace et instiller un sentiment de fascination. Le positionnement stratégique des bâtiments dans le jardin leur permet d'être cachés et de se révéler lentement à divers endroits le long de l'allée du jardin, encourageant l'usager à poursuivre son exploration.

Prospect Park, dans le quartier de Brooklyn, à New York est un excellent exemple de mystère. Dans un style Olmsted classique, de nombreux points de vue à différents endroits du parc sont obscurcis par l'utilisation de la topographie et de la végétation. Les points focaux (arbres, bâtiments, lac et prés) au sein du parc permettent la lisibilité de l'espace, ils se révèlent à partir de points fixes. Mais, les vues obscurcies incitent les promeneurs à explorer l'espace plus avant afin de le comprendre, but qui ne peut être atteint en une seule visite.



CARACTÉRISTIQUES DES EXEMPLES

Attributs spatiaux

- Les vues ont des profondeurs de champ moyennes (≥ 20 ft) à hautes (≥ 100 ft)
- Au moins un bord du sujet central est obscurci, préférablement deux bords
- Stimulation auditive provenant d'une source imperceptible
- Fenêtres œil-de-bœuf qui révèlent partiellement les bords courbés
- Chemins sinueux

Caractéristiques courantes

- Lumière et ombre
- Son ou vibration
- Parfum
- Activité ou mouvement
- Œuvre d'art ou équipement
- Forme et flux
- Matériaux transparents

Page de gauche : Jardin chinois Lan Su, Portland, Oregon. Crédit photo : Catie Ryan

À gauche : Les vues obscurcies de Prospect Park (New York), imaginées par Frederick Law Olmsted et Calvert Vaux, donnent une impression de mystère et de tentation. Image © Ed Yourdon/Flickr



[P14] RISQUE *

Le Risque constitue une menace identifiable, couplée avec un sentiment de sécurité.

L'EXPÉRIENCE

Un espace présentant une bonne condition de risque est exaltant (avec une menace implicite), voire un peu espiègle ou pervers. On sent qu'il pourrait être dangereux, mais comme il est intrigant, il mérite d'être exploré et peut même être irrésistible.

LES ORIGINES DU PRINCIPE

Le risque peut être généré par une réaction innée, déclenchée par un danger proche et présent. Cependant, ce danger est inerte et incapable de causer des dommages en raison d'un élément fiable de sécurité. La différence entre risque et la peur est le niveau de menace et la perception de contrôle (Rapee, 1997).

La prise de conscience d'un risque maîtrisable peut initier des expériences positives qui donnent lieu à de fortes réactions de dopamine ou de plaisir. Ces expériences jouent un rôle dans l'élaboration d'évaluation des risques au cours de l'enfance. Chez les adultes, quelques doses de dopamine soutiennent la motivation, la mémoire, la résolution de problèmes et des réactions de lutte. En revanche, une exposition prolongée à des conditions de risque intenses peut conduire à une production excessive de dopamine, qui est impliquée dans la dépression et les troubles d'humeur. [P14]

APPLICATIONS DE CE PRINCIPE

Le principe de risque vise à susciter l'attention et la curiosité, et à rafraîchir la mémoire et les compétences de résolution de problèmes. Différents degrés de risque peuvent être incorporés dans une conception, selon l'usage prévu ou l'espace disponible. Une passerelle en porte-à-faux au-dessus d'une falaise abrupte est un cas extrême ; la vue d'un prédateur dans un zoo peut fournir un plus grand sentiment de contrôle ; tandis que sauter d'une roche à l'autre au milieu d'un cours d'eau douce présente le risque d'avoir les pieds mouillés.

Principes de conception pouvant créer de bonnes conditions en matière de risque :

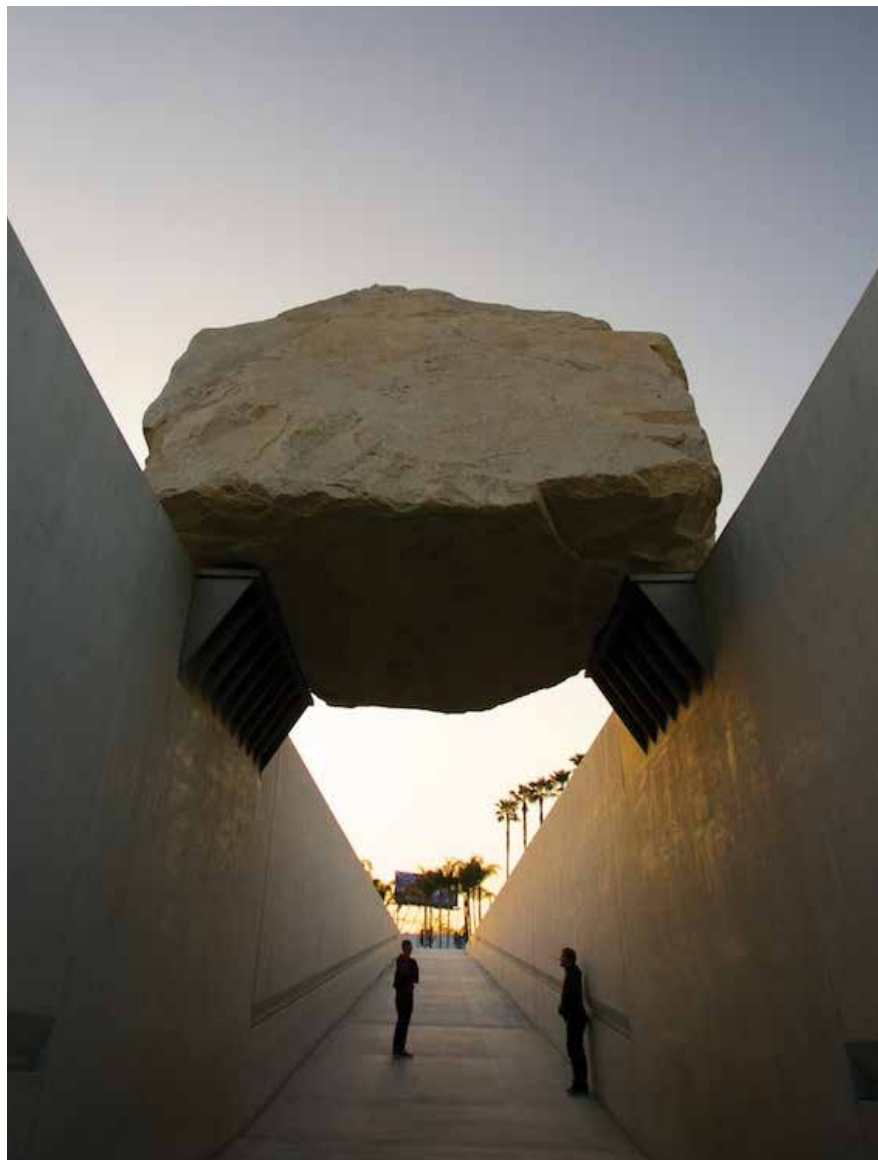
- Les interventions en matière de risque sont généralement tout à fait délibérées, et en tant que telles ne seront pas appropriées pour tous les groupes d'utilisateurs ou de lieux.
- Les stratégies seront plus faciles à mettre en œuvre si elles sont incorporées dès la phase de conception.
- L'élément de sécurité doit protéger l'utilisateur contre les blessures, tout en permettant de vivre le risque.

RELATION AUX AUTRES MODÈLES

Combinaisons courantes :
[P1] Lien visuel avec la nature
[P5] Présence de l'eau
[P11] Perspective

Dans la région de Frank Lloyd Wright, Taliesin, à Spring Green dans le Wisconsin, la « promenade des oiseaux » est un balcon étroit et impressionnant, en porte-à-faux au-dessus de la colline. La *Masse en Lévitacion* de l'artiste Michael Heizer (photographié ci-dessous), exposée au Musée d'Art du Comté de Los Angeles, est une énorme roche placée au-dessus d'une rampe d'accès pour piétons, sous laquelle passent les visiteurs. L'équilibre semble improbable, mais l'étaillage renforce la sécurité, et les visiteurs affluent massivement pour être photographiés sous la roche.

Les risques de niveau inférieur, comme avoir les pieds mouillés, peuvent être une stratégie préférable pour certains paramètres. Le chemin de pierres à travers l'eau conçu par Herbert Dreiseitl à la Potsdamer Platz, à Berlin, en Allemagne, en est un bon exemple.



CARACTÉRISTIQUES DES EXEMPLES

Attributs spatiaux

- Hauteur
- Gravité
- Eau
- Inversion des rôles prédateur-proie

Risques perçus

- Chuter
- Se mouiller
- Se blesser
- Perdre le contrôle

Fonctions communes

- Atriums à double hauteur avec balcons ou passerelles
- Porte-à-faux architecturaux
- Bords infinis
- Façade avec transparence du sol au plafond
- Expériences ou objets qui semblent défier la gravité
- Planchers transparents
- Passages sous, au-dessus ou à travers l'eau
- Proximité d'un rucher actif ou d'animaux prédateurs

Page de gauche : Musée d'Art de Denver par Daniel Libeskind, Denver, CO. Image © Thomas Hawk/Flickr

À gauche : *La Masse en Lévitacion* au Musée d'Art du Comté de Los Angeles, par l'artiste Michael Heizer. Image © Kate Dollarhyde/Flickr

« Une nouvelle discipline doit faire abstraction de ses principes tels qu'ils apparaissent. Elle construit ses propres fondations, sur lesquelles se base sa croissance future. Le fait de connaître ses principes de base dès le début va accélérer le développement de son langage et la guider dans la bonne direction. »

Nikos A. Salingaros, 2000
« *The Structure of Pattern Languages [La Structure des modèles]* »

Texte original :
"A new discipline needs to abstract its patterns as they appear. It is building its own foundation and logical skeleton, upon which future growth can be supported. Knowing its basic patterns early on will speed up the language's development, and guide it in the right direction."

CONSIDÉRATIONS FINALES

La science du design architectural biophilique est encore émergente. À bien des égards, on pourrait affirmer que la recherche ne fait que corroborer la redécouverte de ce qui est intuitivement évident. Malheureusement, notre conception moderne n'a pas conscience de cette connaissance approfondie. Au fond de nous, nous savons que la connexion à la nature est importante. Si vous demandez à des gens de réfléchir à leurs endroits préférés pour des vacances, la majorité décrira un endroit à l'extérieur ; nous utilisons le terme « loisirs » et oublions qu'il s'agit de se « recréer », de se restaurer nous-mêmes. Alors que les preuves empiriques s'accumulent, nous devrions restaurer le lien entre l'homme et la nature dans l'environnement bâti.

Afin de nous rappeler pourquoi la conception biophilique est si importante, considérons ceci : depuis 12000 ans que les humains pratiquent l'élevage et autres activités qui ont transformé le paysage naturel (Smithsonian, 2014), c'est seulement durant les 250 dernières années que les villes modernes sont devenues communes. Au cours de ces dernières années, nous sommes devenus des citadins, avec plus de personnes vivant dans les villes que dans les campagnes. Dans les décennies à venir, il est prévu que 70 % de la population mondiale vive dans les villes. Avec ce changement, la nécessité de se (re)connecter à la nature devient de plus en plus importante. Pour notre santé et notre bien-être, la conception biophilique n'est pas un luxe mais une nécessité.

Nous espérons que les 14 principes de conception biophilique que nous vous avons présentés contribueront à votre réflexion sur l'importance des connexions humaines avec la nature dans l'environnement bâti. Nous encourageons l'innovation intégrant les principes de conception biophilique pour des maisons, des villes et des lieux de travail sains.



Fallingwater par Frank Lloyd Wright, Bear Run, PA. Image © Brandon Sargent/Flickr

NOTES DE FIN

- [P1] La récupération du stress grâce aux liens visuels avec la nature a été atteinte par la baisse de la tension artérielle et de la fréquence cardiaque (Brown, Barton et Gladwell, 2013 ; van den Berg, Hartig, et Staats, 2007 ; Tsunetsugu et Miyazaki, 2005); la réduction de la fatigue attentionnelle, la tristesse, la colère et l'agressivité; une amélioration de la concentration mentale et de l'écoute (Biederman et Vessel, 2006), une meilleure attitude et un bonheur général (Barton et Pretty, 2010).
- La réduction du stress liée à la nature et à la vue d'images de la nature a également prouvé (p. ex., Grahn et Stigsdotter, 2010; Leather *et al.*, 1998; Bloomer, 2008; Kahn, Friedman, Gill *et al.*, 2008; Hartig *et al.*, 2003) que les milieux naturels sont généralement préférés par rapport aux environnements construits (p. ex., van den Berg, Koole et van der Wulp, 2003; Hartig, 1993; R. Kaplan et Kaplan, 1989; Knopf, 1987; Ulrich, 1983).
- Un accès visuel à la biodiversité serait plus bénéfique pour notre santé psychologique qu'un accès à la superficie des terres (la quantité de terre) (Fuller, Irvine, Devine-Wright *et al.*, 2007).
- [P2] Le modèle de lien non visuel avec la nature est dérivé des données sur la réduction de la pression artérielle systolique et des hormones de stress (Park, Tsunetsugu, Kasetani *et al.*, 2009; Hartig, Evans, Jamner *et al.*, 2003; Orsega-Smith, Mowen, Payne *et al.*, 2004; Ulrich, Simons, Losito *et al.*, 1991), sur l'impact des sons et des vibrations sur les performances cognitives (Mehta, Zhu et Cheema, 2012 ; Ljungberg, Neely, et Lundström, 2004) et sur les améliorations de la santé mentale et de la tranquillité suite à des interactions sensorielles non visuelles avec la nature non menaçante (Li, Kobayashi, Inagaki *et al.*, 2012. Jahncke, *et al.*, 2011; Tsunetsugu, Park et Miyazaki, 2010 ; Kim, Ren et Fielding, 2007 ; Stigsdotter et Grahn, 2003).
- [P3] Le modèle de stimulations sensorielles non rythmiques est issu des recherches sur le comportement du regard (en particulier sur les mouvements réflexes de la vision périphérique); sur les modèles de relaxation de la lentille focale oculaire (Lewis, 2012, Vessel, 2012); sur la fréquence cardiaque, la pression artérielle systolique et l'activité du système nerveux sympathique (Li, 2009; Park *et al.*, 2008; Kahn *et al.*, 2008; Beauchamp, *et al.*, 2003; Ulrich *et al.*, 1991); et sur les mesures comportementales observées et quantifiées d'attention et d'exploration (Windhager *et al.*, 2011).
- [P4A] Le modèle de variabilité thermique et d'air est issu des recherches mesurant les effets de la ventilation, la variabilité thermique qui en résulte et le confort, le bien-être et la productivité des travailleurs (Heerwagen, 2006; Tham et Willem, 2005; Wigö, 2005), et des recherches sur la physiologie et la perception de l'alliesthésie (plaisir) temporelle et spatiale (Parkinson, de Dear et Candido, 2012 ; Zhang, Arens, Huizenga et Han, 2010 ; Arens, Zhang et Huizenga, 2006; Zhang, 2003 ; de Dear et Brager, 2002 ; Hescong, 1979), sur la théorie de la restauration de l'attention et l'impact de la nature en mouvement sur la concentration (Hartig *et al.*, 2003; Hartig *et al.*, 1991 ; R. Kaplan et Kaplan, 1989) et, en général, sur le mécontentement croissant concernant l'approche classique de la conception thermique, qui met l'accent uniquement sur une zone cible restreinte pour la gestion de la température, de l'humidité et la circulation d'air tout en minimisant la variabilité (p. ex., de Dear, Brager et Cooper, 1997).
- [P4B] Selon Heerwagen (2006), il a été prouvé que les gens aiment des niveaux modérés de variabilité sensorielle de l'environnement, notamment la variation de lumière, de sons et de températures (p. ex., Elzeyadi, 2012; Humphrey, 1980; Platt, 1961), et qu'un environnement dépourvu de stimulations sensorielles et de variabilités peut mener à l'ennui et à la passivité (p. ex., Schooler, 1984; Cooper, 1968).
- [P5] Le modèle de présence d'eau a évolué grâce aux recherches sur les préférences visuelles et des réactions émotionnelles positives aux environnements contenant des éléments d'eau (Windhager, 2011; Barton et Pretty, 2010; White, Smith, Humphries et coll., 2010; Karmanov et Hamel, 2008; Biederman et Vessel, 2006; Heerwagen et Orians, 1993; Ruso et Atzwanger, 2003; Ulrich, 1983); sur la réduction du stress, l'augmentation des sentiments de tranquillité, la basse fréquence cardiaque et la pression artérielle et électrodermale restaurées suite à l'exposition à des jeux d'eau (Alvarsson, Wiens, et Nilsson, 2010; Pheasant, Fisher, Watts et coll., 2010; Biederman et Vessel, 2006); sur la meilleure concentration et la restauration de la mémoire induite par des stimuli visuels complexes, naturellement fluctuants (Alvarsson *et al.*, 2010; Biederman et Vessel, 2006); et l'amélioration de la perception et de la réceptivité psychologique et physiologique lorsque plusieurs sens sont stimulés simultanément (Alvarsson et coll., 2010; Hunter *et al.*, 2010).

- [P6] Les premières études ont montré que la productivité est plus élevée dans les lieux de travail bien éclairés naturellement, les ventes plus élevées dans les magasins éclairés par la lumière du jour (p. ex., Browning et Romm, 1994), et que les enfants sont plus performants dans des salles de classe éclairées naturellement et bénéficiant de vues sur l'extérieur (par exemple, Heschong Mahone, 2003; 1999) – la recherche portait davantage sur les stratégies d'éclairage et sur les performances de tâches, et moins sur la biologie humaine. Des recherches plus récentes se sont concentrées sur les fluctuations de luminosité et le confort visuel (Elyezadi, 2012; Kim et Kim, 2007), les facteurs humains et la perception de la lumière (p. ex., Leslie et Conway, 2007; Nicklas et Bailey, 1996) et les impacts de l'éclairage sur le fonctionnement du système circadien (p. ex., Kandal *et al.*, 2013; Figueiro Brons, Plitnick, *et al.*, 2011; Beckett et Roden, 2009).
- [P10] Le modèle de complexité et d'ordre est issu des recherches sur les géométries fractales et les vues préférées (Salingaros, 2012; Hägerhäll, Laike, Taylor *et al.*, 2008; Hägerhäll, Purcella, et Taylor, 2004; Taylor, 2006); sur les réactions perceptives et physiologiques au stress et à la complexité des fractales dans la nature, l'art et l'architecture (Salingaros, 2012; Joye, 2007; Taylor, 2006; S. Kaplan, 1988); et la prévisibilité de l'occurrence de la conception dans la nature (Bejan et Zane, 2012).
- [P11] Le modèle de perspective est issu des recherches sur les préférences visuelles et les réactions par rapport à l'habitat spatial, ainsi que sur l'anthropologie culturelle, la psychologie évolutionniste (p. ex., Heerwagen et Orians, 1993) et l'analyse architecturale (p. ex., Dosen et Ostwald, 2013; Hildebrand, 1991; Appleton, 1996). Les bienfaits sur la santé incluent la réduction du stress (Grahn et Stigsdotter, 2010), la réduction de l'ennui, de l'irritation, de la fatigue (Clearwater et Coss, 1991) et la vulnérabilité perçue (Petherick, 2000; Wang et Taylor, 2006), ainsi que l'amélioration du confort (Herzog et Bryce, 2007).
- [P13] Les caractéristiques du modèle de mystère sont dérivées des préférences visuelles, de la perception du danger (Herzog et Bryce, 2007; Herzog et Kropscott, 2004; Nasar, et Fisher, 1993) et sont confirmées par les recherches sur les réactions de plaisir aux situations anticipées (Salimpoor, Benovoy, Larcher *et al.*, 2011; Ikemi, 2005; Blood et Zatorre, 2001). Le mystère génère dans le cerveau une réaction forte de plaisir qui peut être un mécanisme similaire à celui de l'anticipation (Biederman, 2011), et qui se pose comme principe hypothétique pour expliquer pourquoi il est agréable d'écouter de la musique – nous devinons ce qui va suivre (Blood et Zatorre, 2001; Salimpoor *et al.*, 2011).
- [P14] Having an awareness of a controllable risk can support positive experiences (Van den Berg et ter Heijne, 2005) that result in strong dopamine or pleasure responses (Kohno *et al.*, 2013; Wang et Tsien, 2011; Zald *et al.*, 2008). These experiences play a role in developing risk assessment during childhood (Louv, 2009; Kahn et Kellert, 2002). In adults, short doses of dopamine support motivation, memory, problem solving and fight-or-flight responses; whereas, long-term exposure to intense Risk/Peril conditions may lead to over-production of dopamine, which is implicated in depression and mood disorders (Buraei, 2014; Kandel *et al.*, 2013).

« Peut-être n'avons-nous pas besoin de preuves si rigoureuses lorsqu'il s'agit du contact avec la nature... Peut-être ne savons-nous pas tout sur tout ce qu'il y a à savoir sur les bienfaits du contact avec la nature, mais nous en avons cependant une idée assez juste, et nous sommes bien renseignés sur la façon dont nous devons intégrer la nature dans l'environnement bâti. Et vu le rythme avec lequel les décisions sont prises et les lieux construits, il y a un besoin urgent de mettre en œuvre ce que nous savons.

Nous ne pouvons pas attendre les recherches. »

Howard Frumkin, 2008
 Nature Contact and Human Health, *Biophilic Design*
 [Contact avec la nature et Santé humaine, *Design Biophilique*]

* Texte original : "Perhaps we don't need such rigorous evidence when it comes to nature contact... Maybe we don't know everything there is to know about human benefits of nature contact, but we have a pretty fair idea, and we know a lot about designing nature into the built environment. And given the pace at which decisions are being made and places built, there is a pressing need to implement what we know. We can't wait for the research."

RÉFÉRENCES

- Alcock, I., M.P. White, B.W. Wheeler, L.E. Fleming et M.H. Depledge (2014). Longitudinal Effects on Mental Health of Moving to Greener and Less Green Urban Areas [Effets longitudinaux sur la santé mentale pour un avenir urbain plus ou moins écologique]. *Environmental Science et Technology*, 48 (2), 1247-1255.
- Alexandra Health (2013). Creating a Healing Environment. A Healing Space: Creating Biodiversity at Khoo Teck Puat Hospital [Créer un environnement guérissant. Un espace guérisseur : créer de la biodiversité à l'hôpital Khoo Teck Puat]. Singapour : 10-19. Web. Juin 2014 : <http://www.ktph.com.sg/uploads/KTPH_EBook/index.html#80>.
- Alexander, C., S. Ishikawa, M. Silverstein, M. Jacobson, I. Fiksdahl-King, et S. Angel (1977). A Pattern Language : Towns, Buildings, Construction [*Un langage de modèles : villes, bâtiments, constructions*]. New York: Oxford University Press. pix., 1171.
- Alvarsson, J., S. Wiens et M. Nilsson (2010). Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise [Récupération de stress pendant l'exposition aux sons de la nature et de l'environnement]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7 (3), 1036-1046.
- Appleton, J. (1977, 1996). The Experience of Landscape [*L'Expérience du paysage*], éd. revue, London et New York : Wiley. pp. xiv, 282.
- Arens, E., H. Zhang, et C. Huizenga (2006). Partial- and Whole-body Thermal Sensation and Comfort, Part II: Non-uniform Environmental Conditions [Sensations thermiques partielles et complètes de confort, partie II : des conditions environnementales non uniformes]. *Journal of Thermal Biology*, 31, 60-66.
- Balling, J.D., et Falk, J. H. (1982). Development of Visual Preference for Natural Environments [Développement de préférences visuelles pour les environnements naturels]. *Environment and Behavior*, 14 (1), 5-28.
- Barton, J. et J. Pretty (2010). What Is the Best Dose of Nature and Green Exercise for Improving Mental Health [Quelle est la meilleure dose de nature et d'exercice en plein air pour améliorer la santé mentale]. *Environmental Science et Technology*, 44, 3947-3955.
- Beatley, Timothy (2012). Singapore: City in a Garden [Singapour : une ville dans un jardin]. Disponible : <http://biophilicities.org/blog-singapore/>. Web. 22nd July 2013.
- Beauchamp, M.S., K.E. Lee, J.V. Haxby et A. Martin (2003). fMRI Responses to Video and Point-Light Displays of Moving Humans and Manipulable Objects [Réactions IRMF aux vidéos et affichages lumineux d'êtres humains en mouvement et d'objets manipulables]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15 (7), 991-1001.
- Beckett, M. et L.C. Roden (2009). Mechanisms by which circadian rhythm disruption may lead to cancer [Mécanismes de perturbations du rythme circadien qui peuvent provoquer des cancers]. *South African Journal of Science* 105, novembre/décembre 2009.
- Bejan, A. et J.P. Zane (2012). Design in Nature: How the Constructal Law Governs Evolution in Biology, Physics, Technology, and Social Organization [*Conception dans la nature : comment les lois de constructions gouvernent l'évolution de la biologie, la physique, la technologie et l'organisation sociale*]. New York: Random House First Anchor Books, 304.
- Berto, R. (2007). Assessing the Restorative Value of the Environment: A Study on the Elderly in Comparison with Young Adults and Adolescents [Évaluation de la valeur réparatrice de l'environnement : une étude sur les personnes âgées par rapport aux jeunes adultes et adolescents]. *International Journal of Psychology*, 42 (5), 331-341.
- Biederman, I. (2011). Université de Californie du Sud, Section Psychologie. Communication personnelle avec les auteurs.
- Biederman, I. et E. Vessel (2006). Perceptual Pleasure and the Brain [Plaisir perceptif et cerveau]. *American Scientist*, 94(1), 249-255.
- Blood, A. et R.J. Zatorre (2001). Intensely Pleasurable Responses to Music Correlate with Activity in Brain Regions [Réactions intensément agréables à la musique en corrélation avec l'activité dans les régions du cerveau]. *Proceedings from the National Academy of Sciences*, 98 (20), 11818-11823.
- Bloomer, K. (2008). The Problem of Viewing Nature Through Glass [Le problème de la vue de la nature à travers le verre]. Dans Kellert, S.F., J.H. Heerwagen, et M.L. Mador (eds.). *Biophilic Design* (253-262). Hoboken, NJ : John Wiley et Sons.
- Brager, Gail (2014). Université de Californie, Berkeley, Centre pour l'Environnement Bâti. Communication personnelle avec les auteurs.
- Brown, D.K., J.L. Barton, et V.F. Gladwell (2013). Viewing Nature Scenes Positively Affects Recovery of Autonomic Function Following Acute-Mental Stress [Regarder des paysages naturels affecte positivement la récupération du système nerveux autonome à la suite d'un stress mental aigu]. *Environmental Science et Technology*, 47, 5562-5569.
- Browning, W.D. et J.J. Romm (1994). Greening the Building and the Bottom Line [*L'écologisation du bâtiment et des références*]. Rocky Mountain Institute.

- Buraei, Zafir (2014). Université Pace, Section Biologie et Sciences de la santé. Communication personnelle avec les auteurs.
- Clanton, N. (2014). Clanton et Associates, Inc. Communication personnelle avec les auteurs.
- City of San Francisco (2013). San Francisco Parklet Manual [Manuel d'aires de stationnement de San Francisco]. San Francisco: San Francisco Planning Department. 1-12.
- Clearwater, Y.A., et R.G. Coss (1991). Functional Esthetics to Enhance Wellbeing [Esthétique fonctionnelle pour améliorer le bien-être]. Dans Harrison, Clearwater et McKay (eds.). *From Antarctica to Outer Space*. New York: Springer-Verlag, p. 410.
- Cooper, R. (1968). The Psychology of Boredom [La psychologie de l'ennui]. *Science Journal* 4 (2) : 38-42. Dans Heerwagen, J.H. (2006). Investir dans l'humain : les avantages sociaux de la conception durable. Repenser la construction durable. Sarasota, FL. 19-22 septembre 2006.
- de Dear, R. (2011). Revisiting an Old Hypothesis of Human Thermal Perception: Alliesthesia [Revisiter une ancienne hypothèse de la perception humaine thermique : l'alliesthésie]. *Building Research et Information*, 39, 2.
- de Dear, R. et G. Brager (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings [Le confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés]. *Energy and Buildings*, 34, 549-561.
- de Dear, R., G. Brager, et D. Cooper (1997). Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference, Final Report [Développer un modèle adaptatif de confort thermique et de préférence, Rapport final]. ASHRAE RP-884 and Macquarie Research Ltd.
- Dosen, A.S., et M.J. Ostwald (2013). Prospect and Refuge Theory: Constructing a Critical Definition for Architecture and Design [Théorie de refuge et de perspective : construire une définition critique d'architecture et de design]. *The International Journal of Design in Society*, 6 (1), 9-24.
- Elzeyadi, I.M.K. (2012). Quantifying the Impacts of Green Schools on People and Planet [Quantifier les impacts des écoles vertes sur l'homme et la planète]. Travaux de recherches présentés à l'USGBC Greenbuild Conférence et Expo, San Francisco, novembre 2012, 48-60.
- Figueiro, M.G., J.A. Brons, B. Plitnick, B. Donlan, R.P. Leslie, et M.S. Rea (2011). Measuring circadian light and its impact on adolescents [Mesurer la lumière circadienne et son impact sur les adolescents]. *Light Res Technol.* 43 (2) : 201-215.
- Forsyth, A. et L.R. Musacchio (2005). Designing Small Parks: A Manual for Addressing Social and Ecological Concerns [Conception de petits parcs : un manuel pour répondre aux préoccupations sociales et écologiques]. New Jersey : John Wiley et Sons, Inc. 13-30, 60-65, 74-82, 95-98.
- Fromm, E. (1964). *The Heart of Man [Le Cœur de l'Homme]*. Harper et Row.
- Frumkin, H. (2008). Nature Contact and Human Health: Building the Evidence Base [Contact de nature et de la santé humaine : construire les preuves]. Dans S.F. Kellert, J.H. Heerwagen, et M.L. Mador (eds.). *Biophilic Design* (115-116). Hoboken, NJ : John Wiley et Sons.
- Fuller, R.A., K.N. Irvine, P. Devine-Wright, P.H. Warren, et K.J. Gaston (2007). Psychological Benefits of Greenspace Increase with Biodiversity [Les bénéfices psychologiques des espaces verts augmentent avec la biodiversité]. *Biology Letters* 3 (4), 390-394.
- Grahn, P. et U.K. Stigsdotter (2010). The Relation Between Perceived Sensory Dimensions of Urban Green Space and Stress Restoration [Relation entre dimension sensorielle perçue d'espace vert d'urbain et récupération du stress]. *Landscape and Urban Planning* 94, 264-275.
- Hägerhäll, C.M., T. Purcella et R. Taylor (2004). Fractal Dimension of Landscape Silhouette Outlines as a Predictor of Landscape Preference [Dimension fractale du paysage en tant que préférence de paysage]. *Journal of Environmental Psychology*. 24, 247-255.
- Hägerhäll, C.M., T. Laike, R. P. Taylor, M. Küller, R. Küller et T. P. martin (2008). Investigations of Human EEG Response to Viewing Fractal Patterns [Enquêtes sur les réactions EEG humaines à la vue de motifs fractaux]. *Perception*, 37, 1488-1494.
- Hartig, T., M. Mang et G. W. Evans (1991). Restorative Effects of Natural Environment Experience [Effets réparateurs de l'expérience de l'environnement naturel]. *Environment and Behavior*, 23, 3-26.
- Hartig, T. (1993). Nature Experience in Transactional Perspective [L'expérience de la nature dans la perspective transactionnelle]. *Landscape and Urban Planning*, 25, 17-36.
- Hartig, T., A. Bööck, J. Garvill, T. Olsson, et T. Gärling (1996). Environmental Influences on Psychological Restoration [Influences environnementales sur la restauration psychologique]. *Scandinavian Journal of Psychology*, 37 (1), 378-393.
- Hartig, T., G.W. Evans, L.D. Jamner, D.S. Davis, et T. Gärling (2003). Tracking Restoration in Natural and Urban Field Settings [Suivi de restauration sur les terrains naturels et urbains]. *Journal of Environmental Psychology*, 23, 109-123.
- Heerwagen, J.H., et G.H. Orians (1986). Adaptations to Windowlessness: A Study of the Use of Visual Decor in Windowed and Windowless Offices [Adaptations aux « bureaux aveugles » : une étude de l'utilisation du décor visuel dans les bureaux avec et sans fenêtres]. *Environment and Behavior*, 18 (5), 623-639.

- Heerwagen, J.H. et B. Hase (2001). Building Biophilia: Connecting People to Nature in Building Design [Construire la biophilie : connecter l'homme à la nature dans la conception de bâtiments]. US Green Building Council. Publié le 8 mars 2001. <http://www.usgbc.org/Docs/Archive/External/Docs/8543.pdf>. Web. 9 July 2013.
- Heerwagen, J.H. (2006). Investing In People : The Social Benefits of Sustainable Design [Investir dans l'humain : les avantages sociaux de la conception durable]. Repenser la construction durable. Sarasota, FL. Septembre 19-22, 2006.
- Heerwagen, J.H. et G.H. Orians (1993). Humans, Habitats and Aesthetics [Les humains, les habitats et l'esthétique]. Dans S.R. Kellert et R.S. Wilson (eds.). *The Biophilia Hypothesis* (138-172). Washington: Island Press. pp. 484.
- Heerwagen, J.H. (2014). J.H. Heerwagen et Associates ; Université de Washington, Section Architecture. Communication personnelle avec les auteurs.
- Herzog, T.R. et A.G. Bryce (2007). Mystery and Preference in Within-Forest Settings [Mystère et préférence dans les milieux intérieurs de la forêt]. *Environment and Behavior*, 39 (6), 779-796.
- Herzog, T.R. et L.S. Kropscott (2004). Legibility, Mystery, and Visual Access as Predictors of Preference and Perceived Danger in Forest Settings without Pathways [Lisibilité, mystère et accès visuel comme déterminants de préférence et danger perçu dans les milieux forestiers sans sentiers]. *Environment and Behavior*, 36, 659-677.
- Heschong, L. (1979). *Thermal Delight in Architecture [Plaisir thermique en architecture]*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Heschong Mahone Group (1999). Daylighting in Schools: An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance [Éclairage naturel dans les écoles : une enquête sur la relation entre l'éclairage naturel et la performance humaine]. Pacific Gas and electric Company: California Board for Energy Efficiency Third Party Program.
- Heschong Mahone Group (2003). *Windows and Classrooms : A Study of Student Performance and the Indoor Environment [Fenêtres et salles de classe : une étude sur le rendement des élèves et l'environnement intérieur]*. Pacific Gas and Electric Company : California Board for Energy Efficiency Third Party Program.
- Hildebrand, G. (1991). *The Wright Space: Pattern & Meaning in Frank Lloyd Wright's Houses [L'espace Wright : modèle et signification des maisons de Frank Lloyd Wright]*. Seattle : Université de Washington.
- Hordh, H., T. Hartig, C.M. Hägerhäll, et G. Fry (2009). Components of Small Urban Parks that Predict the Possibility of Restoration [Éléments de petits parcs urbains qui permettent de prévoir la possibilité de restauration]. *Urban Forestry et Urban Greening*, 8 (4), 225-235.
- Hosey, L. (2012). *The Shape of Green: Aesthetics, Ecology, and Design [La forme de l'écologie : esthétique, écologie et Design]*. Washington, DC: Island Press. pp. 216.
- Humphrey, N. (1980). Natural Aesthetics [Esthétiques naturelles]. Dans B. Mikellides (ed.) *Architecture for People*. London : Studio Vista. Dans Heerwagen, J.H. (2006). *Investir dans l'humain : les avantages sociaux de la conception durable*. Repenser la construction durable. Sarasota, FL. Septembre 19-22, 2006.
- Hunter, M.D., S.B. Eickhoff, R.J. Pheasant, M.J. Douglas, G.R. Watts, T.F.D. Farrow, D. Hyland, J. Kang, I.D. Wilkinson, K.V. Horoshenkov, et P.W.R. Woodruff (2010). The State of Tranquility : Subjective Perception is Shaped By Contextual Modulation of Auditory Connectivity [L'état de tranquillité : la perception subjective est formée par la modulation contextuelle de la connectivité auditive]. *NeuroImage* 53, 611-618.
- Ikemi, M. (2005). The Effects of Mystery on Preference for Residential Façades [Les effets du mystère sur la préférence pour les façades résidentielles]. *Journal of Environmental Psychology*, 25, 167-173.
- Jacobson, M., M. Silverstein et B. Winslow (2002). *Patterns of Home [Modèles de foyers]*. Connecticut : The Taunton Press.
- Jahncke, H., S. Hygge, N. Halin, A.M. Green, et K. Dimberg (2011). Open-Plan Office Noise: Cognitive Performance and Restoration [Bruit dans les bureaux ouverts : les performances cognitives et la restauration]. *Journal of Environmental Psychology*, 31, 373-382.
- Joye, Y. (2007). Architectural Lessons From Environmental Psychology: The Case of Biophilic Architecture [Leçons architecturales de psychologie environnementale : le cas de l'architecture biophilique]. *Review of General Psychology*, 11 (4), 305-328.
- Kahn, Jr. P.H. et S.R. Kellert (2002). Children and Nature: Psychological, Sociocultural, and Evolutionary Investigations [Les Enfants et la nature : enquêtes psychologiques, socioculturelles et évolutives]. Cambridge : MIT Press.
- Kahn, Jr. P.H., B. Friedman, B. Gill, J. Hagman, R.L. Severson, N.G. Freier, E.N. Feldman, S. Carrere, et A. Stolyar (2008). A Plasma Display Window? The Shifting Baseline Problem in a Technology Mediated Natural World [Une fenêtre d'affichage plasma? Le problème de base dans un monde naturel médiatisé technologiquement]. *Journal of Environmental Psychology*, 28 (1), 192-199.
- Kahn, Jr. P.H., R.L. Severson, et J.H. Ruckert (2009). The Human Relation with Nature and Technological Nature [La relation humaine avec la nature et la nature technologique]. *Current Directions in Psychological Science*, 18 (1), 37-42.

- Kandel, E.R., J.H. Schwartz, T.M. Jessell, S.A. Siegelbaum, et A.J. Hudspeth (2013). *Principles of Neural Science [Principes de science neurale]*, 5e édition. New York : McGraw Hill.
- Kaplan, R., S. Kaplan et R.L. Ryan (1998). *With People in Mind : Design and Management of Everyday Nature [Avec les gens à l'esprit : conception et gestion de la nature de tous les jours]*. Washington : Island Press. 1-6, 67-107.
- Kaplan, S. (1988). Perception and Landscape: Conceptions and Misconceptions [Perception et paysage : conceptions et idées fausses]. Dans J. Nasar (ed.), *Environmental Aesthetics: Theory, Research, and Applications* (pp. 45-55). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Kaplan, R. et S. Kaplan (1989). *The Experience of Nature: A Psychological Perspective [L'Expérience de la nature : une perspective psychologique]*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Karmanov, D. et Hamel, R. (2008). Assessing the restorative potential of contemporary urban environment(s) [Évaluation du potentiel de restauration de l'environnement urbain contemporain]. *Landscape and Urban Planning* 86, 115-125.
- Kellert, S.R. et E.O. Wilson (1993). *The Biophilia Hypothesis [La Théorie de biophilie]*. Washington : Island Press. pp. 484.
- Kellert, S.F. et B. Finnegan (2011). *Biophilic Design: the Architecture of Life [Design biophilique : l'architecture de la vie]* (film). Bullfrog Films.
- Kellert, S.F., J.H. Heerwagen, et M.L. Mador eds. (2008). *Biophilic Design: The Theory, Science & Practice of Bringing Buildings to Life [Design biophilique : la théorie, la science et la pratique consistant à donner vie aux bâtiments]*. Hoboken, NJ: John Wiley et Sons.
- Kim, S.Y. et J.J. Kim (2007). Effect of fluctuating illuminance on visual sensation in a small office [Les effets de l'éclairage fluctuant sur la sensation visuelle dans un petit bureau]. *Indoor and Built Environment* 16 (4): 331–343.
- Kim, J.T., C.J. Ren, G.A. Fielding, A. Pitti, T. Kasumi, M. Wajda, A. Lebovits, et A. Bekker (2007). Treatment with Lavender Aromatherapy in the Post-Anesthesia Care Unit Reduces Opioid Requirements of Morbidly Obese Patients Undergoing Laparoscopic Adjustable Gastric Banding [Le traitement par aromathérapie de lavande dans les unités de soins post-anesthésie réduit les demandes en opioïdes des patients atteints d'obésité morbide subissant la pose d'un anneau gastrique ajustable laparoscopique]. *Obesity Surgery*, 17 (7), 920-925.
- Knopf, R.C. (1987). Human Behavior, Cognition, and Affect in the Natural Environment [Comportement humain, cognition et affect dans le milieu naturel]. Dans D. Stokols et I. Altman (eds.), *Handbook of Environmental Psychology* (pp. 783-825). New York : Wiley.
- Koga, K. et Y. Iwasaki (2013). Psychological and Physiological Effect in Humans of Touching Plant Foliage – Using the Semantic Differential Method and Cerebral Activity as Indicators [Les effets psychologiques et physiologiques chez les humains qui touchent une plante à feuillage, avec la méthode sémantique différentielle et l'activité cérébrale comme indicateurs]. *Journal of Physiological Anthropology*, 32 (1), 7.
- Kohn, M., D.G. Ghahremani, A.M. Morales, C.L. Robertson, K. Ishibashi, A.T. Morgan, M.A. Mandelkern et E.D. London (2013). Risk-Taking Behavior: Dopamine D2/D3 Receptors, Feedback, and Frontolimbic Activity [Comportement de prise de risque : les récepteurs dopaminergiques D2/D3, rétroaction et l'activité frontolimbique]. *Cortex Cérébral*, bht218. 1re publication : 21 août 2013.
- Kopec, Dak (2006). *Environmental Psychology for Design [Psychologie environnementale pour la conception]*. O.T. Kontzias (ed.), New York: Fairchild Publications Inc. p38-57.
- Leather, P., M. Pyrgas, D. Beale et C. Lawrence (1998). Windows in the workplace: sunlight, view, and occupational stress [Présence de fenêtres sur le lieu de travail : soleil, vue et le stress au travail]. *Environnement et comportement*, 30 (6) : 739+. Expanded Academic ASAP. Web. 3 mai 2010.
- Leslie, R.P. et K.M. Conway (2007). *The lighting pattern book for homes [Le livre de modèle d'éclairage pour les maisons]*. New York : Rensselaer Polytechnic Institute. pp. 222.
- Lewis, Alan Laird (2012). Université de Nouvelle-Angleterre d'Optométrie. Communication personnelle avec les auteurs.
- Li, Q. (2010). Effect of Forest Bathing Trips on Human Immune Function [Effet des «bains de forêt» sur la fonction immunitaire humaine]. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 15 (1), 9-17.
- Li, Q., M. Kobayashi, H. Inagaki, Y. Wakayama, M. Katsumata, Y. Hirata, Y. Li, K. Hirata, T. Shimizu, A. Nakadai, et T. Kawada (2012). Effect of Phytoncides from Forest Environments on Immune Function [Effets des phytocides du milieu forestier sur la fonction immunitaire]. Dans Q. Li (ed.). *Forest Medicine* (157-167). Ebook : nova Science Publishers.
- Lichtenfeld, S., A.J. Elliot, M.A. Maier, et R. Pekrun (2012). Fertile Green : Green Facilitates Creative Performance [La couleur verte fertile : le vert facilite des performances créatives exceptionnelles]. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 38 (6), 784-797.
- Ljungberg, J., G. Neely, et R. Lundström (2004). Cognitive performance and subjective experience during combined exposures to whole-body vibration and noise [La performance cognitive et l'expérience subjective lors de l'exposition du corps tout entier aux vibrations et au bruit]. *Int Arch Occup Environ Health*, 77, 217–221.

- Loftness V. et M. Snyder (2008). Where Windows Become Doors [Où les fenêtres deviennent des portes]. Dans S.F. Kellert, J.H. Heerwagen, et M.L. Mador (eds.). *Biophilic Design* (119-131). Hoboken, NJ: John Wiley et Sons.
- Lottrup, L., P. Grahn, et U.K. Stigsdotter (2013). Workplace Greenery & Perceived Level of Stress: Benefits of Access to a Green Outdoor Environment at the Workplace [Lieu de travail écologique et niveaux de stress perçus : les avantages de l'accès à un environnement extérieur vert sur le lieu de travail]. *Landscape et Urban Planning*, 110 (5), 5-11.
- Louv, R. (2008). *Last Child in the Woods : Saving Our Children from Nature-Deficit Disorder* [Dernier enfant dans les bois : sauver nos enfants des troubles de déficit de nature]. New York : Algonquin Books. pp. 390.
- Louv, R. (2009). Do our kids have nature-deficit disorder [Nos enfants ont-ils des troubles de déficience de nature?] *Health and Learning*, 67 (4), 24-30.
- Mehta, R., R. Zhu, et A. Cheema (2012). Is Noise Always Bad? Exploring the Effects of Ambient Noise on Creative Cognition [Le bruit est-il toujours mauvais ? A la découverte des effets du bruit ambiant sur la cognition créative]. *Journal of Consumer Research* 39(4), 784-799.
- Mower, G.D. (1976). Perceived Intensity of Peripheral Thermal Stimuli Is Independent of Internal Body Temperature [L'intensité perçue des stimuli thermiques périphériques est indépendante de la température corporelle interne]. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 90 (12), 1152-1155.
- Muir, J. (1877). Mormon Lilies. *San Francisco Daily Evening Bulletin*, 19 juillet 1877.
- Nasar, J.L. et B. Fisher (1993). 'Hot Spots' of Fear and Crime: A Multi-Method Investigation [«Points chauds» de la peur et du crime : une étude multi méthodique]. *Journal of Environmental Psychology*, 13, 187-206.
- Nassauer, J. I. (1995). Messy Ecosystems, Orderly Frames [Écosystèmes désordonnés, modèles ordonnés]. *Landscape Journal*, 14 (2), 161-169.
- NYT Archives. Then And Now: Reflections On The Millennium; The Allure of Place in a Mobile World [Hier et aujourd'hui : réflexions sur le millénaire ; L'allure d'un lieu dans un monde mobile]. 15 décembre 1999, éditorial du *New York Times*. Web. Mai 2014, <http://www.nytimes.com/1999/12/15/opinion/then-and-now-reflections-on-the-millennium-the-allure-of-place-in-a-mobile-world.html>
- Nicklas, M.H. et G.B. Bailey (1996). Student Performance in Daylit Schools [Rendement des élèves dans les écoles éclairées naturellement]. *Design innovant*. Web. Juin 2012, <http://www.innovativedesign.net/Profile-Resources-Technical-Papers.html>
- Nicol, J.F., et M.A. Humphreys (2002). Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards for Buildings [Confort thermique adaptatif et normes thermiques durables pour le bâtiment]. *Energy et Buildings*, 34 (1), 563-572.
- Olmsted, F.L. (1993). Introduction to Yosemite and the Mariposa Grove : A Preliminary Report [Introduction à Yosemite et le jardin Mariposa: rapport préliminaire], 1865. Yosemite Association.
- Orians, G.H. et J.H. Heerwagen (1992). Evolved Responses to Landscapes [Réactions évolutives aux paysages]. Dans J.H. Barkow, L. Cosmides, et J. Tooby (eds.), *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture* (555-579). New York, NY : Oxford University Press.
- Orsega-Smith, E., Mowen, A.J., Payne, L.L., Godbey, G. et al. (2004). Interaction of stress and park use on psychophysiological health in older adults. *Journal of Leisure Research* 6 (2), 232-256.
- Painter, Susan (2014). AC Martin. Communication personnelle avec les auteurs.
- Park, B.J., Y. Tsunetsugu, H. Ishii, S. Furuhashi, H. Hirano, T. Kagawa et Y. Miyazaki (2008). Physiological effects of Shinrin-yoku (« bain de forêt ») in a mixed forest in Shinano Town, Japon. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23, 278-283.
- Park, B.J., Y. Tsunetsugu, T. Kasetani, T. Morikawa, T. Kagawa, et Y. Miyazaki (2009). Physiological Effects of Forest Recreation in a Young Conifer Forest in Hinokage Town, Japan [Effets physiologiques des plaisirs de la forêt dans une forêt de jeunes conifères dans la ville de Hinokage, Japon]. *Silva Fennica*, 43 (2), 291-301.
- Parkinson, T., R. de Dear, et C. Candido (2012). Perception of Transient Thermal Environments : Pleasure and Alliesthesia [Perception des ambiances thermiques transitoires : plaisir et alliesthésie]. Dans le cadre de la 7e Conférence de Windsor, Windsor, UK.
- Petherick, N. (2000). Environmental Design and Fear: The Prospect-Refuge Model and the University College of the Cariboo Campus [Conception environnementale et la peur : modèle de perspective-refuge et le Campus Cariboo de l'université]. *Western Geography*, 10 (1), 89-112.
- Pheasant, R. J., M. N. Fisher, G. R. Watts, D. J. Whitaker, et K. V. Horoshenkov (2010). The Importance of Auditory-Visual Interaction in the Construction of 'Tranquil Space' [L'importance de l'interaction audiovisuelle dans la construction de «L'espace paisible»]. *Journal of Environmental Psychology*, 30, 501-509.
- Platt, J.R. (1961). Beauty: Pattern and Change [Beauté : modèle et changement]. Dans D.W. Fiske et S.R. Maddi (eds.) [Fonctions d'expériences variées]. Homewood, IL: Dorsey Press. Dans Heerwagen, J.H. (2006). *Investir dans l'humain : les avantages sociaux de la conception*

- durable. Repenser la construction durable. Sarasota, FL. Septembre 19-22, 2006.
- Rapee, R. (1997). Perceived Threat and Perceived Control as Predictors of the Degree of Fear in Physical and Social Situations [Menace et contrôle perçus comme prédicteurs du degré de la peur dans les situations physiques et sociales]. *Journal of Anxiety Disorders*, 11, 455-461.
- Ruddell, E.J., W.E. Hammit (1987). Prospect Refuge Theory: A Psychological Orientation for Edge Effects in Recreation Environment [Théorie des perspective-refuge : une orientation psychologique pour les effets d'angles dans les environnements de loisirs]. *Journal of Leisure Research*, 19 (4), 249-260.
- Ruso, B., et K. Atzwanger (2003). Measuring Immediate Behavioural Responses to the Environment [Mesure des réactions comportementales immédiates à l'environnement]. *The Michigan Psychologist*, 4, p. 12.
- Ryan, C.O., W.D. Browning, J.O. Clancy, S.L. Andrews, et N.B. Kallianpurkar (2014). Biophilic Design Patterns : Emerging Nature-Based Parameters for Health and Well-Being in the Built Environment [Paramètres émergents basés sur la nature pour la santé et le bien-être dans l'environnement bâti]. *Archnet International Journal of Architectural Research*, 8 (2), 62-76.
- Salimpoor, V.N., M. Benovoy, K. Larcher, A. Dagher, et R. J. Zatorre (2011). Anatomically Distinct Dopamine Release During Anticipation and Experience of Peak Emotion to Music [Émission anatomiquement distincte de dopamine pendant l'anticipation et l'expérience de l'émotion à la musique]. *Nature Neuroscience*, 14 (2), 257-264.
- Salingaros, N.A. (2000). The structure of pattern languages [La Structure des modèles]. *Architectural Research Quarterly*, 4, pp 149-162. doi:10.1017/S1359135500002591.
- Salingaros, N.A. (2012). Fractal Art and Architecture Reduce Physiological Stress [L'architecture et l'art fractal réduisent le stress physiologique]. *Journal of Biourbanism*, 2 (2), 11-28.
- Salingaros, N.A. (2013). *Unified Architectural Theory: Form, Language, Complexity* [Théorie architecturale unifiée : forme, langue, complexité]. Portland : Sustasis Foundation.
- Salingaros, N.A. et K.G. Masden II (2008). Intelligence-Based Design : A Sustainable Foundation for Worldwide Architectural Education [Conception basée sur l'intelligence : une fondation durable pour l'enseignement de l'architecture dans le monde entier]. *Archnet International Journal of Architectural Research*, 2 (1), 129-188.
- Schooler, C. (1984). Psychological Effects of Complex Environments During the Life Span: A Review and Theory [Les effets psychologiques des environnements complexes au cours de la durée de vie : revue et théorie]. *Intelligence* 8:259-281. Dans Heerwagen, J.H. (2006). Investir dans l'humain : les avantages sociaux de la conception durable. Repenser la construction durable. Sarasota, FL. Septembre 19-22, 2006.
- Selhub, E.M. et A.C. Logan (2012). *Your Brain on Nature, The Science of Nature's Influence on Your Health, Happiness, and Vitality* [Votre cerveau et la nature, la science de l'influence de la nature sur votre santé, bonheur et vitalité]. Ontario : John Wiley et Sons Canada. Web References. 14 août 2014. <http://www.yourbrainonnature.com/research.html>
- Smithsonian Institute (2014). *Human Evolution Timeline Interactive* [Évolution humaine chronologie interactive]. Web. 11 août 2014 <http://humanorigins.si.edu/evidence/human-evolution-timeline-interactive>.
- Steg, L. (2007). *Environmental Psychology: History, Scope & Methods* [Psychologie environnementale : histoire, portée et méthodes]. Dans L. Steg, A.E. Van Den Berg, et J.I.M. de Groot (eds.), *Environmental Psychology : An Introduction* (1-11), 1re édition. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Sternberg, E.M. (2009). *Healing Spaces* [Espaces guérisseurs]. Cambridge: Bleknap Harvard University Press, pp. 343.
- Stigsdotter, U.A. et P. Grahn (2003). *Experiencing a Garden : A Healing Garden for People Suffering from Burnout Diseases* [Vivre un jardin : un jardin de guérison pour les personnes souffrant de maladies d'épuisement]. *Journal of Therapeutic Horticulture*, 14, 38-48.
- Taylor, R.P., (2006). *Reduction of Physiological Stress Using Fractal Art and Architecture* [Réduction du stress physiologique à l'aide de l'art fractal et l'architecture]. *Leonardo*, 39 (3), 245-251.
- Terrapin Bright Green (2012). *The Economics of Biophilia* [Économie de la biophilie]. New York: Terrapin Bright Green LLC. pp. 40.
- Tham, K.W. et H.C. Willem (2005). *Temperature and Ventilation Effects on Performance and Neurobehavioral- Related Symptoms of Tropically Acclimatized Call Center Operators Near Thermal Neutrality* [Les effets de la température et de la ventilation sur la performance et les symptômes connexes neurocomportementaux des gestionnaires de centres d'appel acclimatés tropicalement proches de la neutralité thermique]. *ASHRAE Transactions*, 687-698.
- Thompson, D'Arcy W. (1917). *On Growth and Form* [Sur la croissance et les formes]. Cambridge University Press.

- Tsunetsugu, Y., B.J. Park, et Y. Miyazaki (2010). Trends in research related to "Shinrin-yoku" (taking in the forest atmosphere or forest bathing) in Japan [Tendances de la recherche en matière de Shinrin-Yoku (« bain de forêt ») au Japon]. *Environ Health Prev Med* 15:27-37.
- Tsunetsugu, Y. et Y. Miyazaki (2005). Measurement of Absolute Hemoglobin Concentrations of Prefrontal Region by Near-Infrared Time-Resolved Spectroscopy : Examples of Experiments and Prospects [Mesure de concentrations absolues d'hémoglobine de la région préfrontale par spectroscopie : exemples d'expériences et perspectives]. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 24 (4), 469-72.
- Tsunetsugu, Y., Y. Miyazaki, et H. Sato (2007). Physiological Effects in Humans Induced by the Visual Stimulation of Room Interiors with Different Wood Quantities [Effets physiologiques chez les humains induits par la stimulation visuelle de salles intérieures avec différentes quantités de bois]. *Journal of Wood Science*, 53 (1), 11-16.
- Tveit, M.S., A.O. Sang, et C.M. Hägerhall (2007). Scenic Beauty : Visual Landscape Assessment and Human Landscape Perception [Beauté : évaluation visuelle du paysage et la perception humaine de paysage]. Dans Steg, L., A.E. van Den Berg, et J.I. De Groot (eds.), *Environmental Psychology: An Introduction* (37-46). Chichester : John Wiley et Sons.
- Ulrich, R.S. (1983). Aesthetic and Affective Response to Natural Environment [Esthétique et réactions affectives face à l'environnement naturel]. Dans I. Altman, et J. F. Wohlwill (eds.), *Behavior and the Natural Environment* (85-125). New York: Plenum Press.
- Ulrich, R.S. (1984). View Through a Window May Influence Recovery from Surgery. *Science* 224 (avril) 420-421.
- Ulrich, R.S., Simons, R.F., Losito, B.D., et al. (1991). Stress Recovery During Exposure to natural and Urban Environments. *Journal of Environmental Psychology* 11, 201-230.
- Ulrich, R.S. (1993). Biophilia, Biophobia and Natural Landscapes. Dans S.R. Kellert & R.S. Wilson. *The Biophilia Hypothesis* (73-137). Washington: Island Press.
- Ulrich, R.S. (1993). Biophilia, Biophobia and Natural Landscapes [Biophilie, biophobie et paysages naturels]. In : S.R. Kellert et R.S. Wilson. *The Biophilia Hypothesis* (73-137). Washington : Island Press.
- Urban Green Council (2013). Seduced by the View: A Closer Look at All-Glass Buildings [Séduit par la vue : regarder de près les bâtiments tout en verre]. Rapport, Urban Green Council New York Chapter of the US Green Building Council, Décembre 2013. http://urbangreencouncil.org/sites/default/files/seduced_by_the_view.pdf.
- van den Berg, A.E., S.L. Koole, et N.Y. Van der Wulp (2003). Environmental Preference and Restoration : (How) Are They Related? [Préférence d'environnements et restauration : (comment) sont-ils liés?] *Journal of Environmental Psychology*, 23, 135-146.
- van den Berg, A.E. et M. ter Heijne (2005). Fear Versus Fascination: An Exploration of Emotional Responses to Natural Threats [Crainte et fascination : une exploration des réactions émotionnelles à des menaces naturelles]. *Journal of Environmental Psychology*, 25, 261-272.
- van den Berg, A.E., T. Hartig, et H. Staats (2007). Preference for Nature in Urbanized Societies: Stress, Restoration, and the Pursuit of Sustainability [Préférence pour la nature dans les sociétés urbanisées : stress, restauration et la poursuite du développement durable]. *Journal of Social Issues*, 63 (1), 79-96.
- van den Berg, A.E., Y. Joye, et S. de Vries (2007). Health Benefits of Nature [Bienfaits de la nature]. Dans L. Steg, A.E. van Den Berg, et J.I.M. de Groot (eds.), *Environmental Psychology : An Introduction* (47-56). 1re édition. Chichester: Wiley-Blackwell. pp. 406.
- van den Berg, A.E. et C.G. van den Berg (2010). A comparison of children with ADHD in a natural and built setting [Une comparaison des enfants atteints de TDAH en milieu naturel et bâti]. *Child : care, health and development*, 37 (3), 430-439.
- Vessel, Edward A. (2012). Université de New York Centre pour L'Imagerie du Cerveau. Communication personnelle avec les auteurs.
- Wang, K. et R.B. Taylor (2006). Simulated Walks through Dangerous Alleys : Impacts of Features and Progress on Fear [Promenades simulées à travers les ruelles dangereuses : impacts des caractéristiques et des progrès sur la peur]. *Journal of Environmental Psychology*, 26, 269-283.
- Wang, D.V. et J.Z. Tsien (2011). Convergent Processing of Both Positive and Negative Motivational Signals by the VTA Dopamine Neuronal Populations [Traitement convergent des motivations des signaux positifs et négatifs par l'aire tegmentale ventrale de dopamine neuronale]. *PLoS ONE* 6(2), e17047. doi:10.1371/journal.pone.0017047.
- White, M., A. Smith, K. Humphryes, S. Pahl, D. Snelling et M. Depledge (2010). Blue Space: The Importance of Water for Preference, Affect and Restorativeness Ratings of Natural and Built Scenes [Espace bleu : l'importance de l'eau dans les préférences, l'affect et la récupération : notation des paysages naturels et construits]. *Journal of Environmental Psychology*, 30 (4), 482-493.

-
- Wigö, H. (2005). *Technique and Human Perception of Intermittent Air Velocity Variation* [Technique et perception humaine de la variation intermittente de l'air]. KTH Research School, Centre pour l'Environnement Bâti.
- Wilson, E.O. (1984). *Biophilia*. Harvard University Press, 157pp
- Windhager, S., K. Atzwangera, F.L. Booksteina et K. Schaefera (2011). Fish in a Mall Aquarium-An Ethological Investigation of Biophilia [Poissons en aquarium dans un centre commercial – une enquête éthologique de biophilie]. *Landscape and Urban Planning*, 99, 23–30.
- Yamane, K., M. Kawashima, N. Fujishige et M. Yoshida (2004). Effects of Interior Horticultural Activities with Potted Plants on Human Physiological and Emotional Status [Effets des activités horticoles intérieures avec des plantes en pot sur l'état physiologique et émotionnel humain]. *ActaHortic*, 639, 37-43.
- Zald, D.H., R.L. Cowan, P. Riccardi, R.M. Baldwin, M.S. Ansari, R. Li, E.S. Shelby, C.E. Smith, M. McHugo, et R.M. Kessler (2008). Midbrain Dopamine Receptor Availability is Inversely Associated with Novelty-Seeking Traits in Humans [La disponibilité des récepteurs mésencéphaliques de dopamine est inversement associée avec la recherche de la nouveauté chez les humains]. *The Journal of Neuroscience*, 31. décembre 2008, 28(53), 14372-14378; doi : 10.1523/JNEUROSCI.2423-08.2008
- Zhang, H. (2003). *Human Thermal Sensation and Comfort in Transient and Non-Uniform Thermal Environments* [Sensations thermiques humaines et de confort dans des ambiances thermiques transitoires et non uniformes], thèse de Ph.d D., CEDR, Université de Berkeley, Californie, <http://escholarship.org/uc/item/11m0n1wt>
- Zhang H, E. Arens, C. Huizenga, et T. Han (2010). Thermal Sensation and Comfort Models for Non-Uniform and Transient Environments: Part II: Local Comfort of Individual Body Parts [Sensation thermique et confort des modèles pour les environnements non uniformes et transitoires : partie II : confort local de parties individuelles du corps]. *Building and Environment*, 45 (2), 389-398.
- Zube, E.H. et D.G. Pitt (1981). Cross-Cultural Perception of Scenic and Heritage Landscapes [Perception interculturelle de paysages et du patrimoine]. *Landscape Planning*, 8, 69-81.

AUTRES PUBLICATIONS DE TERRAPIN

Ces publications et d'autres sont disponibles en accès libre sur le site Internet de Terrapin Bright Green : www.TerrapinBG.com/publications

En française



© 2012 Terrapin Bright Green

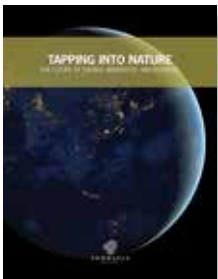
Économie de la biophilie

Concevoir avec la Nature : un atout économique

Ce rapport étudie les avantages de l'intégration de la biophilie dans nos lieux de vie et de travail. Y sont présentés plusieurs exemples de conception biophilique à la fois peu coûteux et efficaces sur la santé. Offrir dans un bureau des vues sur la nature permet ainsi aux entreprises d'économiser plus de 2000 \$ par employé et par an. De la même manière, offrir une vue sur la nature à des patients permettrait de réduire de 93 millions de dollars les coûts liés à la santé aux Etats-Unis. Ces exemples, basés sur des études scientifiques, démontrent tout le potentiel économique du déploiement à une large échelle d'une conception biophilique dans les hôpitaux – en accélérant la guérison des patients ; dans les bureaux – en stimulant la productivité ; dans les écoles – en améliorant les résultats scolaires ; et dans les lieux de vente – en stimulant les ventes.

En 2014, « l'Economie de la Biophilie » a reçu le prix e l'Environmental Design Research Association.

En anglais

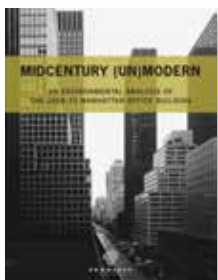


© 2015 Terrapin Bright Green

S'inspirer de la Nature

L'avenir de l'énergie, de l'innovation et du business

En puisant dans des milliards d'années de recherche et développement, des compagnies innovantes se sont inspirées de stratégies présentes dans la nature et développées de véritables technologies transformatrices. Depuis environ 4 milliards d'années, des organismes se sont développés sur la Terre s'adaptant en permanence à la diversité des environnements de notre planète et aux flux d'énergie. « Tapping into Nature » explore la façon dont des compagnies pionnières se sont inspirées de ces capacités d'adaptation mettant ainsi en évidence l'immense potentiel du marché des innovations bioinspirées. Dans ce document, Terrapin explore neuf sujets intersectoriels et retient pour chacun d'entre eux une stratégie dérivée de la nature. Les stratégies biologiques ne représentent qu'une fraction des designs présents dans la nature. Chaque section présente ensuite des produits bioinspirés – certains développés en collaborations avec Terrapin – déployés par des compagnies utilisant ces stratégies. Tous s'accordent à dire que ces types de stratégies et de produits montrent l'étendue des capacités innovantes du monde du vivant.



© 2013 Terrapin Bright Green

Midcentury (Un)Modern

Analyse environnementale des immeubles de bureaux de Manhattan de 1958 à 1973

Cette étude compare les avantages de la rénovation à ceux de la reconstruction pour les dizaines de millions de mètres carrés de bureaux bâtis à Manhattan de 1958 à 1973, la plupart ayant été construits avec du simple vitrage – et conçus selon les standards et modèles de l'époque. Nous avons aujourd'hui une conscience aigüe des contraintes imposées aux bâtiments en matière de ressources précieuses telles que l'énergie ou l'eau. Cette partie de la ville se doit d'être repensée ; la question étant de définir la meilleure approche pour cette tâche. Sur la base d'une analyse approfondie d'un mur-rideau représentatif, ce document explore trois grandes conclusions : 1) Conserver le bâtiment, avec un niveau intermédiaire d'économie d'énergie ; 2) Rénover pour économiser en théorie 40% d'énergie ; et 3) Remplacer par un bâtiment de haute-performance pour augmenter la capacité d'accueil tout en réduisant significativement la consommation d'énergie totale. A l'arrivée, quelles sont les contraintes environnementales ?

ap . astrance

(gondwana)
BIODIVERSITY DEVELOPMENT

« L'homme est un animal d'extérieur. Il s'acharne dans les bureaux et parle de grands livres, de salons et de galeries d'art, mais l'endurance qui l'a amené à ça, a été développée par ses rudes ancêtres, dont il méprise la parenté et dilapide la vitalité qu'il a reçue en héritage. Il est ce qu'il est en raison des âges innombrables d'un contact direct avec la nature. »

James H. McBride, MD, 1902

Journal de l'Association médicale américaine [Journal of the American Medical Association]



TERRAPIN
BRIGHT GREEN

NEW YORK CITY, NY USA | TERRAPINBRIGHTGREEN.COM | BIOPHILIA@TERRAPINBG.COM | +1.646.460.8400