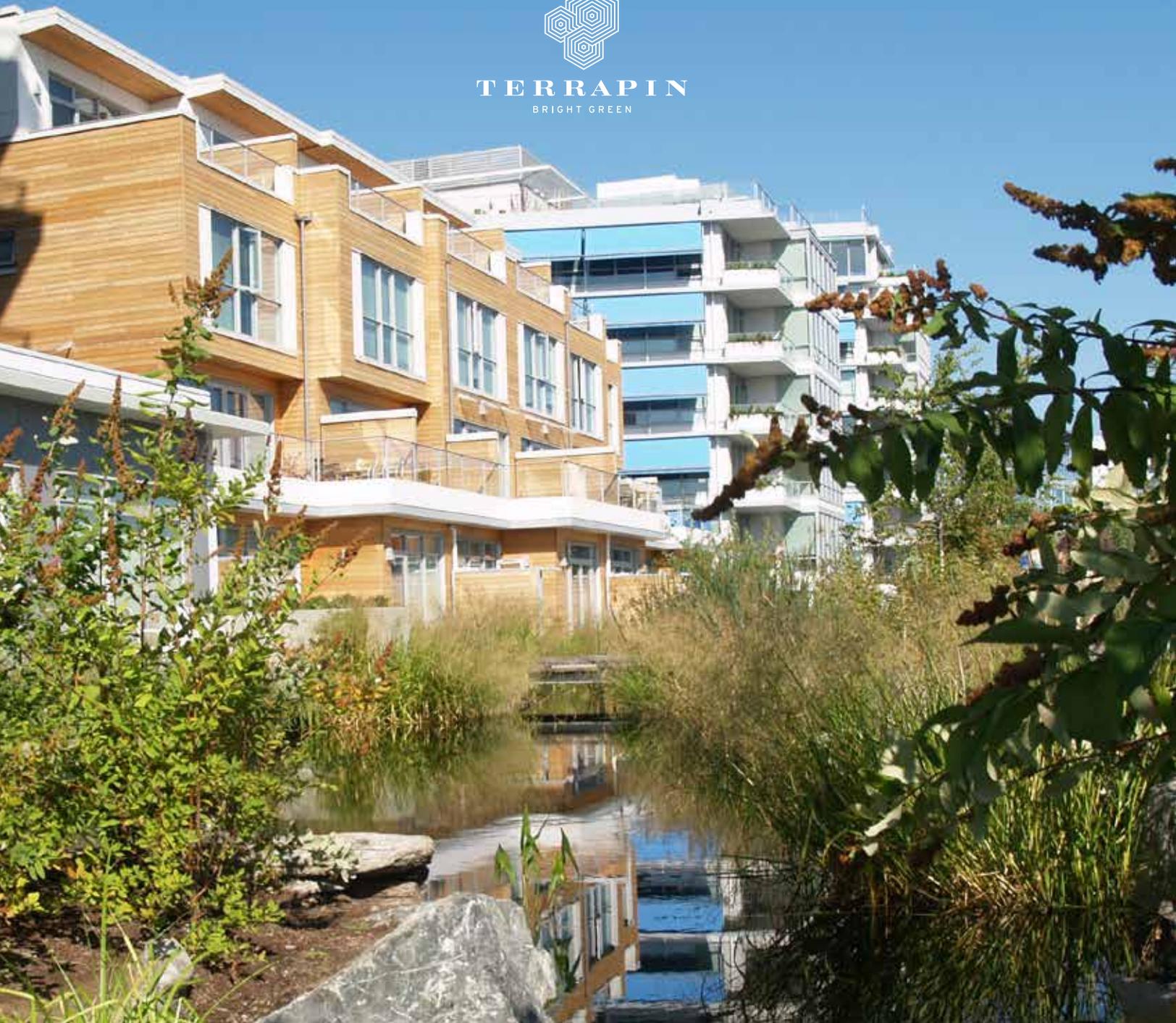




TERRAPIN
BRIGHT GREEN



ÉCONOMIE DE LA BIOPHILIE

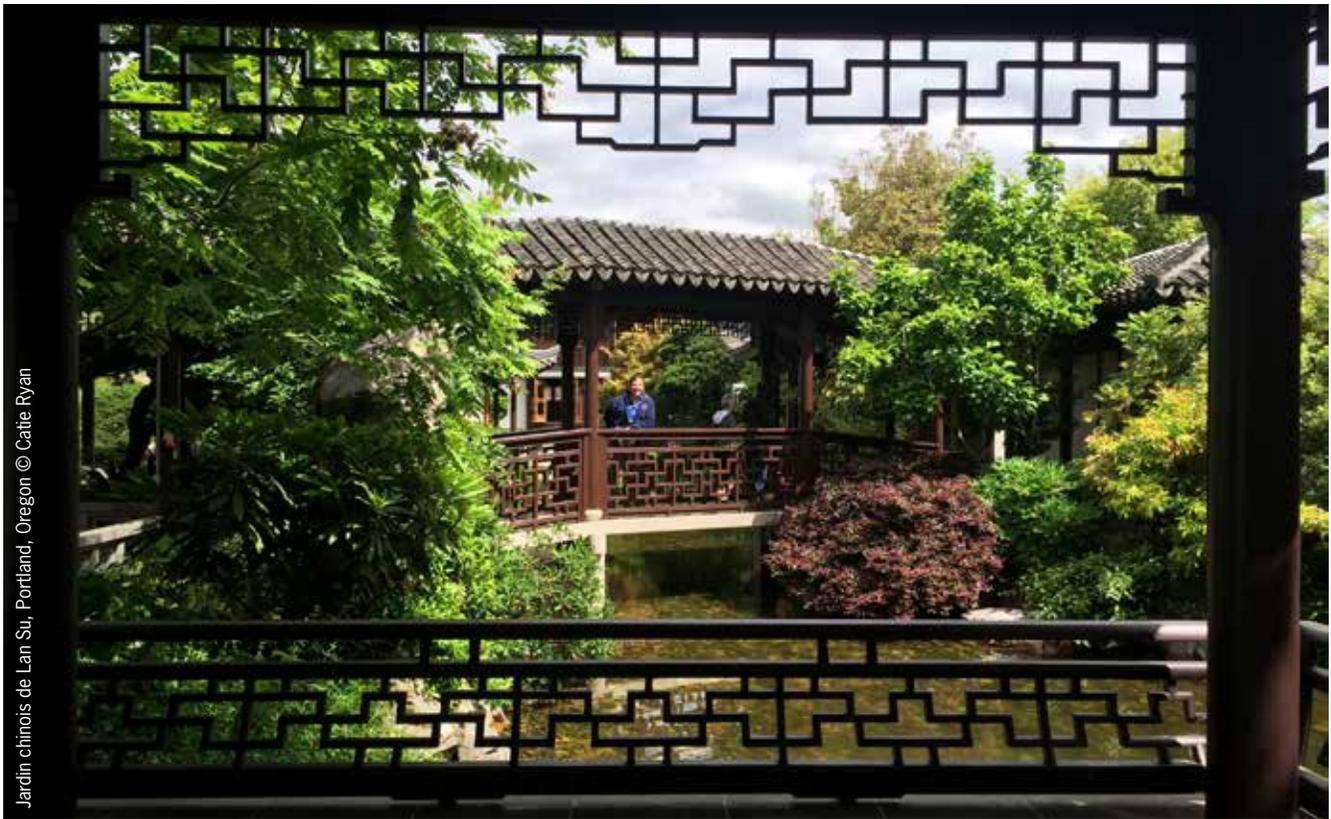
CONCEVOIR AUTOUR ET AVEC LA NATURE : UN BON SENS ÉCONOMIQUE

**“La biophilie est
l’attraction innée des
êtres humains aux
autres organismes
vivants...”**

**La vie qui nous entoure
est bien supérieure
en complexité et en
beauté que ce que
l’Humanité ne pourrait
jamais rencontrer.”**

Edward O. Wilson

L’Hypothèse de Biophilie



Jardin chinois de Lan Su, Portland, Oregon © Catie Ryan

AVANT-PROPOS

Le travail que Terrapin Bright Green a mené pour l'analyse de la rentabilité de la biophilie est l'un des plus importants de cette décennie. L'accès à la nature et aux éléments naturels dans notre environnement est bien plus qu'un avantage, il est vital à notre bien-être physique, mental et émotionnel. Terrapin nous a fourni des preuves solides qu'investir dans le design biophilique génère des rendements très importants au niveau de la santé et de la productivité des individus et des salariés. Ce travail de recherche est un nouvel outil majeur dans notre arsenal de mutation des marchés, et nous devrions nous assurer que chaque architecte-urbaniste sur la planète y ait accès.

S. Richard Fedrizzi
PDG et Fondateur
du Green Building Council aux Etats-Unis¹

avril 2013

Catie et Bill ont visité le Jardin chinois de Lan Su à Portland, Oregon, dans le cadre des recherches biophiliques de Terrapin. Comme dans de nombreux jardins traditionnels chinois et japonais, Lan Su présente plusieurs caractéristiques de conceptions biophiliques tels que l'eau, la perspective, le refuge, et le mystère.

Comme exemple de collaboration entre les villes de Portland et de Suzhou en Chine, le style authentique de la Dynastie Ming du jardin de Lan Su « allie l'art, l'architecture, le design et la nature en parfaite harmonie ».

¹ NdT : Association américaine pour les bâtiments à Haute Qualité Environnementale

NOTE DES AUTEURS

Nous sommes ravis de la réédition d'*Economie de la Biophilie*. Depuis sa première publication en 2012, nous avons reçu énormément de retours positifs, élargi nos connaissances avec de nouvelles recherches et publié plusieurs articles connexes. En 2014, *Economie de la Biophilie* a reçu le prix de la réussite de l'Association de Recherche en Design Ecologique (EDRA). Mais pour répondre à la demande de l'industrie et nourrir la curiosité des architectes et urbanistes, il nous reste encore beaucoup à faire !

Nouvelles Publications

En 2014, Terrapin a également publié « 14 Patterns of Biophilic Design [Les 14 principes de la Conception Biophilique] » pour partager la science de la biophilie et les considérations relatives à son application dans la conception. L'accent mis sur le lien entre l'environnement urbain, la nature et la santé publique s'intensifie considérablement, avec des publications récentes dans des journaux spécialisés — y compris un numéro spécial d'ArchNET, le *International Journal of Architectural Research* [*Journal International en Recherche Architecturale*], sur la complexité, les modèles et la biophilie — ainsi que dans des publications grand public en matière de design intérieur et de décoration, d'architecture paysagiste, de santé et de ressources humaines. Rien que sur la période 2014–2015, le magazine américains *HR People + Strategy* a publié un article sur la conception biophilique des bureaux, Interface a publié son rapport Human Spaces sur « Biophilic Design in the Workplace [Le design biophilique dans les lieux de travail] » en Europe, tandis que *Landscape Architecture Frontiers*, basé en Chine, a publié un article sur la biophilie et l'architecture paysagiste pour la santé publique, pour lequel nous avons collaboré avec l'architecte-paysagiste Joe Clancy du Royaume-Uni. L'intérêt du design biophilique et ses bienfaits sur la santé est très clairement mondial. Stephen Kellert et Nikos Salingaros, très connus dans ce domaine, tout comme Interface® et d'autres, ont été très actifs dans les nouvelles publications sur la biophilie.

Avancées scientifiques

Dans les trois années qui ont suivi la publication d'*Economie de la Biophilie*, les connaissances scientifiques portant sur les bienfaits de la nature sur la santé, lorsqu'une interaction existe entre la nature et un environnement bâti, ont poursuivi leur avancée. De nombreuses études continuent l'exploration dans ce domaine, avec des découvertes non négligeables. En particulier, des travaux récents d'une équipe de l'Université de Stanford ont démontré qu'une promenade dans la nature versus une promenade en milieu urbain a permis de réduire le taux d'activité dans le cortex préfrontal sublingual, et par conséquent aider à prévenir la dépression (Bratman et al., 2015). De même, les travaux d'une équipe de l'Université de Melbourne ont révélé qu'une vue de 40 secondes sur un toit végétalisé au lieu d'un toit en goudron ou en gravier était suffisant pour restaurer la concentration (Lee, K. et al., 2015). Nous avons aussi appris comment des expériences dans ou

avec la nature peuvent amener le cerveau à se prémunir contre les stimuli gênants. L'équipe de recherche psycho-acoustique de Fraunhofer Institute [l'Institut Fraunhofer] a conduit des expériences pour trouver la meilleure stratégie de masquage sonore dans un bureau en open space. Elle a constaté que, si les sons de la nature peuvent augmenter les décibels dans un espace, l'être humain perçoit cet environnement comme étant plus calme parce qu'il a tendance à se concentrer sur les sons naturels et à écarter les autres bruits (Fraunhofer Institute [Institut Fraunhofer], 2014). Il y a également eu une quantité croissante de travaux menés sur l'impact de la couleur de la lumière sur la régulation des réactions corporelles circadiennes (Hattar, 2014; Walmsley, 2015). Ces dernières et d'autres études ont amélioré notre compréhension de la réaction humaine à la nature et de la valeur de la conception biophilique.

Un mouvement qui s'accélère

Les établissements d'enseignement intègrent de plus en plus la conception biophilique, en théorie et en pratique, dans leurs programmes. Cette convergence de compétences entraîne des développements passionnants. Le Biophilic Cities Network [réseau de Villes Biophiliques], lancé par l'Université de Virginie, travaille actuellement en partenariat avec des villes dans sept pays, et plusieurs autres centres de recherches et d'application apparaissent. La American Society of Interior Designers [Société Américaine d'Architectes d'Intérieur] (ASID) propose une formation continue sur la conception biophilique. Les deux certifications de référence en matière de confort, santé et bien-être, le Living Building Challenge et le WELL Building Standard², militent en faveur du design biophilique, reconnaissant la biophilie comme un atout majeur pour les pratiques de construction saine et durable.

Alors que nous réfléchissons régulièrement aux prochaines grandes étapes de Terrapin, nous continuerons à augmenter la prise de conscience de la science de la biophilie. Pour cela, nous construisons une solide collection d'études de cas et d'outils pour appuyer la mise en œuvre et la reconnaissance de la conception biophilique. Nous prenons plaisir à participer régulièrement à des travaux avec des pairs pour des projets de design biophilique et pour écrire des guidelines pour des développements à grande échelle ceci dans le but d'aider les collectivités, les décideurs et les architectes-urbanistes. Nous sommes impatients de collaborer avec d'autres pour partager notre vision d'un environnement bâti biophilique et sain, et nous espérons que vous nous rejoindrez dans cette aventure.

*Bill Browning et Catie Ryan
Terrapin Bright Green
septembre 2015*



150 Charles Street

Rick Cook, du cabinet COOKFOX architectes, raconte son expérience de la conception du 150 Charles Street, un immeuble d'habitation dans le West Village de la ville de New York : « Nous voulions créer un bâtiment qui soit conçu pour connecter les gens avec la nature. Nous avons travaillé avec la ville pour ajouter un article au plan local d'urbanisme qui permettrait une volumétrie en gradins avec une cascade de terrasses et la condition d'un « paysagisme supérieur » via une cinquième façade végétalisée. La volumétrie qui en résulte offre un espace de toiture généreuse pour que la nature se développe et offre aux résidents autant de connexions à la nature que possible. »

L'accès à la nature et les vues créées par les terrasses plantées sont devenus des arguments de vente importants sur le marché, atteignant parfois des prix de vente par mètre carré les plus élevés dans le bas-Manhattan. Les appartements du 150 Charles Street offrent une vue étendue sur la ville et la rivière Hudson, ainsi que des liens visuels et physiques immédiats avec la nature, la lumière du jour et les matériaux naturels.

² NdT : équivalent à la norme Haute Qualité Environnementale en France

Parkroyal à Pickering

Conçu par les Architectes WOHA, l'hôtel Parkroyal à Singapour présente diverses végétations tropicales, de l'eau et des vues en perspective pour créer une expérience biophilique pour les hôtes. On y trouve des sièges en cage à oiseaux en porte-à-faux, des piscines à débordement et des formes biomorphiques sont intégrées dans le plafond des parties communes. Le Parkroyal a reçu plus de 15 prix depuis son achèvement en 2013.



Crédit photo: WOHA Architectes

Siège de Kickstarter

Le siège de Kickstarter, conçu par l'architecte Ole Sondresen à Greenpoint, Brooklyn, offre la lumière du jour dynamique et diffuse, ainsi qu'un lien avec les systèmes naturels, jusqu'au centre du bâtiment. Les zones végétales en plein air intègrent différents écosystèmes à chaque niveau, selon l'orientation, l'accès à la lumière du jour et à la pluie. Les vues de l'intérieur vers l'extérieur et inversement offrent des liens avec la nature, tout comme des perspectives vers d'autres zones de travail.



Ole Sondresen Architecte

Centre Contemplatif de Windhover

Le Centre Contemplatif et la Galerie d'Art de Windhover, signé Aidlin Darling Design pour l'Université de Stanford en Californie, a été conçu en collaboration avec les séries Windhover de Nathan Oliveira, cinq toiles inspirées par les crécerelles plongeantes au-dessus des contreforts de Stanford. Le bâtiment, la forme et le rôle du paysage ont été conçus pour servir de refuge à Stanford, avec l'intention de compenser le coût du personnel – en particulier les problèmes de santé mentale – qui peuvent être générés par les étudiants, les professeurs et le personnel. La lumière diffuse et dynamique crée une atmosphère apaisante, tandis que les seuils entre l'intérieur et l'extérieur s'estompent grâce aux matériaux, les transparences et l'accès visuel à la nature.



© Matthew Millman Photographie, crédit photo : Aidlin Darling Design

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier le Comité de lecture et les collaborateurs pour leur temps précieux et leurs conseils, et Olin Nettles pour son aide dans la relecture. Les opinions et conclusions dans ce rapport sont uniquement celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues des relecteurs.

CO-AUTHORS

William Browning	Terrapin Bright Green
Namita Kallianpurkar	Terrapin Bright Green
Catherine Ryan	Terrapin Bright Green
Leslie Labruto	Terrapin Bright Green

COMITÉ D'EXAMEN PAR LES PAIRS

Judith Heerwagen	J. H. Heerwagen & Associés
Vivian Loftness	Centre universitaire Carnegie Mellon pour le Bâtiment Performance & Diagnostics
Susan Painter	AC Martin Partners

COLLABORATEURS

Richard Cook	COOKFOX Architectes
Chris Garvin	Terrapin Bright Green
Travis Knop	Terrapin Bright Green
Siobhan Watson	Terrapin Bright Green

En outre, Terrapin voudrait remercier Rick Fedrizzi, Sally Augustin, Sue Weidemann, et Richard E. Wener. Grâce à leur soutien, *l'Economie de la Biophilie* a eu l'honneur d'être primée par le Prix de Réussite de l'Association de Recherche en Design Ecologique en 2014.

Merci également à Cory Nestor pour collecter les études de cas de référence en matière de conception biophilique, y compris celles qui sont mentionnées ici (page iv).



À PROPOS DE TERRAPIN

Terrapin Bright Green est une société de conseil et d'aménagement stratégique engagée à améliorer l'environnement humain à travers le développement de haute performance, de réglementation et de recherches associées, afin d'élever le débat et d'aider les clients à innover à travers une pensée créative sur les opportunités environnementales. Depuis 2006, notre société et notre réseau de spécialistes travaillent 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 disponible auprès du grand 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.

Références: Browning, William D., Namita Kallianpurkar, Catherine O. Ryan, et Leslie Labruto. *The Economics of Biophilia [Economie de la Biophilie]*. 2012. New York: Terrapin Bright Green, LLC, 2015.



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



TERRAPIN
BRIGHT GREEN

Révisé en septembre 2015

© 2012, 2015 par Terrapin Bright Green, LLC

Image de couverture: Docksider Green, Vancouver, BC, crédit photo Joe Van Belleghem

Image de couverture arrière: Architectes COOKFOX Studio Greenroof, 641 Avenue of the Americas, New York, NY, USA, crédit photo COOKFOX Architectes

Contact : www.TerrapinBrightGreen.com | Biophilia@TerrapinBG.com | +1.646.460.8400

ÉCONOMIE DE LA BIOPHILIE

CONCEVOIR AVEC LA NATURE : UN ATOUT ÉCONOMIQUE

RÉSUMÉ

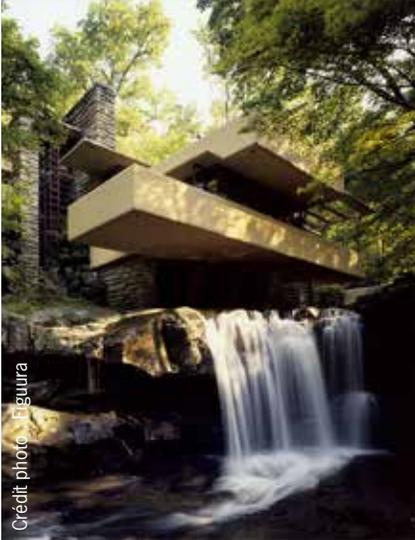
La biophilie, l'attraction innée de l'Homme à la nature, est un concept reconnu depuis plusieurs décennies par la communauté scientifique et des architectes, et intuitivement depuis des centaines d'années par tout à chacun. Le design biophilique a souvent été considéré comme un luxe pour les propriétaires immobiliers qui souhaitent le meilleur environnement de travail pour leurs employés, ou qui veulent présenter leurs efforts écoresponsables. En réalité, l'amélioration du bien-être communautaire à travers la biophilie peut avoir un impact sur la productivité et le résultat net.

Aujourd'hui, les coûts de productivité sont 112 fois supérieurs aux coûts d'énergie dans les lieux de travail. Nous pensons qu'intégrer la nature dans l'environnement bâti n'est pas juste un luxe mais un solide investissement économique en matière de santé et de productivité, basé sur des preuves neurologiques et physiologiques fondées. Dans ce rapport, nous présenterons plusieurs exemples d'investissements mineurs impliquant peu ou pas de coûts initiaux, tels que donner accès aux employés à des plantes, à une vue sur la nature ou à la lumière du jour, et à d'autres éléments de conception biophiliques. Ces mesures fournissent des rendements très sains. Intégrer des plans d'éclairage naturel de qualité dans un espace de travail peut faire économiser plus de 2 000 dollars par personne et par an en frais de fonctionnement, et plus de 93 millions de dollars pourraient être économisés annuellement en matière de dépenses de santé en fournissant aux patients une vue sur la nature.

Ces exemples, basés sur des recherches scientifiques, serviront à démontrer le potentiel financier d'un déploiement à grande échelle de la conception biophilique. Que ce soient des hôpitaux qui permettent aux patients de guérir plus rapidement, des bureaux qui stimulent la productivité, des écoles qui améliorent leur taux de réussite ou des commerces qui améliorent leurs ventes, ce rapport plaide en faveur de l'intégration de la biophilie dans les lieux de vie et de travail.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	4
LES AVANTAGES ÉCONOMIQUES DE LA BIOPHILIE DANS LES SECTEURS DE LA SOCIÉTÉ	11
CRÉER DES MARGES BÉNÉFICIAIRES DANS LES LIEUX DE TRAVAIL	11
PATIENTS PLUS SAINS, PROFITS PLUS SAINS	17
L'IMPORTANCE DE LA NATURE DANS LES LIEUX DE VENTE	21
UN MEILLEUR AVENIR POUR LES ÉLÈVES	24
VALEUR IMMOBILIÈRE, CRIME, ET BIEN-ÊTRE	28
POURSUIVRE AVEC LA CONCEPTION BIOPHILIQUE	32
ANNEXES: CALCULS	34
RÉFÉRENCES	39



Crédit photo : Figuera

La biophilie est un lien émotionnel inné que les êtres humains ont été créé vis-à-vis des autres organismes vivants. La vie autour de nous dépasse largement en complexité et en beauté tout ce que l'humain ne pourrait jamais rencontrer. – E.O. Wilson, 1984

INTRODUCTION

Les êtres humains ont toujours amélioré leur habitat et leur lieu de travail pour améliorer leur confort et leur productivité. Ces évolutions se sont basées sur les avancées technologiques qui ont amélioré la santé et le bien-être des occupants d'un bâtiment, mais ont accordé peu d'attention aux besoins physiologiques plus subtils. De récentes avancées dans la compréhension des systèmes naturels, couplées à une compréhension croissante des subtiles fonctions neurologiques et physiologiques associées au contact avec la nature, nous ont permis d'identifier des stratégies pour accroître les gains économiques, augmenter la productivité et renforcer le tissu social des collectivités. Bien que les bénéfices cognitifs de la biophilie soient bien étudiés par la communauté scientifique, les bénéfices économiques des designs biophiliques accumulés par la mise en œuvre de nombreuses de ses stratégies associées demeurent un élément sous-étudié dans la production des meilleures conceptions de notre environnement bâti.

Durant les vingt dernières années, les études sur l'attrait humain vis-à-vis de la nature ont prouvé que qu'il existait des liens entre les interactions avec la nature et des gains positifs en productivité, une augmentation des taux de guérison, et même une amélioration de l'apprentissage, dans un large éventail de secteurs. Ces investissements en santé et productivité peuvent toucher plus de secteurs qu'initialement prévu. Les gains financiers obtenus en fournissant aux personnes un accès à des éléments conceptuels biophiliques produisent des résultats allant de l'accélération remarquable des ventes en magasin et jusqu'à une meilleure sécurisation des collectivités urbaines.

Ce rapport présente au grand public les intérêts du design biophilique, en examinant les études scientifiques menées sur les effets de la nature sur la productivité et la santé humaine dans de nombreux environnements bâtis, et en attribuant des valeurs économiques à ces résultats dans le but de promouvoir à grande échelle son déploiement. L'objectif de cet exercice est de démontrer la valeur économique en se concentrant sur la conception biophilique non pas en tant que luxe, mais en tant que moyen d'accroître les profits. Afin de comprendre l'utilité de la conception biophilique, il est essentiel de débattre sur la façon dont la productivité, la santé, et le bien-être peuvent être mesurés – allant d'une réduction du taux d'absentéisme à une augmentation de la satisfaction au travail – et traduits en termes financier. Notre enquête sur la « gestion du capital humain » fournira la base permettant de comprendre pourquoi la société ne peut plus se permettre d'ignorer la valeur de la nature. La mise en évidence des études de cas spécifiques donnera ensuite un aperçu de la façon dont les meilleures pratiques de gestion issues du design biophilique peuvent être source de profit grâce à des stratégies de design naturel simples mais efficaces.

QU'EST-CE QUE LA BIOPHILIE?

L'être humain a évolué au sein du contexte plus large qu'est l'environnement naturel, et s'est développé pour répondre à cet environnement. En fait, nos ancêtres sont restés des chasseurs-cueilleurs dont l'habitat était parfaitement intégré au milieu naturel jusqu'à assez récemment dans l'histoire de l'humanité. Par conséquent, notre développement a été guidé par des interactions sensorielles avec la nature et par la familiarité avec les propriétés spatiales de différents paysages naturels.

À l'ère de la révolution industrielle, un glissement s'est opéré vers l'urbanisation, la fabrication et l'isolement de la nature, ce qui a marqué le début d'un éloignement vis-à-vis des pratiques agraires traditionnelles et de l'interaction active avec le monde naturel qui les accompagnaient. Progressivement, les travailleurs sont devenus plus familiers avec le tapis roulant et le poste de travail qu'avec les éléments du monde naturel.

Le terme « biophilie », qui signifie d'après son étymologie grecque « l'amour de la nature », a été inventé par le psychologue social Erich Fromm. Il s'est popularisé dans les années 80, quand Edward O. Wilson, un biologiste américain, s'est rendu compte des conséquences de cet exil de la nature, avant de devenir par la suite le pionnier d'une nouvelle école de pensée axée sur la nécessité de remettre les humains au contact de la nature. « La biophilie, décrit Wilson, est l'affiliation émotionnelle innée des êtres humains aux autres organismes vivants. Il ajouta que « La vie autour de soi dépasse en complexité et en beauté tout ce que l'humanité pourrait jamais rencontrer » (Wilson, 1984).

Le concept de biophilie implique que l'être humain maintienne une nécessité biologique de garder une connexion avec la nature au niveau physique, mental et social, et que cette connexion agisse sur notre bien-être personnel, notre productivité et nos relations en société. Que l'on communie avec la nature en marchant dans un parc, en interagissant avec les animaux ou simplement en profitant d'une vue sur de la verdure depuis son foyer ou son lieu de travail, les nombreuses applications de la biophilie aident à transformer des paramètres banals en des environnements stimulants.

Bien que le concept de biophilie soit relativement simple à saisir, les fondements neurologiques et physiologiques et leurs impacts sur l'environnement sont essentiels pour en apprécier vraiment la valeur. Les millions de canaux de neurones dans notre cerveau sont liés au système nerveux autonome du corps humain. Ce système se compose de deux éléments : le système sympathique et le système parasympathique. Le système sympathique stimule le corps humain lorsque les fonctions cognitives sont nécessaires. Le système parasympathique sert à relaxer le corps, et est utilisé pour des processus internes tels que la digestion. Lorsque l'équilibre naturel du corps entre le sympathique et le parasympathique est atteint, le corps est dans un état idéal d'homéostasie. Dans des environnements chaotiques et troublants, le système sympathique du corps est fortement engagé dans un état d'esprit de « combat ou retrait ». En même temps, le système parasympathique

LA BIOPHILIE EN TANT QUE CONCEPT



Crédit photo : Stephen Doyle

Le concept de biophilie implique que l'être humain maintienne une nécessité biologique de garder une connexion avec la nature au niveau physique, mental et social, et que cette connexion agisse sur notre bien-être, notre productivité et nos relations en société. – *Sheeps Meadow, 2004*

est supprimé, perturbant notre équilibre naturel et entraînant une perte d'énergie et une fatigue mentale. Cette combinaison induit stress, frustration, irritabilité et distraction. En revanche, l'interaction avec la nature fournit une augmentation de l'activité parasympathique, dont résultent une meilleure fonction corporelle et une activité sympathique réduite. Le résultat se traduit par une diminution du stress et de l'irritabilité, ainsi que par une capacité accrue à se concentrer.

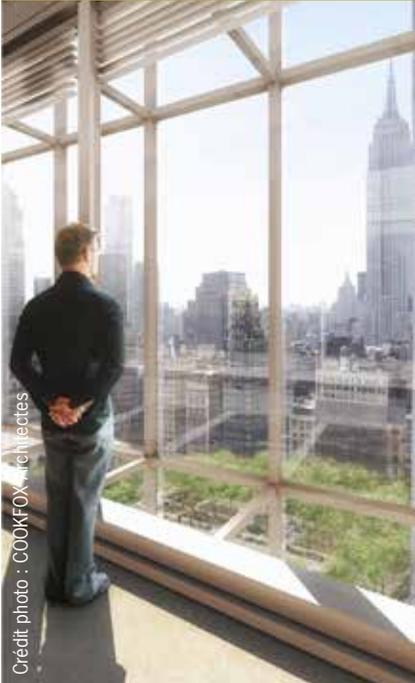
L'une des nombreuses composantes de l'influence de la biophilie est la connexion que les personnes ont avec certains motifs fractals qui apparaissent fréquemment dans le monde naturel. Les motifs fractals que l'on trouve dans la nature peuvent influencer positivement sur l'activité neuronale humaine et sur les mécanismes du système parasympathique. Lorsque des personnes ont été soumises à des images de motifs fractals dans la nature ou dans des paysages urbains de l'environnement bâti, les résultats d'électroencéphalogramme (EEG) reflétant les réactions neuronales et parasympathiques ont montré que les sujets étaient consciemment plus détendus lorsqu'ils étaient exposés à des paysages naturels.

L'étude a conclu que, dans des environnements présentant de nombreux stimuli et modèles, les modèles les plus susceptibles de retenir notre attention et d'induire une réponse détendue sont les motifs fractals que l'on trouve fréquemment dans la nature (Hagerhall, 2008).

Les neuroscientifiques ont découvert que la vision de scènes naturelles dynamiques et complexes déclenchait beaucoup plus d'interactions avec les récepteurs mu (opioïdes) dans la grande partie arrière du cortex visuel. Regarder la nature est littéralement une expérience agréable. Les visions de scènes épurées, telles qu'un mur blanc ou une rue sans arbres, sont décryptées dans la petite partie avant du cortex visuel et déclenchent nettement moins les récepteurs mu, provoquant moins de réactions mentales agréables (Biederman & Vessel, 2006). À l'inverse, tout mouvement dans un cadre naturel – tel que des vagues, des feuilles dans le vent, des poissons nageant dans un aquarium ou encore un feu crépitant – capture et retient notre attention.

D'autres effets physiologiques d'une exposition à la nature ont été bien documentés. Par exemple, les effets d'une marche dans un environnement forestier par rapport à un environnement urbain ont été calculés en comparant le cortisol salivaire, la pression artérielle et le rythme cardiaque des sujets. En moyenne, le cortisol salivaire (une hormone de stress) était entre 13,4 % et 15,8 % plus bas, le rythme cardiaque était réduit de 3,9 à 6,0 %, et la pression artérielle systolique était plus basse chez les individus qui avaient marché dans un bois, en comparaison de ceux qui avaient marché dans des zones urbaines. Plus impressionnant, l'activité parasympathique en général – qui apparaît lorsque l'on est détendu – avait augmenté de 56,1 %, tandis que l'activité sympathique – qui apparaît lorsqu'on est stressé – avait diminué de 19,4 % chez les individus ayant marché en forêt (Park, 2010). Ces études soutiennent la théorie de restauration de l'attention (TRA) de Rachel et Stephen Kaplan: La nature sert d'environnement

NOUS SOMMES CONÇUS POUR ÇA



Les réponses affectives envers les paramètres environnementaux ne sont pas dirigées par la cognition mais proviennent d'un processus rapide, automatique et inconscient à travers lequel les milieux sont immédiatement appréciés ou rejetés... En raison d'une affiliation émotionnelle innée avec certains éléments naturels, l'architecture basée sur la nature peut éveiller de la fascination pour les formes naturelles – Joye, 2007

restauratif pour l'homme et est une plate-forme efficace pour la gestion du stress, l'amélioration de la santé, la psychothérapie et la prévention des maladies.

Le stress est connu pour être la cause de troubles de santé mentale et de maladies cardiovasculaires. Selon les prévisions de l'Organisation mondiale de la santé, les troubles de santé mentale et les maladies cardiovasculaires devraient être les deux premiers facteurs de maladies dans le monde entier d'ici 2020 (OMS, 2008). Les dépenses liées aux maladies cardiovasculaires représentent 1/6e des frais de santé aux États-Unis (CDC, 2011). L'absence d'espaces accessibles aux salariés pour se détendre les expose à des apparitions prématurées de maladies psychiatriques induites par le stress et l'anxiété (CDC, 2011). Les études démontrent qu'un accès direct à la nature peut atténuer les sensations de stress, plaidant ainsi en faveur du développement de la biophilie dans les milieux de travail (Grahn & Stigsdotter, 2010). Le rythme cardiaque a été mesuré dans des environnements naturels et urbains, par rapport à l'attention spatialement sélective. Après que des sujets eurent visionné des vidéos des deux environnements, leurs résultats cardiaques ont montré que les vidéos montrant des milieux naturels avaient un effet involontairement relaxant sur les fonctions autonomes, entraînant une décélération cardiaque positive mais aussi une excitation physiologique bénéfique (Laumann *et al.*, 2003).

Un autre domaine émergent de recherche autour des interactions humaines avec la nature, connu au Japon sous le nom de « Shinrin-yoku », continue à fournir de solides preuves des bénéfices des environnements naturels sur la santé humaine. Le Shinrin-yoku est la pratique ancestrale japonaise de marches réparatrices dans des milieux naturels, le plus souvent des bois. En français, « Shinrin-yoku » se traduit littéralement par « bain de forêt ». Des expériences de bains de forêt ont été conduites pendant six ans sur 87 diabétiques non dépendants à l'insuline pour tester la capacité du Shinrin-yoku à faire décroître efficacement le taux de glucose dans le sang des patients. Après avoir marché 3 à 6 kilomètres en forêt, les taux de glucose dans le sang ont diminué en moyenne de 179 milligrammes à 109 milligrammes. Afin de s'assurer que cela était bien lié à l'environnement forestier et non pas à la simple activité de marche, les patients étaient également suivis lors de leurs exercices en piscine et sur tapis roulants intérieurs. En comparaison de ces exercices, qui réduisirent effectivement les taux de glucose dans le sang de 21,2 %, les bains de forêt réduisirent de façon impressionnante les taux de glucose de 39,7 % (Ohtsuka, 1998). Dans les bois, les sécrétions hormonales et les fonctions nerveuses autonomes de l'être humain se stabilisent lorsque nous respirons des composés organiques exsudés par la forêt, appelés « phytocides ». De nouvelles études sur le Shinrin-yoku démontrent qu'inhaler ces composés âcres produit sur la santé de puissants bénéfices, difficilement trouvables dans les milieux urbains et bâtis qui concentrent tant de personnes de nos jours.

La réaction de notre corps à la lumière du jour donne une autre piste importante sur la façon dont nous pouvons exploiter la puissance de la

BIOPHILIE & PHYTOCIDES



Dans les bois, des composés volatils et non volatils appelés « phytocides » sont émis par les plantes. Il a été prouvé que leur inhalation réduit la pression artérielle et stabilise l'activité autonome nerveuse. – Ohtsuka, 1998

biophilie. La lumière du jour affecte autant nos fonctions oculaires que nos rythmes circadiens inhérents. La luminothérapie consiste à exposer la rétine à des ondes spécifiques de lumière afin de traiter les arythmies circadiennes – le cycle quotidien d'activité hormonale observé chez les organismes vivants. Cet équilibre est partiellement lié au changement de couleur de la lumière du jour au cours d'une journée. La lumière du matin est jaune, devient plutôt bleue vers le milieu de la journée et tire vers le rouge en fin d'après-midi. L'exposition à la lumière naturelle vient équilibrer nos taux hormonaux de sérotonine (liée à notre humeur) et empêche la production de mélatonine (utilisée pour réguler notre sommeil). Lorsqu'il y a un déséquilibre entre sérotonine et mélatonine dans notre corps, notre modèle sommeil-éveil est dérangé, ce qui entrave les fonctions de nos systèmes neurologiques et immunitaires. Pour permettre à notre corps d'atteindre un équilibre hormonal optimal, la lumière du jour naturelle fournit la meilleure quantité de lux (ou unité de luminance) et les ondes de lumière spécifiques dont le corps humain a besoin pour établir et maintenir l'équilibre entre sérotonine et mélatonine. Par une journée claire, la lumière du soleil est 500 à 1 000 fois plus puissante que la lumière artificielle (Boyce, 2010). C'est une considération importante à prendre en compte lors de la conception d'environnements intérieurs, afin d'incorporer davantage de lumière naturelle.

Ces explications sur l'activité de notre système nerveux fournissent l'une des valeurs fondamentales physiologiques de la biophilie. Malheureusement, les effets neurologiques résultant d'une privation de nature sont méconnus, puisque nous interagissons avec cette dernière de façon de moins en moins quotidienne, en raison de notre mode de vie essentiellement intérieur.

LE DESIGN BASÉ SUR LA BIOPHILIE

Trois concepts phares constituent les piliers du design biophilique : la *nature dans l'espace*, les *analogies naturelles*, et la *nature de l'espace*. La *nature dans l'espace* fait référence à l'incorporation de plantes, d'eau et d'animaux dans l'environnement bâti ; par exemple des plantes en pot, des cascades, des aquariums et des jardins d'intérieur, ainsi que des ouvertures sur la nature à partir de l'intérieur du bâtiment. Dans l'architecture traditionnelle, la prédominance des cours intérieures est un bon exemple de notre attirance primaire pour une introduction de la nature directement dans le bâti. Ces connexions directes à la nature – et tout particulièrement à la « nature dynamique », qui intègre le mouvement – produisent les réactions biophiliques les plus fortes.

Les *analogies naturelles* n'ont qu'un degré d'écart avec la nature. Ce sont des matériaux et des modèles qui évoquent la nature et se décomposent en quatre grandes catégories : les œuvres d'art figuratives, la décoration, les formes biomorphiques et l'utilisation de matériaux naturels. Des photographies d'arbres et d'eau, des éléments de construction qui imitent coquillages et feuilles, des meubles de forme biologique plutôt que géométrique, ou encore un grain de bois visible font partie des *analogies naturelles*. Les bienfaits de la représentation

de la nature en œuvres d'art sont mesurables, mais cependant moins efficaces que les bienfaits provenant d'arbres réels ou de plantes situées à l'extérieur.

La *nature de l'espace*, un concept similaire, fait référence aux réactions psychologiques et physiologiques des personnes dans différentes configurations spatiales. L'humanité s'étant développée dans les savanes africaines, notre existence même parmi les herbes mi-hautes, les grappes d'arbres donnant de l'ombre et les perspectives larges a donné naissance à une affinité moderne pour ce genre de paysages à l'intérieur et à l'extérieur de nos environnements (Kellert *et al.*, 2008). En fait, notre préférence innée pour les vastes paysages ne se limite pas seulement à tout espace ouvert; des recherches physiologiques indiquent que notre corps réagit plus positivement à la savane en tant que modèle avec des ouvertures et des profondeurs moyennes à grandes.

Une grande partie de notre état émotionnel et mental est liée à l'organisation spatiale qui nous entoure. Les conceptions de perspective et d'abri (vues plongeantes à partir d'un espace protégé) ainsi que l'attraction et les dangers (l'exploration d'espaces inconnus et évoquant l'aventure) sont des exemples du concept de nature dans l'espace.

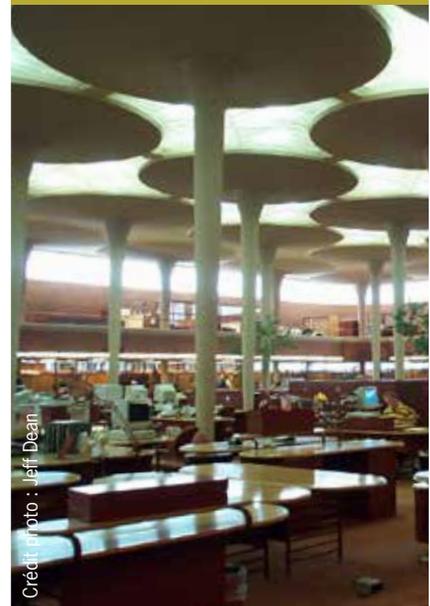
Il est prouvé que nous sommes prédisposés à préférer neurologiquement des vues vastes et larges à partir d'un point de refuge. Dans un test d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) qui mesure l'activité neuronale en réponse à une variété d'images, des chercheurs ont découvert que les sujets ayant visionné des perspectives à partir d'un abri avaient connu la plus forte activité IRMf dans une partie du cerveau associée au plaisir. En outre, les résultats des tests ont montré que les milieux naturels sont généralement préférés aux environnements artificiels. Les anthropologues attribuent ce phénomène à notre connexion évolutive avec la nature, et la préférence pour les vues avec perspective à la nécessité humaine fondamentale de trouver le meilleur emplacement pour un camp ou village (Biederman & Vessel, 2006).

LIER L'ENVIE DE NATURE ET L'ARGENT

Des chercheurs ont étudié et largement documenté divers effets physiologiques et psychologiques d'une exposition à la nature. Les conclusions de ces études — allant du taux de récupération de patients hospitalisés jusqu'aux lieux bénéficiant de la lumière du jour — traduisent souvent une augmentation de la valeur émotionnelle. Toutefois, les avantages économiques de la connexion des personnes à la nature sont souvent négligés en raison de la difficulté de quantifier les variables associées à des résultats positifs. En attribuant des valeurs aux données influencées par le design biophilique, la biophilie prouve que sous-estimer l'attraction de l'homme envers la nature équivaut sous-estimer également le potentiel de croissance financière positive.

Durant ces vingt-cinq dernières années, des études de cas ont démontré les bienfaits des expériences biophiliques, parmi lesquels une meilleure

BIOPHILIE ET SAVANE



Le design de Frank Lloyd Wright pour le bâtiment S.C. Johnson Wax est une réplique de la savane, et procure la même impression de refuge qu'une savane réelle. L'utilisation optimale de la nature de l'espace rend la conception de ce bâtiment particulièrement attirante, et c'est probablement la raison pour laquelle il n'a quasiment pas changé en 73 ans. – Frank Lloyd Wright, SC Johnson Wax Building, 1936

récupération du taux de stress, la diminution de la pression artérielle, l'amélioration des fonctions cognitives, de l'endurance mentale et de la concentration, ainsi qu'une diminution de la violence et de l'activité criminelle, une amélioration de l'état d'esprit et une hausse des taux d'apprentissage.

Comment exploiter ces données et les traduire économiquement ? Dans le passé, des groupes de recherche ont transcrit diverses mesures de la productivité, dont les recettes, les heures ouvrées, le résultat net et les parts de marché gagnées. La recherche actuelle utilise deux approches, l'une directe et l'autre indirecte.

Les mesures directes de productivité englobent des valeurs quantifiables, comme le nombre de clients servis ou d'appels pris au cours d'une période de temps donnée. Ces valeurs peuvent être traduites monétairement et directement converties en économies de coûts pour une entreprise ou une institution. Les mesures indirectes, bien qu'en apparence immatérielles et non quantifiables, sont tout aussi importantes lorsqu'on les examine en détail. L'approche indirecte de la productivité comprend le taux d'absentéisme, les retards, les heures ouvrées, les violations des règles de sécurité et d'autres mesures qui peuvent rapidement faire grimper le budget d'une entreprise. (Miller, 2009). Dans ce rapport, les indicateurs de productivité comprendront les éléments suivants et seront, si possible, convertis monétairement :

- maladie et absentéisme ;
- stabilité du personnel ;
- performance au travail (stress mental/fatigue) ;
- taux de guérison ;
- taux d'apprentissage scolaire ;
- ventes ;
- statistiques de violence.

Lorsqu'ils sont liés aux effets d'une reconnexion avec la nature, ces indicateurs affichent des gains remarquables, sur lesquels les entreprises et les institutions peuvent capitaliser. Ce document vise à mettre en valeur les gains économiques que l'on peut obtenir lorsque l'on s'intéresse à la conception biophilique non pas en tant que luxe, mais bien comme un moyen d'augmenter l'efficacité. Or, l'attention portée sur la productivité des salariés, dans le but de maximiser l'efficacité et de minimiser les coûts, est extrêmement sous-évaluée ; ceci est dû au fait que les gains de productivité ne sont pas toujours immédiatement apparents, contrairement aux stratégies de réduction de coûts qui sont directement identifiables.

Un dilemme se pose pour les décideurs qui tentent d'équilibrer les intérêts des actionnaires et la dynamique opérationnelle (Heerwagen, 2000). Un investissement dans l'espace de travail semble moins fructueux qu'un investissement dans les modernisations technologiques, où les taux de retour sur investissement sont quantifiables. Les nombreux indicateurs

utilisés pour évaluer la productivité des salariés sont tellement disparates qu'ils rendent difficile la mesure des bénéfices.

De nombreux secteurs – hôpitaux, entreprises, bureaux – dépensent en moyenne 112 fois plus en frais de personnel qu'en dépenses d'énergie dans leurs lieux de travail. C'est précisément là où le design biophilique commence à susciter l'intérêt des chefs d'entreprises, directeurs, PDG, décideurs et constructeurs. Selon les données de 2009, le coût par mètre carré d'un espace de bureau est massivement consacré au salaire ; 90,3 % des coûts par mètre carré sont attribués aux frais de personnel, tandis que seulement 8,9 % sont versés pour le loyer et l'hypothèque, et 0,8 % pour les dépenses d'énergie (BOMA, US Department of Labor [Ministère du Travail américain], 2010).

Ces statistiques indiquent clairement que le meilleur investissement est celui consacré au personnel, à sa productivité et à sa satisfaction globale. De petites améliorations apportées à la productivité et à la réduction de l'absentéisme pourraient faire augmenter les profits et bilans nets, plus spectaculairement que la simple réduction des dépenses d'énergie. En bref, la productivité entraîne la rentabilité.

LES AVANTAGES ÉCONOMIQUES DE LA BIOPHILIE DANS LES SECTEURS DE LA SOCIÉTÉ

De nos jours, de nombreux secteurs industriels bénéficient des avantages de la conception biophilique. En examinant cinq de ces secteurs – les lieux de travail, la santé, les magasins, les écoles et les collectivités publiques – nous pouvons mieux appréhender les implications fiscales et économiques du design biophilique. Les chiffres et les pourcentages présentés sont des preuves incontestables que de nombreuses stratégies de design traditionnel qui font fi de la nature peuvent conduire à des impacts négatifs sur la santé humaine, le développement de l'enfant, la sécurité de la collectivité et la satisfaction des travailleurs. Ces effets ont un impact direct sur la rentabilité.

CRÉER DES MARGES BÉNÉFICIAIRES DANS LES LIEUX DE TRAVAIL

Le lieu de travail est au cœur du progrès dans la société moderne ; c'est là où le salarié américain moyen passe plus de 43 heures par semaine (US Census Bureau [Bureau de recensement américain], 2010). Les employeurs paient leurs employés en moyenne 33,24 dollars par heure ou 67 880 par an ; quinze salariés seulement peuvent coûter à un employeur plus d'un million de dollars en salaire (Bureau of Labor Statistics [Bureau des statistiques du travail], 2011a, 2011b). Les employeurs espèrent que leurs employés soient productifs à toute heure, bien qu'un fonctionnement à 100 % efficace soit peu réaliste compte tenu de l'environnement bâti autour des travailleurs et des autres stimuli externes. Les principales causes d'un déclin de la productivité sont l'absentéisme, la perte de concentration, la mauvaise humeur et la mauvaise santé. L'environnement bâti, même s'il n'est pas

PRÉVOIR L'ABSENTÉISME



L'étude d'Elzeyadi de l'université d'Oregon a conclu que l'absentéisme de 10 % des employés pourrait être attribué à des éléments architecturaux sans lien avec la nature, et que la vue depuis un bureau est le **principal** indicateur d'absentéisme. Des aménagements comme les toits végétalisés peuvent constituer d'excellentes vues sur la nature, même dans des milieux urbains ou commerciaux. – *Toit végétalisé au bureau de COOKFOX Architectes et Terrapin Bright Green, NYC, 2010*

10%

**DES ABSENCES DES
EMPLOYÉS PEUVENT
ÊTRE ATTRIBUÉES À
UNE ARCHITECTURE
SANS LIEN AVEC
LA NATURE**

nécessairement la cause de ces facteurs de stress, peut être un remède à ces symptômes indésirables s'il est bien conçu.

Durant la dernière décennie, les psychologues américains ont regroupé les cinq principales exigences d'un fonctionnement de base qui, si elles sont négligées, peuvent déclencher des problèmes d'incompréhension et d'insatisfaction dans le milieu de travail (Kellert, 2008). Il s'agit :

- du besoin de changement (variations de température, d'air et de lumière, etc.) ;
- de la capacité d'agir sur l'environnement et d'en mesurer les effets ;
- de l'existence de stimuli significatifs (les atmosphères stagnantes provoquent un début de stress chronique) ;
- du fait de posséder son propre espace pour assurer sa sécurité, son identité et sa protection ;
- de l'existence d'une vue sur le monde extérieur.

L'absentéisme

Ces besoins fondamentaux peuvent être satisfaits grâce à des stratégies de conception biophilique dans les lieux de travail (Bergs, 2002). Si ces dernières sont appliquées, une nouvelle rentabilité contribuera à la croissance durable des entreprises prospères. Réduire l'absentéisme en est un exemple parmi d'autres. Les changements biophiliques effectués dans un lieu de travail peuvent réduire l'absentéisme sur une longue période de temps, réduire les plaintes consommatrices de productivité pour les ressources humaines et contribuer à retenir les employés pendant de nombreuses années.

L'absentéisme superflu et évitable ne devrait pas être négligé financièrement. En 2010, le US Department of Labor [Ministère du Travail américain] a déclaré un taux annuel d'absentéisme de 3 % par employé, équivalant à 62,4 heures perdues par an et par employé dans le secteur privé. Par conséquent, un employeur perdra chaque année 2 074 dollars par employé pour absentéisme. Pour 20 employés, une même entreprise perd plus de 41 000 dollars en parts patronales. Ce chiffre est encore plus spectaculaire dans le secteur public. Le taux d'absentéisme moyen déclaré y est de 4 %. Avec plus de 83 heures perdues par an, l'absence moyenne d'un employé coûte 2 502 dollars par an (US Department of Labor [Ministère du Travail américain], 2010). Au sein d'une grande organisation, cet absentéisme se traduit par la perte de millions de dollars. Dans tous les secteurs, des efforts visant à réduire l'absentéisme, même d'un pour cent, grâce à la mise en œuvre d'un design biophilique pourraient rapporter des avantages financiers substantiels.

Dans l'optique de réduire le coût des ressources humaines, le potentiel de la conception des bâtiments est mis en évidence par l'étude récente d'un immeuble de bureaux administratifs à l'université d'Oregon (Elzeyadi,

2011). Ce bâtiment est un laboratoire efficace pour tester la biophilie : 30 % des bureaux surplombent des arbres et un paysage entretenu au nord et à l'ouest, 31 % donnent sur une rue, un bâtiment et un parking au sud et à l'est, et 39 % des bureaux sont situés à l'intérieur du bâtiment, sans vis-à-vis avec l'extérieur. Les occupants de cet immeuble sont des employés administratifs de diverses catégories, sans placement hiérarchique des départements ou des employés à travers les étages.

Lorsque l'on questionne les employés sur leurs préférences de vue sur l'extérieur, une large majorité répond qu'elle préfère une vue donnant sur la nature plutôt que sur la ville, et qu'elle préfère une vue quelconque à des bureaux aveugles (sans fenêtres). Ces préférences n'ont pas simplement fait augmenter ou baisser le moral des employés ; les chercheurs ont constaté que la qualité de la vue dont bénéficiaient les employés affectait significativement leur comportement au travail.

Les employés qui avaient vue sur les arbres et les paysages (nord et ouest) ont pris en moyenne 57 heures de congé maladie, contre 68 heures pour ceux travaillant dans les bureaux aveugles. Les employés bénéficiant d'une vue sur la ville se classèrent entre les deux groupes, tant au niveau des préférences de vue que du nombre de jours de congé maladie pris. Lorsque la qualité de la vue était combinée avec la qualité de l'éclairage et la taille de la fenêtre, les éléments architecturaux expliquent 10 % de la variation de jours pris pour congé maladie. En outre, l'étude a révélé que la qualité de vue était le premier indicateur d'absentéisme. Elle a également examiné les lieux de pause des personnes, et a constaté que les employés disposant d'une meilleure vue passaient plus de temps à leur bureau. Les employés ayant vue sur la ville ou sans vue étaient plus susceptibles de passer leurs pauses-déjeuner à marcher à l'extérieur ou dans d'autres parties du bâtiment. Pris dans leur ensemble, ces résultats indiquent une très forte corrélation entre l'accès de certaines personnes à une vue sur la nature et leur taux de satisfaction au travail, de santé et de productivité.

Des études montrent qu'il existe une nette différence entre les réactions des gens ayant vue sur la nature et ceux travaillant dans des bureaux aveugles. Lors d'une expérience menée sur 90 participants pour étudier la récupération du rythme cardiaque face à un stress de faible niveau, 3 groupes de 30 participants chacun ont été exposés à l'une des trois conditions suivantes : une fenêtre avec vue sur la nature, un écran plasma en haute définition avec une image identique à cette vue, ou un rideau occultant un mur. Dans le cas d'une vue sur la nature, les capacités de récupération étaient significativement supérieures aux deux autres conditions, qui chacune donnèrent de faibles résultats en matière de récupération physiologique de stress. Encore une fois, ces résultats soutiennent la théorie de récupération de l'attention (TRA), suggérant que la nature favorise la récupération de la fatigue mentale. Il semblerait que la nature dans l'espace favorise une meilleure concentration, ainsi que l'endurance psychique et la productivité – ce dont bénéficient autant les employés que les employeurs (Kahn, 2008).

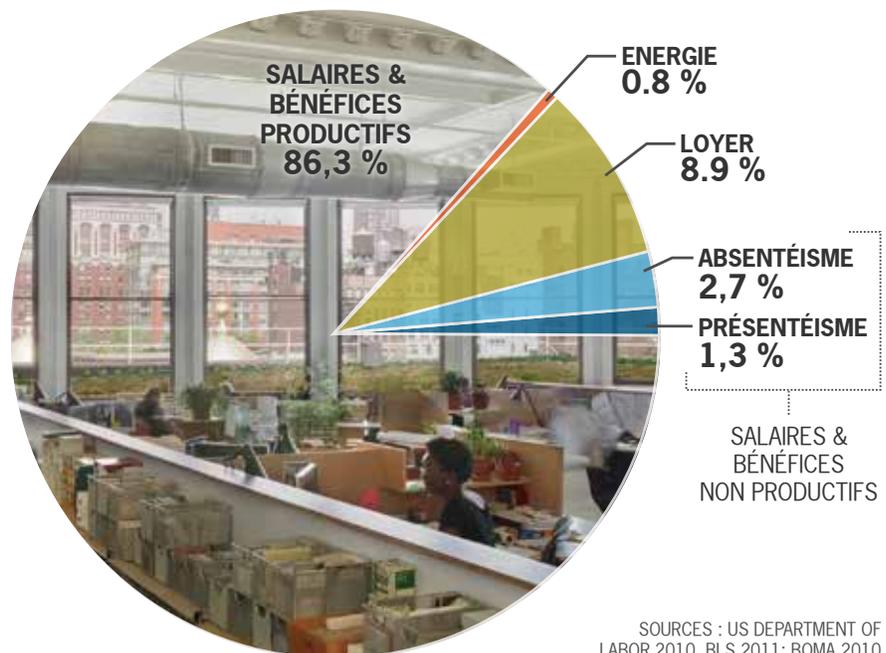
En outre, les résultats de l'étude font ressortir l'importance de la « nature dynamique », telle que de l'eau en mouvement ou des arbres dans le vent. Bien que la « nature statique », telle que des plantes en pot ou des œuvres d'art figurant des scènes de nature, soit préférable à toute absence de nature, les bienfaits de la nature dynamique suscitent les réponses physiologiques les plus positives. Le mouvement de la nature ne réveille pas seulement la stimulation visuelle, mais crée des associations entre tous les sens de l'être humain. Le développement d'une sensibilité vis-à-vis de la nature est un principe de la psychologie humaine. Ainsi, pour provoquer une réponse physiologique optimale, la « nature dynamique » est la meilleure stratégie de conception biophilique.

Le résultat de cette étude n'est pas une coïncidence ; il existe une connexion physiologique entre les personnes et la nature, qui explique pourquoi l'attention humaine est neurologiquement restaurée. Lorsque des individus tentent de se concentrer, une contrainte neurologique ordonne au cerveau de ne pas se laisser distraire ou stimuler par d'autres éléments ou tâches – une fonction qui requiert une grande quantité d'énergie. Une baisse de l'attention se produit dans des environnements où la concentration est malaisée, provoquant un stress qui diminue le rythme cardiaque et la respiration tout en stimulant la digestion pour augmenter l'énergie corporelle nécessaire. Cette combinaison se traduit par une baisse de concentration et une perte d'efficacité (Maas, 2011). Cela signifie que nous nous ennuyons dans des espaces visuellement peu stimulants, et qu'au-delà d'être une distraction, la nature est une source de renouvellement de notre attention qui rétablit le fonctionnement cognitif avec des éléments naturels appelant des réponses affectives.

LA BIOPHILIE PEUT RÉDUIRE LES PERTES DE COÛTS DE FONCTIONNEMENT NON PRODUCTIFS

Plus de 90 % des coûts de fonctionnement d'une entreprise sont liés aux ressources humaines, et **les pertes financières pour cause d'absentéisme s'élèvent à 4 %**. Les espaces de travail qui ont une vue sur la nature permettent de s'affranchir du stress extérieur, et tendent à causer moins de stress environnemental en soi. Il est financièrement intéressant pour les entreprises d'essayer d'éliminer le stress environnemental qui leur coûte plusieurs milliers de dollars par an en coûts salariaux.

Crédit graphique : Catie Ryan pour Terrapin Bright Green



SOURCES : US DEPARTMENT OF LABOR 2010, BLS 2011; BOMA 2010

Présentéisme

Des environnements intérieurs médiocres entraînent également des conséquences financières sous forme de « présentéisme ». Le présentéisme est le phénomène selon lequel les employés pointent, mais sont mentalement isolés de leur lieu de travail, entraînant des pertes financières pour l'entreprise. Le présentéisme peut provenir de la somnolence, de maux de tête, de rhumes ou d'asthme si l'apport en air frais est pauvre. Il coûte aux employeurs du secteur privé 938 dollars, et représente pour le secteur public un coût de 1 250 dollars par employé et par an. Pour une société de 100 employés, cela équivaut à une perte sèche de 100 000 dollars par an en temps ouvré non rentable. Fournir un accès à la lumière naturelle, à une vue sur l'extérieur et à une ventilation naturelle réduit la fatigue oculaire, soulage la fatigue mentale et ramène l'attention des salariés à leur travail.

Bien que de nombreuses études se soient penchées sur les effets d'un éclairage naturel et d'une vue sur l'extérieur, l'intégration de plantes et de verdure au sein du lieu de travail entraîne également des gains de productivité et des réductions de stress psychologique (Bergs, 2002). La présence d'espaces verts dans un bureau augmente la productivité de plusieurs façons, et l'augmentation de la productivité a un impact significatif sur les coûts d'exploitation globaux.

La valeur d'une vue sur la nature a été économiquement quantifiée. Au centre d'appels de l'Administration municipale du territoire de Sacramento, une disposition stratégique des sièges des employés a révélé des résultats étonnamment variables sur leurs performances (Heschong, 2003c). Le nombre d'appels traités en une heure par les employés bénéficiant d'une vue sur la végétation à travers de grandes fenêtres a largement dépassé le nombre d'appels traités par les employés dépourvus de perspective sur l'extérieur. Les chercheurs ont conclu que les premiers géraient les appels 6 à 7 % plus vite que les seconds. Le gain financier était clair : au vu du grand nombre d'employés, les marges bénéficiaires ont fortement augmenté. Les coûts de construction (installation de fenêtres à châssis mobiles et légère augmentation de la superficie de bureau avec des réaménagements des postes de travail pour permettre l'accès à une vue sur l'extérieur) étaient de 1 000 dollars par employé, alors que les gains en productivité étaient de 2 990 dollars en moyenne par employé. Le retour sur investissement a été atteint en quatre mois, avec des améliorations de la productivité à long terme augmentant la rentabilité. Ceci est un exemple que toute entreprise pourrait appliquer et atteindre de manière réaliste si cette application biophilique était mise en œuvre (Heschong, 2003c ; Loftness, 2008).

Au moment de décider comment investir en interne au sein d'une entreprise, les données montrent qu'il y a un avantage comparatif à investir dans le bien-être des employés. Une entreprise type de 1 000 salariés, avec un coût moyen de rémunération de 33,24 dollars par heure et par employé, pourrait faire croître ses bénéfices de 3,9 millions de dollars par année en augmentant sa marge de rentabilité de

ANALOGIES NATURELLES



La tour de la Bank of America à One Bryant Park a été conçue en mettant l'accent sur la biophilie, dans le but délibéré d'attirer et de retenir les meilleurs employés. Le bâtiment est très majoritairement éclairé naturellement et intègre des matériaux naturels tels que des planchers en bois et des plafonds décorés, et des pierres apparentes à forte concentration fossile. – *Tour Bank of America à One Bryant Park, NYC, 2010*

6 % seulement. Si cette société décidait de prendre des mesures pour retenir ses employés, le coût de rotation du personnel sur un poste donné pourrait être évité. Les coûts d'indemnisation, de remplacement et la perte de productivité équivalent respectivement à 1 000 dollars, 9 000 dollars et 15 875 dollars par employé. Cela signifie que perdre un employé en raison d'une insatisfaction, d'une maladie ou d'un environnement médiocre pourrait coûter 25 875 dollars en moyenne à l'entreprise (Loftness, 2007).

Ces nouveaux résultats indiquent une tendance vers une meilleure conception des bâtiments, en utilisant la biophilie dans le but de révolutionner la méthode des employeurs pour attirer les employés. De grandes entreprises, telles que Herman Miller, utilisent leur paysage luxuriant et leurs bâtiments écologiques pour attirer les meilleurs candidats susceptibles de rejoindre leur groupe ; la tour de la Bank of America à One Bryant Park à Manhattan a été conçue de façon à ce que 90 % des employés aient vue sur le parc, les toits végétalisés et/ou des rivières, et ce pour créer un bâtiment emblématique dans le but explicite d'attirer et de retenir les meilleurs employés.

Un autre examen comparatif entre un vieil espace de bureaux, caractérisé par un mauvais éclairage et une mauvaise qualité de l'air, et un espace sain, largement éclairé par la lumière naturelle, a montré une plus grande activation du stress hormonal dans le premier cas et beaucoup moins de maux de tête dans le second (Thayer *et al.*, 2010). Des niveaux élevés de stress hormonal et crânien étant fortement associés aux maladies coronariennes précoces – qui coûtent aux États-Unis plus de 108 milliards de dollars par an – l'environnement physique d'un lieu de travail peut jouer un rôle dans l'amélioration de la santé, tant à court qu'à long terme.

En 1978, les directeurs de la banque ING aspiraient à un meilleur environnement pour leur nouveau siège de plus de 32 000 m² à Amsterdam. L'objectif de la conception du bâtiment était de maximiser l'éclairage naturel, d'intégrer l'art végétal et d'installer des fontaines et cascades d'eau pour améliorer la productivité des employés, tout en créant une nouvelle image de la banque. Les gains de productivité dans ce cas d'étude ont été renversants : l'absentéisme a chuté de 15 % après la fin de la construction. Les employés étaient impatients de travailler et se sont occupés spontanément des éléments naturels (Romm & Browning, 1994). En outre, cela a permis à la banque d'économiser près de 2,6 millions de dollars par an, après l'installation de l'ensemble du système énergétique et des unités d'éclairage naturel. Plus globalement, l'image d'ING en tant que banque progressiste et créative a correspondu aux attentes des consommateurs qui ont choisi ING en tant que banque principale, la faisant passer de la quatrième à la deuxième banque la plus populaire aux Pays-Bas (Romm & Browning, 1994).

Ces études démontrent clairement que les entreprises peuvent dégager des bénéfices en exploitant les dispositions que nous offre la nature.

PATIENTS PLUS SAINS, MEILLEURE RENTABILITÉ : LE DESIGN BIOPHILIQUE DANS LES MILIEUX HOSPITALIERS

Malgré le ralentissement de l'économie, les dépenses dans le secteur de la santé sont à un niveau record et continuent de croître. En 2009, les États-Unis ont dépensé près de 2,5 billions de dollars en frais de santé (US Department of Health and Human Services [Ministère de la Santé américain], 2009a). Le Bureau d'actuariat des centres de Medicare et de Medicaid [Office of the Actuary of Centers for Medicare and Medicaid Services] prévoit que ce chiffre augmentera de 6,7 % d'ici 2017. Les recherches actuelles démontrent qu'intégrer des éléments biophiliques, même infimes, dans l'industrie de la santé peut entraîner une réduction des coûts des soins aux patients et des frais de personnel, tout en améliorant les résultats médicaux.

En 2010, les États-Unis ont dépensé 40 milliards de dollars en construction d'établissements de santé (US Department of Commerce [Ministère du Commerce américain], 2011). Si des stratégies de conception biophilique (comprenant des jardins et un accès à l'éclairage naturel), sont considérées pendant la phase de construction, il est possible de réduire les coûts opérationnels liés à la durée de séjour à l'hôpital. Plus de cinquante études ont été publiées, qui considèrent que les éléments biophiliques ont une influence majeure dans l'amélioration du taux de rétablissement des patients, la baisse de la dépendance médicamenteuse, la diminution du stress du personnel et de la famille, et l'amélioration du bien-être émotionnel, en tant que conséquences directes d'un éclairage naturel et d'une vue sur la nature.

En 1984, Roger Ulrich fut le pionnier d'une étude majeure qui mesurait l'influence des panoramas naturels et urbains sur les patients en rétablissement d'une chirurgie sur la vésicule biliaire. Certains patients avaient une vue sur la nature, tandis que d'autres faisaient face à des murs de briques. Avec toutes les autres variables similaires, les conclusions de cette étude révélèrent un meilleur taux de rétablissement et un stress moindre pour les patients ayant vue sur l'extérieur. En moyenne, les patients qui avaient vue sur la nature étaient libérés après 7,96 jours, par rapport à 8,71 jours pour les autres — soit une diminution de 8,5 % (Ulrich, 1984). La traduction de cette étude en termes économiques indique une réduction significative des coûts pour le patient et pour l'hôpital dans son ensemble. Selon l'Agence de recherche et de qualité en soins de santé [Agency for Healthcare Research and Quality], le coût moyen journalier d'un séjour postopératoire en hôpital était de 5 059 dollars en 2004 (Machlin & Carper, 2007). Appliqué à l'étude d'Ulrich sur 46 patients, le coût des soins aux patients aurait pu être réduit de 161 000 dollars si les patients avaient été libérés seulement un jour plus tôt. Bien que ce soit un calcul impondérable de réduction de coûts, cet exemple est suffisamment parlant pour mesurer l'ampleur des économies potentielles qu'un hôpital conçu biophiliquement pourrait engendrer.

Les stratégies de conception biophilique servent de catalyseurs et de procédé rentable pour réaliser ces économies, en tentant de réduire

DES VUES QUI SOIGNENT



Les patients bénéficiant d'une vue sur la nature, au lieu d'un mur quelconque, sont sujets à des séjours en hôpital plus courts de 8,5 % plus courts, avec moins de commentaires négatifs d'observation de la part des infirmières et une consommation nettement moindre d'analgésiques postchirurgicaux. — Ulrich, 1984

la durée des séjours hospitaliers des patients – dont les indemnités journalières sont en hausse. Il est prometteur d'imaginer l'énorme potentiel d'économies dans les 5 795 hôpitaux du pays, si chaque patient avait la possibilité de se rétablir dans une chambre avec vue (American Hospital Association [Association des hôpitaux américains], 2010). En 2007, 44 993 procédures opérationnelles majeures eurent lieu aux États-Unis, avec un séjour hospitalier moyen de 4,8 jours environ (Hall *et al.*, 2010). Dans l'étude d'Ulrich sur les patients qui se rétablissaient d'une ablation de la vésicule biliaire, ce dernier révéla qu'une vue sur la nature réduisait la durée du séjour en hôpital de 8,5 % (Ulrich, 1984). Si nous appliquons ce pourcentage au séjour moyen de 4,8 jours de récupération nécessaire après une opération majeure, nos estimations donnent une diminution du séjour hospitalier d'une demi-journée (0,41 jour). Étant donné que la dépense nationale moyenne journalière d'un séjour postopératoire est de 5 059 dollars et que le nombre de chirurgies pratiquées aux États-Unis est relativement stable depuis 2007, nous estimons que les économies à travers le pays seraient de l'ordre de 93 324 031 dollars par an (Machlin & Carper, 2007). Encore une fois, le but de ce calcul n'est pas de révéler un chiffre exact des économies potentielles, mais plutôt de donner une idée des impacts macroéconomiques que le design biophilique pourrait avoir dans le secteur de la santé (voir Annexe).

D'autres rapports étayaient les conclusions d'Ulrich. Une étude menée en 1996 par Beauchemin et Hays a révélé que les patients en chambres ensoleillées et éclairées naturellement voyaient la durée de leur séjour en hôpital réduite, par rapport à ceux disposant de chambres ternes et éclairées artificiellement (Beauchemin & Hays, 1996). Dans une étude portant sur 174 patients souffrant de troubles bipolaires et de dépression, ceux qui séjournaient dans des unités éclairées naturellement sortaient après 16,7 jours en moyenne, tandis que ceux résidant dans des chambres pauvrement éclairées restaient en moyenne 19,5 jours ; soit une différence moyenne de 2,6 jours. En 2001, une étude similaire révéla que les patients souffrant de troubles bipolaires et bénéficiant de chambres éclairées par la lumière du matin voyaient leur durée de séjour réduite de 3,67 jours, par rapport aux patients qui n'en avaient pas (Benedetti *et al.*, 2001). Encore une fois, les stratégies de design biophilique révèlent des opportunités pour de substantielles économies de coûts ; des économistes pharmaceutiques de l'université du Texas ont estimé que chaque cas de troubles bipolaires traité coûtait au minimum 11 720 dollars (Begley *et al.*, 1998). Si l'on applique ce chiffre au contexte de travail de Benedetti *et al.*, et si une fraction de cette valeur était déduite grâce à une réduction du temps de traitement, 271 904 dollars auraient pu être potentiellement économisés si les 87 patients de l'étude avaient bénéficié de chambres éclairées naturellement.

Le coût des médicaments a grimpé en flèche aux États-Unis durant ces cinquante dernières années ; 2,6 billions de dollars ont été dépensés collectivement en soins de santé, ce qui équivaut à plus de 17 % du PIB (US Department of Health & Human Services [Ministère de la Santé américain], 2010). Il y a plus d'argent dépensé par personne en soins

UNE VUE SUR LA NATURE RÉDUIT LA DURÉE DE SÉJOUR HOSPITALIER, ET FAIT FAIRE DES ÉCONOMIES



Crédit graphique : Catie Ryan pour Terrapin

de santé aux États-Unis que dans n'importe quel autre pays (WHO, 2009). Il est essentiel de réduire ces coûts pour la stabilité économique du système hospitalier et de ses utilisateurs. En 2005, une étude a évalué l'importance de la lumière du soleil dans une chambre d'hôpital sur le rétablissement des patients atteints d'une cholécystectomie, en mesurant la consommation d'analgésiques. Les patients étaient répartis dans des chambres éclairées naturellement de façon variable. Les patients du côté le mieux éclairé bénéficiaient d'une lumière du soleil 46 % plus forte que ceux placés dans des endroits plus sombres. Le résultat de l'étude mesurait la consommation standard de morphine, basée sur tous les médicaments opioïdes utilisés de façon postopératoire. L'étude a déterminé que les patients exposés à davantage de soleil percevaient moins la douleur, prenaient 22 % moins d'analgésiques par heure, et réduisaient leurs coûts en analgésiques de 21 % sur la durée totale de leur séjour (Walch et al., 2005).

Réduire le séjour hospitalier moyen de 0,41 jour peut totaliser jusqu'à **93 millions de dollars d'économies en frais hospitaliers par an**. Selon des études scientifiques, l'accès à l'éclairage naturel et autres éléments biophiliques peut avoir un impact tellement positif sur la santé des patients qu'ils pourraient dépasser ces estimations (voir Annexes pour plus d'explications sur ces calculs).

Les réponses apportées aux besoins psychologiques des patients ont sous-estimé les avantages financiers. Les résultats des études ont démontré qu'un design médiocre et le manque d'exposition à la lumière naturelle inhibent le taux de récupération et la stabilisation de la pression artérielle, exacerbent l'anxiété et augmentent la consommation d'analgésiques. Le stress augmente tant chez les patients que chez le personnel soignant en cas d'importantes responsabilités (responsabilité de rétablissement et responsabilité du bien-être du patient, respectivement) et de manque de contrôle (incapacité à modifier son environnement et impossibilité de prendre des pauses, respectivement). Des études sur la thérapie par l'horticulture et les jardins de guérison pour patients ont directement accredité ces activités, en réduisant le stress tant chez les patients que chez le personnel, en réduisant la consommation de médicaments chez les patients et en augmentant la satisfaction du personnel (Sadler et al., 2008). De nombreux facteurs influencent et déclenchent le stress, cependant l'environnement architectural peut venir soulager un stress dû aux contraintes extérieures et déclencher indépendamment des réactions physiologiques positives. Ainsi, un environnement bâti biophilique peut fournir des distractions positives. Ces dernières favorisent le bien-être en évoquant des sentiments positifs

qui détournent l'attention liés aux émotions négatives. D'autres pistes développent la présence d'éléments naturels tels que l'eau, les plantes, les arbres et les animaux non menaçants. Bien qu'étant moins efficace que la « nature dynamique », la représentation de scènes de nature dans des œuvres d'art ou des peintures murales a également fait ses preuves en diminuant l'anxiété et l'inconfort. Des patients séjournant dans un hôpital universitaire suédois en rétablissement d'une opération à cœur ouvert ressentaient moins de stress postopératoire en regardant des images de scènes naturelles qui comprenaient de l'eau, plutôt que des images d'art abstrait ou pas d'images du tout (Ulrich & Lunden, 1990).

Les jardins de soin ont été à plusieurs reprises cités comme évocateurs de souvenirs agréables, favorisant une bonne santé et constituant un lieu de rencontre sociale pour les patients. Les bienfaits de la nature dans les milieux hospitaliers s'étendent également aux membres de la famille et aux visiteurs ; un écrasant pourcentage de 95 % des visiteurs interrogés dans quatre hôpitaux indépendants ont confirmé se sentir plus détendus, rajeunis et positifs. Ils ont également déclaré se sentir moins stressés et plus aptes à faire face à la situation (Marcus & Barnes, 1995). Les jardins de soin ont été à plusieurs reprises cités comme évocateurs de souvenirs agréables, favorisant une bonne santé et constituant un lieu de rencontre sociale pour les patients. Les bienfaits de la nature dans les milieux hospitaliers s'étendent également aux membres de la famille et aux visiteurs ; un écrasant pourcentage de 95 % des visiteurs interrogés dans quatre hôpitaux indépendants ont confirmé se sentir plus détendus, rajeunis et positifs. Ils ont également déclaré se sentir moins stressés et plus aptes à faire face à la situation (Marcus & Barnes, 1995). Les résultats des études et des recherches sur le design ont été si convaincants que le Centre de ressources thérapeutiques paysagères [Therapeutic Landscapes Resource Center] Naomi Sachs estime entre 280 et 570 le nombre d'hôpitaux aux États-Unis ayant intégré des jardins de soin à grande échelle dans leur conception architecturale, afin de fournir aux patients un sentiment de contrôle, de mouvement physique et d'accès à la nature en tant que distraction positive (Domke, 2008).

Les bienfaits cumulés d'une exposition à la nature profitent non seulement aux patients, mais aussi au personnel soignant – considération importante puisque la vigilance des infirmières dans les hôpitaux est cruciale pour le confort et la santé des patients. Les infirmières et le personnel hospitalier ressentent des effets d'anxiété, de dépression et une satisfaction au travail moindre lorsqu'ils ont un accès restreint à un panorama naturel et de faibles contacts avec l'extérieur. Inversement, le personnel récupère plus facilement du stress et est plus performant lorsqu'il a accès à des jardins et à la lumière du jour directe.

Les preuves montrent que la lumière naturelle, l'accès à la nature et la vue sur la nature devraient être intégrés dans la conception architecturale des bâtiments de santé. Bien qu'ils engendrent des coûts initiaux, le retour sur investissement est quantifiable au travers

des bénéfiques pour les patients et pour le personnel. Alors que la prise en compte du design est récente dans le domaine de la santé, de plus en plus d'études scientifiques rigoureuses militent en faveur de l'intégration de la nature en milieu hospitalier pour améliorer le bien-être des patients, accroître les marges bénéficiaires et réduire les budgets des hôpitaux. Chacun de ces bienfaits pour la santé induit des avantages économiques qui reflètent la plus-value démontrée du design biophilique dans les hôpitaux.

L'IMPORTANCE DE LA NATURE DANS LES POINTS DE VENTE

Malgré la crise économique de 2008, l'Américain moyen dépense 12 990 dollars par an dans les magasins. Le design biophilique fournit un moyen de puiser dans ce marché fort de 3,9 billions de dollars, pour augmenter les ventes tout en permettant une expérience d'achat plus agréable (U.S. Census Bureau [Bureau de recensement américain], 2010). Les effets psychologiques apaisants et calmants de la nature ont été utilisés pour attirer les consommateurs dans les magasins et stimuler les ventes, augmentant le bénéfice net des commerces ayant intégré des éléments biophiliques.

Il est prouvé que les consommateurs sont plus susceptibles d'acheter dans des magasins stratégiquement placés au milieu de végétations naturelles. Ce n'est pas un hasard si la disposition des centres commerciaux et des magasins est intentionnellement et méticuleusement tracée pour guider les clients à travers un dédale de marchandises entourées de manière stratégique de plantes, d'arbres et de puits de lumière ; des influences discrètes mais puissantes sur les consommateurs peuvent amener les commerçants à dégager de meilleures marges bénéficiaires si les pratiques écologiques biophiliques sont mises en place (Joye, 2010). Les constructeurs ont su tirer profit de notre affinité innée pour les environnements semblables à la savane de nos ancêtres *Homo Sapien* avec des arbres clairsemés, des espaces semi-ouverts, un abri du soleil, des éléments aquatiques, des couloirs à vues multiples et des niveaux élevés d'accès visuel – et nous rencontrons ces environnements de façon croissante dans les centres commerciaux à travers le pays (Heerwagen, 1998).

Dans une étude de consommation sur des magasins conçus biophiliquement, des images étaient présentées aux participants, montrant des environnements de vente dont on leur demanda de qualifier la qualité visuelle, la perception de l'espace (jugement des produits, valeur du produit et réactivité marchande), le comportement de la clientèle (fréquence et durée de l'achat) et la perception des prix dans trois environnements différents d'achat : des rues vertes généreusement fournies en végétaux élevés, des trottoirs clos avec verdure dispersée, et des rues sans aucune végétation visible. Les résultats étaient clairs : les rues bien entretenues et avec de grands arbres recevaient les notes les plus élevées, même si le végétal obscurcissait certains produits et façades de bâtiments (Wolf, 2005). Les images de quartiers d'affaires bien ordonnés et sans arbres reçurent les scores les plus faibles.



Les clients de commerces entourés de nature et/ou des éléments de nature sont prêts à accepter des prix jusqu'à 25% plus chers. – Albee Square, Brooklyn, NY, 2010

En ce qui concerne la perception de l'espace, les résultats ont révélé que les consommateurs considéraient les arbres comme attractifs et comme des ajouts fort intéressants à leur expérience de shopping, et classaient ces rues comme bien entretenues, conviviales et plus dignes de leurs dépenses que les rues aux trottoirs stériles ou fermés. Les consommateurs ont indiqué qu'ils resteraient plus longtemps dans un magasin et visiteraient le quartier plus souvent – ce qui reflète effectivement les habitudes de consommation – lorsque la végétation était très répandue.

Cette même étude révèle une augmentation convaincante de la valeur hédonique des marchandises vendues dans des zones plus vertes, par rapport aux endroits dépourvus de toute représentation naturelle. Lorsque l'on a montré aux participants des endroits de vente plus végétalisés, ces derniers ont surestimé de 20 % le prix qu'ils accepteraient de payer (par rapport au prix des articles vendus) pour le shopping pratique (par exemple, un sandwich pour déjeuner), de 25 % pour les marchandises en général (par exemple, une nouvelle veste ou montre), et de 15 % pour un achat spécifique (par exemple, un cadeau pour un membre de la famille) (Wolf, 2005). L'adjonction de vie végétale dans les magasins stimule donc la perception de l'image des commerces et leur viabilité économique.

Fournir un éclairage naturel dans les points de vente est également une méthode simple pour augmenter significativement les ventes — en s'assurant seulement que la lumière naturelle inonde le plancher du magasin. En 1993, Wal-Mart a consulté plusieurs entreprises et institutions de design architectural de renommée pour conceptualiser un prototype de magasin vert. Wal-Mart chercha à améliorer l'efficacité énergétique et la qualité de l'air intérieur, à aborder la conservation de l'eau et à augmenter le nombre d'aménagements paysagers. Dans l'un de ses points de vente, une moitié seulement du magasin était éclairée naturellement, mais des résultats remarquables ont été observés dans cette zone, selon l'ancien vice-président immobilier de Wal-Mart, Tom Seay. Les ventes par mètre carré se sont révélées significativement plus élevées pour les rayons situés dans les parties éclairées avec la lumière du jour. En outre, les ventes dans les parties éclairées naturellement étaient remarquablement plus élevées dans ce nouveau magasin, par rapport aux mêmes rayons d'autres magasins plus sombres (Romm & Browning, 1994).

L'étude la plus large associant ventes et lumière naturelle a été menée entre 1999 et 2001 dans une chaîne de 73 magasins à travers la Californie ; 24 magasins étaient catégorisés comme ayant un éclairage naturel significatif, tandis que 49 comptaient sur la lumière artificielle. Une analyse approfondie des ventes a montré avec 99 % de précision statistique que les magasins sans éclairage naturel avaient connu une augmentation des ventes de 40 % après avoir installé des puits de lumière. Les bénéfices associés à cette augmentation ont été estimés à plus de 19 fois supérieurs aux économies d'énergie. Les coûts d'énergie pour ces magasins avaient baissé entre 0,24 et 0,66 dollars [2,60 et

7,2 euros] par mètre carré, par rapport aux magasins avec un éclairage standard. Selon la complexité du système de surveillance installé, le bénéfice de l'augmentation des ventes (de 4,56 à 12,54 dollars [50 euros à 136 euros] par mètre carré), surpasse largement les économies d'énergie. L'effet sur toute la Californie, si l'éclairage naturel était adopté à grande échelle dans les milieux de vente, serait de plus de 47,5 millions de dollars de bénéfices et de 2,5 millions de dollars par an en économies d'énergie (Heschong, 2003a).

Dans tout le pays, le business model des points de vente commence à exploiter l'éclairage naturel pour augmenter les marges. De grandes entreprises telles que Target ou Recreational Equipment Incorporated (REI) ont adopté des stratégies d'éclairage naturel pour leurs magasins. Construit en 1998, le magasin Target – entièrement éclairé naturellement – à Phoenix, en Arizona, a couvert ses puits de lumière pendant six mois et n'a utilisé que l'éclairage électrique, afin de mesurer les différences de vente liées aux différences de qualité d'éclairage. Les estimations non publiées des ventes indiquent une augmentation de 15 à 20 % au cours des six mois pendant lesquels le magasin était éclairé naturellement. Ces données ont été suffisamment incitatives pour que Target décide d'ouvrir un magasin de conception identique à Turlonck, en Californie, en 2000. Les résultats sur les ventes ont été les mêmes pour ce magasin que pour les points de vente éclairés artificiellement (Edwards & Torcelli, 2002). Pour généraliser ces données, les puits de lumière augmentent statistiquement les ventes de 1.55 dollars [17 euros] par mètre carré dans les magasins d'alimentation, les boutiques de vêtements et les chaînes de magasins à travers le pays (Heschong, 2003). Le simple ajout d'un puits de lumière se traduit par une augmentation annuelle des ventes allant de 62 000 dollars dans un grand magasin d'alimentation jusqu'à 387 000 dollars dans un hypermarché. En parallèle, les établissements qui mettent en œuvre ces stratégies réduisent considérablement leurs dépenses en énergie en installant des capteurs de lumière qui ajustent l'éclairage artificiel selon l'intensité de l'éclairage naturel.

En validant le fait que l'éclairage naturel et l'adjonction de végétaux et de verdure peuvent réellement faire augmenter les recettes dans le commerce, les développeurs et propriétaires de magasins peuvent réaliser des marges bénéficiaires optimales qui sont économiquement, écologiquement et socialement intelligentes.

UN MEILLEUR AVENIR POUR LES ÉCOLIERS : LE DESIGN BIOPHILIQUE DANS LES ÉTABLISSEMENTS SCOLAIRES

**LES ENFANTS
APPRENNENT**

20 À 26%

**PLUS VITE DANS
UN ENVIRONNEMENT**

ÉCLAIRÉ

NATURELLEMENT

Au-delà de la réduction des coûts d'énergie dans les écoles, le secteur de l'éducation semble a priori un lieu improbable pour réaliser d'importantes économies financières. Les États-Unis dépensent plus de 661 milliards de dollars par an pour l'enseignement primaire et secondaire, avec un coût moyen de 10 249 dollars par élève (US Census Bureau [Bureau de recensement américain], 2009). Il y a lieu d'apporter des améliorations dans ce secteur afin de s'assurer que chaque euro dépensé garantit la meilleure réussite pour la jeunesse de la nation. Pour réduire les absences et améliorer la réussite des élèves, de récentes études ont démontré que les salles de classe pouvaient être conçues avec des éléments biophiliques afin de favoriser de meilleures notes, une santé optimale et de meilleurs taux d'apprentissage. De plus, le fait de permettre aux enfants de jouer dans des cours d'école fournissant un accès à la nature favorise les moyens de récupération mentale, de meilleurs comportements et une plus grande concentration.

La salle de classe est probablement l'environnement le plus influent en dehors du foyer ; les jeunes élèves vont y développer rapidement leurs capacités intellectuelles et leurs compétences sociales. Il est essentiel de faire évoluer cet environnement avec autant d'éléments positifs que possible. En 1996, une étude sur la réussite scolaire dans les écoles éclairées naturellement (avec une optimisation de la lumière via des toits orientés face au sud qui contrôlaient l'intensité de la lumière vers tous les grands espaces occupés), a révélé un taux de présence des élèves accru de 3,2 à 3,8 jours par an par rapport au taux de présence dans les écoles éclairées artificiellement. La valeur cumulative pour trois jours d'école, pour une estimation de 633 élèves du quartier, s'élevait à 126,283 dollars non perdus pour cause d'absence d'élèves (Nicklas & Bailey, 1996).

La réussite scolaire est une autre variable qui peut être influencée par les principes biophiliques. À travers 17 études menées entre 1934 et 1997, les experts ont convenu qu'un bon éclairage naturel « améliore les résultats scolaires, réduit les comportements déviants, et joue un rôle important dans la réussite scolaire des élèves » (Kats, 2006). Dans l'étude précédente de Nicklas et Bailey sur l'éclairage naturel, les résultats scolaires avaient augmenté de 5 à 14 %. Le meilleur indicateur d'association entre résultats scolaires et éclairage naturel est la comparaison avec le taux d'échec scolaire observé dans les classes mobiles du même quartier. Les salles de classe mobiles et sans fenêtres ont vu leurs résultats chuter de 17 % lors de la même période d'étude (Nicklas & Bailey, 1996). Dans le quartier scolaire de Capistrano, en Californie, les élèves situés dans les salles de classe les mieux éclairées naturellement avaient des résultats de 7 à 18 % plus hauts que les autres. En outre, ces élèves ont démontré un taux d'apprentissage de 20 à 26 % plus rapide (Heschong, 1999). Les meilleurs résultats se trouvaient dans les salles de classe bénéficiant autant d'un éclairage naturel que d'une vue sur la nature.

DÉVELOPPEMENT DE L'ENFANT



Crédit photo : US EPA

La nature est essentielle durant les premières années d'apprentissage de l'enfant. Des études ont montré que la nature sert de tampon contre le stress quotidien et permet aux enfants de se sociabiliser. Une étude a également montré qu'un éclairage naturel dans les écoles permettait aux enfants d'apprendre 20 à 26 % plus vite. – Wells & Evans, 2003; Heschong, 2003

Les petits financements octroyés par la commune pour améliorer l'éclairage naturel dans les établissements ont rapporté des résultats scolaires sensiblement meilleurs, comparés à la moyenne nationale. Ces investissements dans les installations ont également fait faire des économies sur les coûts opérationnels à long terme grâce à une réduction de la consommation d'énergie. L'étude de Heschong estime que les stratégies de biophilie ont statistiquement accru les résultats scolaires de 5 à 18 % et peuvent se poursuivre dans toutes les écoles du pays (Heschong, 1999).

Tout ceci n'est nullement destiné à diminuer l'importance en matière d'enseignement des améliorations relatives à la qualité des ressources pédagogiques et scolaires en soi. Il s'agit simplement d'énoncer qu'une l'exposition quotidienne à la nature est un facteur important dans la qualité de l'environnement scolaire d'un élève. Les systèmes scolaires devraient l'appréhender comme une option viable et supplémentaire pour améliorer les résultats des enfants. Le fait d'intégrer la biophilie dans les conceptions standard des établissements académiques et institutionnels, tout en investissant dans les programmes scolaires plus forts, est une manière efficace et holistique pour s'assurer que les élèves travaillent dans un environnement le plus approprié possible.

Intégrer la biophilie dans le système scolaire américain, à travers une série d'améliorations, permettrait d'améliorer les conditions de centaines de milliers d'élèves chaque année. Selon le National Center of Secondary Education and Transition [Centre national d'enseignement secondaire et de transition] (NCSET), ainsi que de nombreuses autres recherches, l'amélioration de la vie scolaire pourrait accroître le taux de stabilité scolaire de chaque étudiant, ce qui entraîne à son tour des conséquences économiques dans notre économie nationale (Lehr *et al.*, 2004). Le NCSET estime qu'un élève en échec scolaire dans le secondaire gagnera 9,245 dollars de moins par an qu'un diplômé du baccalauréat (Employment Policy Foundation [Fondation politique pour l'emploi], 2001). En outre, l'Alliance for Excellent Education [l'Alliance pour l'éducation excellente] estime que si les étudiants ayant été en échec scolaire en 2007 avaient réussi leur baccalauréat, l'économie nationale aurait bénéficié de 329 milliards de dollars de revenus supplémentaires (Alliance for Excellent Education [l'Alliance pour l'éducation excellente], 2007).

Au-delà de la présence de lumière naturelle dans les écoles, il a été constaté qu'une exposition à la nature avait une incidence sur le niveau de stress des plus jeunes. Comme l'environnement bâti continue à empiéter sur les espaces naturels, les enfants passent de moins en moins de temps en plein air. Malgré cela, les enfants préfèrent toujours l'extérieur ; dans une étude connexe, 96 % des enfants participants à qui l'on avait demandé de dessiner leur endroit favori ont dessiné des lieux extérieurs (Moore, 1986). Pour tester la théorie selon laquelle la nature a un impact sur le développement de la petite enfance, des écoliers ruraux d'environ 9 ans, issus de cinq communes de l'État de New York, ont été surveillés pour déterminer si la nature pouvait atténuer des niveaux de stress psychologique. Pour valider les conclusions, deux

variables dépendantes ont été utilisées pour mesurer leur niveau de stress : (1) l'observation par les parents de la détresse de leur enfant et (2) l'autoévaluation de l'enfant. Après avoir contrôlé les facteurs tels que le statut socioéconomique, l'impact du stress sur les 337 enfants de l'étude s'est révélé sensiblement moindre chez les enfants bénéficiant largement de la nature dans leur proche environnement, par rapport à ceux qui en bénéficiaient peu (Wells & Evans, 2003).

Ces études montrent que la nature sert d'environnement protecteur pour les enfants. Elle leur fournit un soutien social lorsqu'ils interagissent avec d'autres enfants dans des espaces naturels partagés. Autre fait également – si ce n'est plus – important : lorsque les enfants se sentent responsables de la nature, leurs mécanismes neuronaux se reposent et récupèrent. La restauration de l'attention est essentielle pour les enfants. Sans elle, les enfants répondent davantage à des stimuli distrayants, connaissent une plus grande perte de concentration et ont du mal à gérer des tâches quotidiennes (Wells & Evans, 2003).

Les étudiants eux-mêmes reconnaissent leur besoin de davantage d'espaces verts dans leur vie. Au Brook Park [parc Brook], dans le Bronx, à New York, des étudiants adolescents convertissent des espaces asphaltés en zones de plantation urbaine. Ces étudiants étaient motivés par le désir d'avoir accès à des légumes moins coûteux, mais aussi d'avoir un espace sécurisé pour se sociabiliser. Pendant plusieurs mois, les étudiants ont été en mesure d'offrir de la nourriture à une structure sociale donnant à manger à 500 personnes (Gonzalez, 2009). Le jardin continue d'agir comme un promoteur de bien-être et de cohésion sociale chez les étudiants de ce secteur.

D'autres transformations similaires se produisent à New York. Conjointement à l'initiative PlaNYC 2030 et le Trust for Public Land [Office des terres domaniales], les étudiants et la faculté de P.S. 33 [école publique N°33] ont aidé à la conception du Queens Village, un nouveau terrain de jeux à disposition des 1 000 élèves et familles. Le terrain auparavant vacant offre désormais un endroit sécurisé où les enfants peuvent explorer la nature, utiliser leur imagination et recevoir leur dose quotidienne de végétal (The Trust for Public Land [Office des terres domaniales], 2011).

NEW YORK BIOPHILIQUE : UNE VISION ÉCONOMIQUE D'UN FUTUR VERT POUR LA VILLE DE NEW YORK

Les conséquences de la biophilie sont diverses et les études démontrant leurs avantages s'appliquent à divers secteurs de l'économie. Ainsi, intégrer totalement la biophilie dans la conception d'une ville concentrerait ces avantages et créerait des impacts cumulatifs puissants. À New York, les espaces verts sont partagés par de multiples usagers. Leurs effets sont multiples et la densité des usagers multiplie leurs effets. Imaginons, par exemple, un espace vert entre une école et un hôpital : un même espace permet à la lumière naturelle de pénétrer dans des salles de classe, fournit à la collectivité un espace pour se détendre ou faire du sport et offre une vue sur la nature à partir des fenêtres des chambres d'hôpital. Intégrer des espaces verts dans la conception de la ville de New York à travers des murs végétalisés, des mini-parcs, des stratégies d'éclairage naturel, et faire rentrer la nature dans les espaces fermés peut présenter des avantages allant bien au-delà de ce que prévoient les études d'impacts individuels.

Extrapoler les impacts avérés de la biophilie sur l'économie de la ville de New York donne un avant-goût des bénéfices économiques que nous pouvons escompter dans une future ville biophilique (voir en annexes pour des explications complètes des calculs) :

- **L'éclairage naturel réduit l'absentéisme scolaire.** Fournir un éclairage naturel adéquat à tous les élèves des écoles publiques pourrait permettre de réinjecter 297 millions de dollars d'argent du contribuable gaspillé et faire économiser **247,5 millions de dollars** de perte de salaire aux parents, perte engendrée par les frais de garde.
- **Des milieux de travail biophiliques augmentent la productivité des salariés.** Créer des environnements biophiliques de travail pour de nombreux salariés de bureau new-yorkais se traduirait par plus de **470 millions de dollars** de valeur de productivité récupérée.
- **Les paysages biophiliques réduisent la criminalité.** L'existence de paysages biophiliques à travers la ville pourrait faire économiser à la ville de New York **1,7 milliard de dollars** en frais d'incarcération.

Cet échantillonnage des conséquences de la biophilie à New York représente **plus de 2,7 milliards de dollars par an** (valeur 2010). Bien que le coût pour créer des espaces verts puisse paraître élevé, l'énorme valeur ajoutée potentielle d'une ville biophilique l'emporte de loin.



Crédit photo : Battery Park City Authority

Il est temps de commencer à compter sur notre affinité avec la nature pour concevoir des écoles qui utilisent les normes biophiliques, afin de compléter les efforts déployés pour améliorer les programmes d'enseignement. Les leçons apprises du secteur de la santé et de la vente montrent que les normes biophiliques ont entraîné une baisse des coûts tout en faisant augmenter les bénéfices nets. Maintenir les enfants à l'école jusqu'à leur diplôme et les aider à concentrer leur attention sur l'apprentissage produit d'immenses bienfaits sur la société au sens large.

VALEUR IMMOBILIÈRE, CRIMINALITÉ ET BIEN-ÊTRE : LES AVANTAGES FINANCIERS DE LA NATURE DANS LES COLLECTIVITÉS

**LES GENS
PAYERAIENT**

58 %

**DE PLUS POUR UNE
PROPRIÉTÉ AVEC
VUE SUR L'EAU**

OU

127 %

**DE PLUS POUR UNE
PROPRIÉTÉ AVEC
VUE SUR UN LAC**

Les collectivités publiques sont des réseaux économiques composés de foyers, de parcs, de transports, d'espaces commerciaux et de bâtiments publics. Les personnes vivant dans une collectivité, tant de façon permanente que temporaire, interagissent et affectent cet écosystème. Lorsque ces gens sont privés d'accès à la nature et ses nombreux bienfaits, cela engendre des conséquences économiques—en particulier sur les coûts sociaux et de santé. À l'inverse, la valeur ajoutée d'un tel accès, pour les personnes d'une collectivité, est calculable et substantielle. Cela peut être une stratégie rentable pour réduire l'impact de nos problèmes sociaux et médicaux. À cette fin, nous pouvons quantifier en euros l'importance de fournir aux gens un accès à la nature dans l'environnement bâti et révéler la valeur économique des arbres, des parcs et autres formes de nature dans la conception urbaine.

Les gens sont prêts à payer plus pour un beau panorama, une belle vue sur l'eau ou sur de grands arbres. Dans une étude menée à Cleveland, dans l'Ohio, un bon aménagement esthétique paysager couplé avec de grands arbres donnant de l'ombre a fait augmenter les loyers d'en moyenne 7 %. Les logements donnant sur des paysages jugés excellents affichent des prix de 4 à 5 % plus élevés que leurs équivalents donnant sur un aménagement paysager médiocre (Laverne & Winson-Geideman, 2003). Des comparaisons immobilières dans la région de Puget Sound ont révélé des augmentations de valeurs immobilières autour de 58,9 % en moyenne pour les maisons avec vue complète sur le Sound, tandis que des vues partielles n'amenèrent qu'une augmentation de 30 %. La plus grande augmentation en valeur provenait des propriétés au bord de l'eau, rajoutant 127 % à la valeur de la maison (Benson *et al.*, 1998). Ce n'est pas une tendance rare dans le marché de l'immobilier. Les gens sont prêts à payer pour avoir de la nature et prennent ce critère en compte durant la phase de conception d'un projet architectural.

Dans le monde entier, les gens reconnaissent l'importance de la biophilie sous la forme d'un accès aux espaces verts et jardins. La croissance économique de la ville de Singapour est renversante ; sa population a doublé durant les vingt-cinq dernières années, jusqu'à atteindre plus de 5 millions. Durant ce même laps de temps, Singapour a mis au point un Plan Vert destiné à attirer les investissements dans la zone. Ainsi, elle a fait passer sa « couverture verte » – qui va des toits végétalisés aux parcs – d'un tiers à plus de la moitié de la superficie totale de la ville (Kolesnikov-Jessop, 2011). Le plan décennal de développement urbain cherche à transformer et revitaliser Singapour, devenue « Ville-jardin » puis « Ville internationale dans un jardin » tout en devenant en parallèle chef de file dans le domaine économique. Les experts prévoient que Singapour va s'élargir jusqu'à devenir une plaque mondiale pour l'innovation, les marchés, les entreprises et entrepreneurs (Ministry of National Development [Ministère du Développement national], Singapour, 2011). Singapour saisit un concept révolutionnaire en poursuivant l'identification des espaces verts comme partie intégrante

d'une stratégie destinée à attirer les investissements et stimuler la croissance économique, ce qui améliore simultanément la qualité de vie et offre plus d'affaires à la ville chaque année.

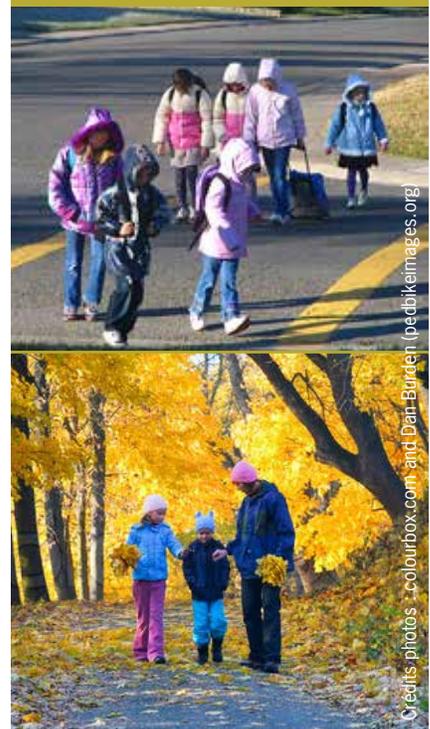
Le Trust for Public Land (Office des terres domaniales) a effectué en 2003 une analyse pour quantifier les bénéfices économiques d'accès à la nature sous forme de parcs dans la ville. L'équipe a identifié plusieurs facteurs primordiaux qui renforcent l'importance économique d'encourager les personnes à interagir avec la nature dans les parcs. Les facteurs examinés comprenaient la valeur immobilière (également appelée « valeur hédonique », ou la valeur accrue d'une propriété liée à la proximité de parcs), le tourisme (visites des parcs urbains qui stimulent la richesse collective), l'utilisation directe (jeux récréatifs dans les parcs), la santé (économies en dépenses médicales grâce à l'activité physique), la cohésion communautaire (éviction des problèmes antisociaux), et d'autres facteurs liés aux économies réalisées grâce à une meilleure qualité de l'air et de l'eau. Chacun de ses facteurs amenait un point de vue différent dans l'importance financière des interactions avec la nature (Harnik & Welle, 2009).

- À Washington, D.C., les chercheurs ont estimé une prime de 5 % sur les biens immobiliers situés à moins de 500 pieds [152,4 mètres] d'un parc.
- Après avoir collecté des données sur le nombre d'utilisateurs des parcs urbains à Sacramento (Californie) et déterminé des différences moyennes de frais médicaux entre personnes actives et inactives, la ville a estimé une économie annuelle de 19,8 millions de dollars grâce à un accès aux espaces verts.

L'accès aux environnements naturels influe positivement une série de questions allant des avantages économiques à la cohésion communautaire. Les aménagements d'un quartier ont la capacité d'aliéner ou d'intégrer leur tissu social. Bien que ce genre de « capital social » ne puisse être quantifié directement en termes économiques, une étude a montré la valeur financière des usagers du parc en totalisant les contributions financières et la valeur monétaire des heures de bénévolat : à Philadelphie, où le nombre d'espaces verts est important, la valeur de la cohésion de la collectivité a été estimée à 8,6 millions de dollars (Harnik & Welle, 2009).

L'accès à la nature a une influence notable sur les actions et comportements sociaux des collectivités. Des études cognitives ont fait la lumière sur les avantages des interactions avec la nature, tels que la réduction d'hostilité entre détenus après avoir participé à des projets de jardinage et la diminution du nombre de résidents anxieux à revenus modestes du centre-ville. L'influence apaisante de la nature réduit même la fatigue mentale et les crises de colère. Pour tester cette notion, Kuo et Sullivan ont mené une étude sur 145 résidents urbains de logements publics avec des espaces verts à distance variée, allant d'une vue sur de grands arbres à aucune visibilité sur la nature. Les niveaux de fatigue mentale étaient comparés grâce aux tests Digit Span Backwards

ENCOURAGER LES PROMENADES DANS LES PARCS



Les enfants atteints de TDAH qui font une promenade de vingt minutes dans un parc sont susceptibles de présenter des taux de concentration nettement meilleurs qu'en se promenant vingt minutes en ville. La nature a des effets sur la façon dont nous traitons le TDAH. – Taylor & Kuo, 2009

(DSB), qui attribuent l'incapacité à se concentrer à de la fatigue mentale. Les résidents vivant dans un cadre de verdure ont obtenu des scores plus élevés dans la durée de concentration et de fiabilité. En outre, les résultats de l'étude ont montré que certains types de violence domestique étaient 25 % moins répandus dans les logements verts que dans les logements aveugles (Kuo & Sullivan, 2001a).

Une autre étude menée en 2001 par Kuo et Sullivan a mesuré la différence de taux de criminalité sur une période de deux ans dans un grand complexe de logements sociaux de la zone périphérique de Chicago. Une partie des logements qui était entourée d'arbres était comparée avec une autre, qui était dépourvue de toute forme de nature. L'étude mit en évidence une diminution dans les bâtiments plus verts de 52 % du nombre crimes, dont 7 à 8 % pourraient être liés à un meilleur accès à la nature (Kuo & Sullivan, 2001b). Appliqué à 12 familles issues de logements sociaux à travers tout Chicago, et en supposant que les taux de criminalité restent relativement cohérents dans chaque lotissement et que chacun des délits perpétrés a été suivi d'une arrestation et d'une incarcération, nous estimons que cela entraîne une économie brute de 162 200 dollars pour le Bureau d'application des peines de l'Illinois chaque année (Chicago Housing Authority [Autorité des logements de Chicago] 2011 ; Durose & Langan, 2003). Ce chiffre, comme toutes nos autres estimations, est simplement destiné à donner une valeur approximative des économies attribuables au design biophilique. Il ne prend en considération que la réduction de la criminalité, sans tenir compte de tous les – nombreux – autres avantages de la conception biophilique en matière de santé et de bénéfices opérationnels (voir Annexes).

LA BIOPHILIE PEUT RÉDUIRE LES DÉPENSES MÉDICALES



Crédit graphique : Catie Ryan/Terrapin Bright Green

*L'exposition à la nature pourrait être utilisée comme remède aux symptômes de l'ADD et du TDAH chez les enfants. Cela se traduirait par une consommation réduite de médicaments contre ces troubles. **Une réduction de 10 % dans les dépenses de ces médicaments représente une économie d'environ 228 millions de dollars par an pour les familles américaines (voir Annexes pour plus d'informations).***

Outre l'analyse statistique de l'étude de Kuo et Sullivan, il a été démontré que les lotissements avec de grands arbres incitent les gens à rester en plein air, à parler avec les voisins et à développer des liens sociaux plus forts (Heerwagen, 2006). Les conclusions de ces études fournissent des pistes potentielles pour réduire les agressions et la violence urbaine. Du point de vue de la collectivité, le nombre de preuves étayent l'association entre la diminution de comportements conflictuels et l'intégration de végétation et d'espaces verts montre qu'il est intéressant, à la fois économiquement et socialement, d'intégrer la biophilie dans le développement urbain.

De récentes études ont également associé les promenades dans les parcs urbains à une réduction des symptômes comportementaux de TDAH. En 2009, 16 enfants, tous atteints de TDAH, ont été exposés à trois environnements, avec des degrés variables de végétation : un parc (le plus vert), une rue de quartier (moyennement vert) et un centre-ville (aucune verdure). Selon le niveau d'« exposition à la nature » fourni aux enfants, ces derniers ont significativement présenté une plus grande capacité à se concentrer et des taux plus élevés d'attention positive après avoir marché dans un parc, par rapport aux deux autres environnements. Ceci suggère qu'exposer des enfants souffrant de manque d'attention à un environnement naturel peut améliorer sensiblement leur attention (Taylor & Kuo, 2009). Aux États-Unis, 5,2 millions d'enfants sont diagnostiqués

comme atteints de TDAH, et 2,28 milliards de dollars sont dépensés uniquement en frais médicaux pour le TDAH. Une famille moyenne qui achète des médicaments contre le TDAH paye entre 25 et 109 dollars par mois (Scheffler *et al.*, 2007). Si l'on permettait aux enfants d'avoir un accès aux parcs et à la nature au sein de leur collectivité, réduisant ainsi la consommation de médicaments de 10 % seulement, les familles pourraient économiser à l'échelle nationale 228 millions de dollars (valeur 2004). Considérant que Scheffer *et al.* ont mesuré un taux de croissance annuel de 22,6 % en matière de dépenses de médicaments contre le TDAH, les économies résultant d'une consommation moindre augmenteraient elles aussi proportionnellement (voir Annexes).

Le fait de remplacer les prescriptions médicales par des activités de plein air a également été identifié comme un moyen de traitement contre l'obésité à travers le Programme de « Park Prescriptions [prescription d'accès à des parcs] » suggéré par l'Institute at the Golden Gate [Institut Golden Gate]. Son rapport établit que 10 % des frais médicaux de la nation, soit 150 milliards de dollars, sont directement attribués à l'obésité, et que 2 200 dollars pourraient être économisés par personne et par an si les personnes sédentaires devenaient plus actives physiquement trois ou quatre fois par semaine (Institute at the Golden Gate [Institut Golden Gate], 2010). Une autre étude de la Blue Cross Blue Shield du Minnesota, qui a utilisé une approche liée aux coûts médicaux et pharmaceutiques des maladies spécifiques liées à l'inactivité physique, estime que le total des dépenses médicales associées à l'inactivité physique était de 83,6 millions de dollars pour la seule année 2000 (Garrett *et al.*, 2004).

Il est également prouvé que des adolescentes s'épanouissent mieux lorsqu'elles bénéficient d'une vue sur la nature depuis leur foyer. Dans une étude sur l'autodiscipline des adolescentes, celles bénéficiant directement d'espaces verts depuis chez elles ont démontré davantage d'autodiscipline que celles qui en étaient dépourvues, avec une marge de 20 %. L'autodiscipline était mesurée comme une fonction de concentration et d'inhibition des pulsions primaires (Taylor *et al.*, 2001). La maîtrise de ces compétences personnelles se traduit souvent par des taux plus élevés de réussite professionnelle, scolaire et personnelle. Les budgets en matière d'environnement paysager urbain étant grevés à travers le pays, les enfants sont privés de ressources qui développent leur autodiscipline et répondent à leurs besoins psychologiques.

L'intégration des espaces verts dans la conception urbaine pose les bases d'une société plus consciente et plus investie dans un changement à long terme en faveur de générations en meilleure santé, plus productives et davantage connectées à la nature. Ce changement pourrait se manifester par une meilleure gestion des parties marginalisées ou négligées de la main-d'œuvre future. Un changement dans la structure du paysage immobilier pourrait être une autre façon d'aborder cette question. La reconnaissance des primes que les propriétés vertes peuvent générer pourrait faire évoluer les codes architecturaux et faire naître de meilleures pratiques dans la construction à long terme, avec des zones urbaines enclines à se reconnecter aux paysages naturels. Le fait que

LA NATURE A UN IMPACT SUR LA SANTÉ



Les avantages de la biophilie comprennent de meilleurs taux de récupération de stress, une pression artérielle plus basse, de meilleures fonctions cognitives, une amélioration de l'endurance mentale et de la concentration, une diminution de la violence et de la criminalité, de meilleures humeurs et un meilleur taux d'apprentissage. – Joye, 2007

ces changements soient déjà mis en place, avec des effets extrêmement positifs, dans des villes telles que Singapour, devrait encourager les gouvernements, concepteurs urbains, développeurs et architectes à suivre leur exemple.

POUR SUIVRE AVEC LA CONCEPTION BIOPHILIQUE

L'être humain a évolué et progressé aux côtés de la nature et de ses systèmes. Pour cette raison, l'esprit et le corps humain fonctionnent mieux en présence d'éléments naturels. Le design biophilique optimise la productivité, les temps de guérison, les fonctions d'apprentissage et la cohésion communautaire pour les hommes d'affaires, directeurs d'hôpitaux, administrateurs scolaires, entrepreneurs et urbanistes qui cherchent à atteindre la valeur maximale à travers le développement et le design.

Les bienfaits de la biophilie couvrent de nombreux secteurs. Comme cela a été prouvé, les éléments biophiliques montrent une productivité accrue entre personnel lorsque la nature est présente sur le lieu de travail, avec des avantages économiques allant de 1 000 dollars par employé à 3,6 millions de dollars à l'échelle de l'entreprise.

Rien que dans le budget de 2,5 billions de dollars du secteur de la santé, le simple fait d'améliorer la vue depuis les lits d'hôpitaux pourrait engendrer des économies nationales de l'ordre de 93 millions de dollars, les patients passant ainsi moins de temps à l'hôpital pour récupérer d'une opération chirurgicale majeure. Les importantes économies réalisées sur les soins de santé, à l'échelle nationale, dans la récupération de ces seules chirurgies indiquent que tester les effets de la biophilie dans d'autres domaines de la santé serait un investissement potentiellement utile et lucratif. Les magasins possédant de la verdure et la lumière du jour engendrent de façon permanente des marges bénéficiaires plus élevées, offrant un avantage concurrentiel de 12 % pour les magasins avec plus de verdure et de 40 % pour ceux ayant un éclairage naturel de qualité. Les enfants, membres les plus vulnérables de la société, ont vu leurs résultats scolaires s'améliorer de 7 à 26 % et étaient moins souvent absents de l'école lorsqu'ils bénéficiaient de l'éclairage naturel. Le réseau de collectivités territoriales des États-Unis peut tirer un bénéfice économique de la présence de la nature, en favorisant l'accès à des parcs, tout en engendrant moins de criminalité et de besoins médicaux pour les habitants.

De récentes études en neurosciences et en endocrinologie démontrent le rôle crucial que joue la nature sur notre bien-être physiologique. Intégrer des conceptions biophiliques dans nos milieux de travail, systèmes de santé, établissements scolaires et collectivités publiques ne consiste pas en un simple aménagement esthétique. Cela présente des avantages économiques d'envergure. Il est désormais impératif d'intégrer la nature dans notre environnement bâti. ◇



Crédit photo : COOKFOX Architectes

Dans cette image, la vue à distance procure un sentiment de perspective, alors que l'enceinte construite procure celui de refuge. La réflexion de l'eau et la lumière du jour abondante offrent une exposition à la nature. Cette scène est un exemple de bonne conception biophilique favorisant l'interaction entre des éléments et des matériaux naturels, des espaces et des sensations pour l'occupant.

Pour plus d'informations, vous pouvez contacter Terrapin Bright Green à l'adresse mail biophilia@terrapinbg.com.
Chez Arp-Astrance, vous pouvez contacter Véronique Dham à l'adresse mail vdham@arp-astrance.com.

ANNEXES : CALCULS

CALCULS

A. UN NEW YORK BIOPHILIQUE

A. UN NEW YORK BIOPHILIQUE

Voici ci-dessous le détail du calcul de chaque économie potentielle estimée pour « Un New York biophilique ».

B. DES ÉCONOMIES GRÂCE À DES CHAMBRES D'HÔPITAL BIOPHILIQUES

Écoles

C. DES DÉPENSES CARCÉRALES RÉDUITES GRÂCE AUX DÉVELOPPEMENTS BIOPHILIQUES DES LOGEMENTS SOCIAUX À CHICAGO

Les écoles de la ville de New York déclarent actuellement un taux de présence journalier de 90,5 % (Mayor's Management Report [Rapport de gestion des maires], FY2011). Ceci traduit un taux d'absence quotidien de 9,5 %. Avec 1,1 million d'élèves dans les écoles publiques de New York et une année scolaire de 180 jours (NYC DOE), cela donne un total de 19 332 000 absences par an. Le budget opérationnel consacré à la New York City Department of Education [l'enseignement public de la ville de New York] est actuellement de 19,2 milliards de dollars. En divisant le budget opérationnel par le nombre total d'élèves et le nombre de jours scolaires, nous avons calculé un coût brut pour le contribuable autour de 94 dollars pour chaque journée d'école, par élève et par jour. En l'arrondissant à 90 dollars, nous avons multiplié le coût d'une journée d'école pour un élève par le nombre total d'absences, et trouvé que 1,7 milliard de dollars provenant du contribuable était gaspillé chaque année pour l'école manquée. Il a été prouvé que les élèves bénéficiant d'un éclairage naturel dans leurs écoles étaient trois fois moins souvent absents que les élèves dans les écoles sans éclairage naturel (Nicklas & Bailey, 1996). Nous avons ainsi divisé le coût d'une journée d'école manquée par trois, pour estimer que 297 millions de dollars provenant du contribuable pourraient être réutilisés si la ville de New York fournissait de l'éclairage naturel dans toutes les écoles, permettant ainsi d'atteindre trois fois moins d'absences par élève. En outre, nous avons estimé que 247,5 millions de dollars pourraient être économisés sur les pertes de parts salariales des parents devant garder leur enfant absent de l'école. Nous avons utilisé les estimations de l'EPA (US Environmental Protection Agency [Agence de protection environnementale américaine]) selon lesquelles en moyenne 75 dollars des salaires des parents sont perdus pour une absence d'élève (EPA, 2011). Cette estimation suppose que cette part soit prélevée sur le salaire d'une femme (salaire en moyenne moins élevé que celui d'un homme), et se base sur une portion de la population ayant un parent au foyer qui ne ressentirait pas de perte de salaire due à une absence scolaire. En divisant par trois le nombre d'absences grâce à un éclairage naturel dans les écoles pour 1,1 million d'élèves, nous avons calculé une économie potentielle de 247,5 millions de dollars.

D. DES ÉCONOMIES ANNUELLES EN MÉDICAMENTS TDAH

Criminalité

Des études ont montré qu'habiter près de paysages végétaux pouvait faire baisser le taux de criminalité de 7 % (Kuo & Sullivan, 2001b). Dans la ville de New York, 105 000 délits environ sont commis chaque

année (105 496 délits ont été déclarés dans le Mayor's Management Report [Rapport de gestion du maire], FY2011). Nous avons supposé une peine médiane de trois ans pour des délits, sur la base de la moyenne nationale (Durose & Langan, 2003), et un coût d'incarcération par détenu et par an de 80 354 dollars pour la ville de New York (Mayor's Management Report [Rapport de gestion du maire], FY2011). Avec une réduction de 7 % des délits grâce aux paysages biophiliques, nous avons estimé que la ville de New York pourrait ainsi économiser 1,7 milliard de dollars en coûts d'incarcération.

La productivité du travailleur

Le produit intérieur brut (PIB) de la ville de New York est de l'ordre de 540 milliards de dollars par an (New York City At-A-Glance, 2011 Update). À partir de ce montant, nous avons estimé la quantité produite par les travailleurs dans des environnements de bureau. Nous sommes partis du principe que les salariés dans la finance, les assurances, l'immobilier, l'information et les autres catégories de services professionnels et d'affaires travaillent en général dans des bâtiments de bureau. Ces catégories du PIB de la ville de New York totalisent environ 157 milliards de dollars. Bien qu'une petite partie des salaires gagnés dans ces secteurs ne soit pas issue du travail dans un bureau, cette estimation de la proportion des salaires de la ville exécutés dans des bureaux demeure cependant basse, étant donné que nous n'avons pas compté tous les employés des secteurs de la santé, les fonctionnaires et les autres catégories qui emploient de nombreuses personnes dans des bureaux. Les entreprises privées rencontrent un taux d'absentéisme d'environ 3 % (US Department of Labor [Ministère du Travail américain], 2010). En multipliant ce chiffre par notre estimation basse de la part du PIB de la ville de New York produite dans des milieux de bureaux, nous avons calculé que la perte de productivité due aux absences des employés travaillant dans des bureaux se situe autour de 4,7 milliards de dollars. Des études ont montré que des environnements biophiliques de travail pouvaient réduire jusqu'à 10 % le taux d'absentéisme de salariés (Elzeyadi, 2011). Par conséquent, des environnements biophiliques de travail pourraient permettre à la ville de New York de récupérer 470 millions de dollars grâce à une réduction de l'absentéisme.

B. DES ÉCONOMIES GRÂCE AUX CHAMBRES D'HÔPITAL BIOPHILIQUES

Les hôpitaux des États-Unis pourraient tirer un bénéfice énorme des conceptions biophiliques. Pour estimer approximativement l'étendue des économies potentielles, Terrapin Bright Green a cherché à calculer quel serait le bénéfice national si davantage d'hôpitaux étaient conçus pour donner aux patients une vue sur la nature. Une enquête nationale menée en 2007, publiée dans le National Health Statistics Report [Rapport national des statistiques de santé] « National Hospital Discharge Survey », recensait 44 993 procédures de sortie d'hôpital aux États-Unis. Toutes ces décharges concernaient les courts séjours dans des hôpitaux non fédéraux, et excluaient les naissances. Chacune

de ces procédures a donné lieu à des séjours en hôpital de 4,8 jours en moyenne (Hall *et al.*, 2010).

Dans une étude menée en 1984 par Ulrich, le fait d'avoir une vue sur la nature depuis la fenêtre d'une chambre d'hôpital a donné lieu à un séjour hospitalier écourté de 8,5 %. En utilisant ce ratio, 8,5 % d'un séjour hospitalier moyen de 4,8 jours donne 0,41 jour (soit presque une demi-journée). Nous estimons que si tous les patients en rétablissement postopératoire avaient une vue sur la nature depuis leur chambre d'hôpital, la durée moyenne du séjour hospitalier serait de 4,39 jours, soit une demi-journée en moins. La dépense moyenne par jour en soins hospitaliers postopératoires est de 5 059 dollars (Machlin & Carper, 2007). Sur la base de ces chiffres, nous allons détailler ci-dessous le calcul des économies potentielles associées aux coûts de soins hospitaliers postopératoires pour des patients situés en chambre avec vue sur la nature.

Pour trouver le coût d'un séjour hospitalier postopératoire par patient, nous avons multiplié la dépense moyenne par jour en soins hospitaliers par la durée du séjour moyen de 4,8 jours. Cela signifie que les hôpitaux dépensent 24 283,20 dollars par patient en séjour postopératoire. Si nous appliquons ces résultats à l'étude d'Ulrich et en admettant le principe que fournir une chambre d'hôpital avec vue sur la nature réduit le séjour du patient de 0,41 jour (soit 8,5 %), alors cette disposition générerait une économie moyenne de 22 209,01 dollars (5 059 dollars par nuit x 4,39 jours = 22 209,01 dollars).

La différence entre le coût moyen d'un séjour hospitalier standard et celui dans un hôpital conçu biophiliquement est de 2 074,19 dollars. Pour appliquer cette réduction de coût à l'échelle nationale, nous avons multiplié ces économies par patient par les 44 993 procédures hospitalières comparables chaque année aux États-Unis, et les économies nationales seraient de 93 324 030 dollars si chacun des patients avait bénéficié d'un rétablissement en ayant une vue sur la nature.

Bien que ce calcul parte du principe que tous les hôpitaux non fédéraux des États-Unis n'intègrent pas la biophilie dans leur design, nous assumons que le nombre d'exceptions à cette règle est suffisamment faible pour être inclus dans la marge d'erreur. Nous ne prétendons pas livrer un calcul précis des économies potentielles au niveau national, mais seulement une estimation brute de ce qui pourrait advenir si toutes les chambres d'hôpital étaient pourvues d'un accès à la nature.

C. DES DÉPENSES CARCÉRALES RÉDUITES GRÂCE AUX DÉVELOPPEMENTS BIOPHILIQUES DES LOGEMENTS SOCIAUX À CHICAGO

L'étude menée en 2001 par Frances Kuo et William Sullivan sur les taux de criminalité en centre-ville établit une réduction de 7 à 8 % des délits violents et des délits contre les biens liés à l'existence d'environnements plus verts dans le lotissement de logements sociaux Ida B. Wells à Chicago. Ceci est un indice important de ce qu'apporterait une augmentation du

design biophilique dans les lotissements de logements sociaux si elle était appliquée à une ville entière. Puisque les données fournies par Kuo et Sullivan concernaient la ville de Chicago, cet article appliquera la réduction du taux de criminalité à la ville entière de Chicago. Cette dernière possède 12 autres complexes de logements sociaux destinés aux familles, et 41 autres lotissements destinés aux personnes âgées (Chicago Housing Authority [Autorité de logement de Chicago], 2011). Partant de l'hypothèse que nous ne pouvons comparer l'exemple du lotissement d'Ida B. Wells qu'avec les autres complexes destinés aux familles, nous nous sommes concentrés sur ces 12 lotissements seulement.

Pour effectuer ces calculs, il a été supposé que le taux de criminalité dans ces 12 lotissements sociaux destinés aux familles était comparable au taux de criminalité à Ida B. Wells. Nous avons également supposé que les aménagements étaient comparables, et qu'aucun d'entre eux n'avait déjà intégré des conceptions biophiliques de façon suffisamment étendue. L'étude de Kuo et Sullivan cite une diminution de 52 % des délits totaux dans les bâtiments ayant une haute végétation, par rapport aux bâtiments n'ayant qu'une végétation basse, sur une période de deux ans, dans le lotissement Ida B. Wells à Chicago (Kuo & Sullivan, 2001b). Les résultats de l'étude ont attribué 7 à 8 % de cette diminution à la végétation environnante. Le nombre de délits est détaillé dans le tableau 1.

TABEAU 1	Délits violents	Délits contre les biens
Végétation haute	4,0	3,3
Végétation basse	1,9	1,8

La différence entre le nombre de délits dans les environnements à végétation haute et ceux à végétation basse est de 2,1 pour les délits violents et 1,5 pour les délits contre les biens. Nous avons alors divisé ces chiffres par deux, étant donné qu'ils étaient mesurés sur une période de deux ans. Puisque 8 % de la baisse du nombre de crimes est attribuable à la végétation, nous pouvons dire que 0,084 des délits violents et 0,06 % des délits contre les biens sont attribuables à la végétation environnante.

Nous avons multiplié les chiffres ci-dessus par 12, proportionnellement aux 12 lotissements en question, pour arriver à 1 008 cas de délits violents et 0,72 cas de délits contre les biens.

Pour ce calcul, nous avons dû admettre l'hypothèse que chaque délit déclaré a été suivi d'une arrestation et d'une incarcération. Nous savons que le coût annuel moyen d'une incarcération dans une prison d'État est de 22 650 dollars, et que la durée moyenne d'incarcération en prison d'État pour un délit violent est de 5,5 années ; tandis que la durée moyenne d'incarcération en prison d'État pour les délits contre les biens est de 2,25 années (Durose & Langan, 2003).

Nous avons alors multiplié le nombre de délits à Chicago par la durée de chaque type d'incarcération et le coût d'incarcération (voir tableau 2). Lorsque nous additionnons le coût total d'incarcération pour les délits violents et les délits contre les biens, nous obtenons 162 264,60 dollars.

Sur la base de nos suppositions, nous estimons approximativement que si l'ensemble des 12 lotissements de logements sociaux étaient conçus avec un accès à la nature, le département d'État de l'application des

TABEAU 2	Délits violents	Délits contre les biens
Réduction des délits grâce à la verdure	1,008	0,72
Durée totale d'incarcération	5,544	1,62
Coût total d'incarcération	\$125 571	\$36 693

peines de l'Illinois pourrait économiser 162 264,60 dollars annuellement, uniquement grâce à la diminution du taux de criminalité. Ce chiffre ne prend pas en compte la réduction des coûts opérationnels des bâtiments intégrant l'éclairage naturel et les systèmes de ventilation, ni les économies potentielles de tout un tas d'autres bénéfices sur la santé qu'un environnement naturel peut nous apporter.

D. DES ÉCONOMIES ANNUELLES EN MÉDICAMENTS TDAH

Des études montrent qu'octroyer aux enfants un accès à la nature améliore leur concentration et leur taux d'apprentissage. Tayler & Kuo suggèrent qu'un jour, ceci pourrait devenir une méthode pour lutter contre les symptômes des TDAH. Pour les besoins du présent article, nous avons pensé qu'il était intéressant de calculer une estimation brute, au niveau national, des économies potentielles liées à une diminution de la consommation de médicaments contre le TDAH.

Un article de Scheffler *et al.* indique qu'en 2004, la dépense mondiale en médicaments contre le TDAH était de 2,4 milliards de dollars, dont 95 %, soit 2,28 milliards de dollars, pouvaient être attribués aux États-Unis. Une étude menée en 2009 sur des enfants souffrant de TDAH a révélé que ces derniers avaient des notes améliorées de 13,37 % lors de tests mesurant leur concentration après une promenade dans un parc, plutôt qu'après une promenade dans la ville (Taylor & Kuo, 2009). Sur la base de ces améliorations aux tests, nous supposons qu'une tendance nationale vers un meilleur accès à des parcs pour les enfants atteints de TDAH pourrait réduire la consommation moyenne de médicaments anti-TDAH de 10 % (en arrondissant les 13,37 % à la baisse). Sur la base de valeurs 2004, ceci se traduit par des économies annuelles de 228 millions de dollars en frais de médicaments anti-TDAH. Ce chiffre ne prend pas en compte le fait que Scheffler *et al.* prédisent un accroissement des dépenses en médicaments anti-TDAH de 22,6 % par an uniquement aux États-Unis, ce qui signifie que les dépenses liées à ces médicaments (et par conséquent les économies potentielles) sont significativement plus élevées aujourd'hui.

RÉFÉRENCES

- Akbari, H., « Shade trees reduce building energy use and CO₂ emissions from power plants [Des arbres à ombre réduisent la consommation d'énergie des bâtiments et les émissions de CO₂ des centrales électriques] » Elsevier Science Ltd., *Environmental Pollution*, 116 (2002) S119-S126. Berkeley, CA. 2002.
- Alliance for Excellent Education, « The High Cost of High School Dropouts: What the Nation Pays for Inadequate High Schools [Le coût élevé des échecs scolaires universitaires : ce que la Nation paye pour des universités non adaptées] », Issue Brief. 2007.
- American Hospital Association, « Fast Facts on US Hospitals [Faits en bref sur les hôpitaux américains] », Health Forum LLC. Chicago, IL. 2010.
- Beauchemin, Kathleen M. et Peter Hays, « Sunny hospital rooms expedite recovery [Des chambres d'hôpital éclairées par le soleil accélèrent le rétablissement] », Elsevier Science Ltd., *Journal of Affective Disorders*, 40: 49–51. Alberta, Canada. 1996.
- Begley, C.E., J.F. Annegars, A.C. Swann, C. Lewis, S. Coan, W.B. Schnapp, et L. Bryant-Comstock, « The lifetime costs of bipolar disorder in the US: an estimate for new cases in 1998 [Le coût à vie des désordres bipolaires aux États-Unis : une estimation pour les nouveaux cas en 1998] », The University of Texas Health Science Center. Houston, TX. 2001.
- Benedetti, Francesco, Cristina Colombo, Barbara Barbini, Euridice Campori, et Enrico Smeraldi, « Morning sunlight reduces length of hospitalization in bipolar depression [La lumière du soleil du matin réduit la durée d'hospitalisation pour dépression bipolaire] », Elsevier Science Ltd., *Journal of Affective Disorders* 221–223. Milan, Italy. 2001.
- Benson, Earl, Julia Hansen, Arthur L. Schwartz Jr., et Greg T. Smersh, « Pricing Residential Amenities: The Value of a View [Tarification des aménagements résidentiels : la valeur d'une vue] », *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 16(1): 55–73. 1998.
- Bergs, J.A., « Effect of Healthy Workplaces: Office work, well-being, and productivity [Les effets des milieux de travail sains : travail, bien-être, et productivité] », Green Solar Architecture. Amersfoort, The Netherlands. 2002.
- Biederman I. et Vessel, E.A., « Perceptual pleasure and the brain [La perception du plaisir et le cerveau] », *American Scientist*, 94:249–255. 2006.
- BOMA, Benchmarking Reports [Rapport de référence]. Experience Exchange Report (EER). BOMA International. Publié en 1991.
- BOMA, Benchmarking Reports [Rapport de référence]. Experience Exchange Report (EER). BOMA International. Publié juillet 2010.
- Boyce, Peter R., « Review: The Impact of Light in Buildings on Human Health [Revue : L'impact de la lumière dans les bâtiments sur la santé humaine] », *Indoor and Built Environment*, 19(1): 8–20. février 2010.
- Bratman, G., Hamilton, J.P., Hahn, K., Daily, G. et Gross, J., Nature experience reduces rumination and subgenual prefrontal cortex activation [L'expérience de la nature réduit la rumination et préfrontal subgenual activation du cortex], *Proceedings of the National Academy of Sciences*, juin 2105, doi: 10.1073/pnas.1510459112.
- Bureau of Justice Statistics, « Expenditures/Employment: State Prison Expenditures [Dépenses/Emploi : Dépenses des Prisons d'État] », Office of Justice Programs. Washington, DC, 2001.
- Bureau of Labor Statistics. « American Time Use Survey [Enquête sur l'utilisation du temps américain] », United States Department of Labor. Washington, DC, 2010.
- Bureau of Labor Statistics. « Employer Costs for Employee Compensation new release [Coûts de l'employeur pour les rémunérations de l'employé, nouvelle édition] », United States Department of Labor. Washington, DC, juin 2011a.

-
- Bureau of Labor Statistics, « Private industry employer costs per hour worked for employee compensation and costs as a percent of total compensation [Coûts patronaux du secteur privé par heure ouvrée pour rémunérations de l'employé et coûts en pourcentage pour rémunérations totales] », Table 6. Washington, D.C. juin 2011b.
- California Department of Education, « 2006-2007 Accountability Progress Reporting (APR) [2006-2007 Responsabilité rapports d'étape] », Policy and Evaluation Division. April 2009.
- CDC. Centers for Disease Control and Prevention, « Physical Activity and Health: A Report of the Surgeon General [Activité physique et santé : un rapport du Chirurgien général] », Web. 1999.
- CDC. Centers for Disease Control and Prevention, « Heart Disease and Stroke Prevention [Maladies coronariennes et prévention des crises cardiaques] », Atlanta, GA. Cdc.gov. Web. 2011.
- Chicago Housing Authority. Housing. Web. 28 Nov. 2011 <http://www.thecha.org/pages/housing/19.php>
- Davinge, Andrea, Tina M. Waliczek, R. D. Lineberger, et J. M. Zajicek, « The Effect of Live Plants and Window Views of Green Space on Employee Perceptions of Job Satisfaction [Les effets de plantes vivantes et des vues sur des espaces verts sur la perception de l'employé de sa satisfaction au travail] », *HortScience* 43(1): 183-187. San Marcos, TX. 2008.
- Domke, Henry, « What's new with healing gardens? [Quoi de neuf sur les jardins de guérison ?] » *Healthcare Fine Art*. Entrevue avec Naomi Sachs, Web. 9 mars 2008.
- Donovan, Geoffrey H. et David T. Butry, « The value of shade: Estimating the effects of urban trees on summertime electricity use [La valeur de l'ombre : Estimer les effets des arbres urbains sur la consommation électrique estivale] », Elsevier Science Ltd., *Energy and Buildings* 41 (2009): 662–668. 2009.
- Durose, Matthew et Patrick A. Langan, « State Court Sentencing of Convicted Felons [Application des peines de la Cour d'État de criminels avérés] », 2000, U.S. Bureau of Justice Statistics. Office of Justice Programs. 2003.
- Edwards, L. et P. Torcelli, « A Literature Review on the Effects of Natural Light on Building Occupants [Un examen littéraire sur les effets de la lumière naturelle sur les occupants de bâtiments] », National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-550-30769. Golden, CO. 2002.
- Elzeyadi, I., « Daylighting-Bias and Biophilia: Quantifying the Impacts of Daylight on Occupants Health [Éclairage naturel et biophilie : Quantifier les impacts de la lumière du jour sur la santé des occupants] », Dans : *Pensée et leadership en Recherche sur les Bâtiments verts*. Greenbuild 2011 Proceedings. Washington, DC: USGBC Press. 2011.
- Employment Policy Foundation, « Give yourself the gift of a degree [Donnez-vous la chance d'un diplôme] », 2001. Retrieved 2 mars 2012. <http://www.epf.org/media/newsreleases/2001/nr20011219.htm>
- EPA, « Indoor Air Facts No. 4, Sick Building Syndrome [Faits sur l'air intérieur N° 4, Syndrome de Bâtiment malade] », Research and Development (MD-56). Washington, D.C. 1991.
- EPA, « Benefits and Costs of the Clean Air Act from 1990–2020 [Bénéfices et coûts du Clean Air Act de 1990 à 2020] », US Environmental Protection Agency. Office of Air and Radiation. mars 2011. Rapport final.
- Faryon, Joanne, et Kevin Crowe, « Empty Seats Cost School Districts Millions [Les sièges vides coûtent des millions aux écoles] », Watchdog Institute. 27 juin 2011. Web.

-
- Fisk, W., « Health and productivity gains from better indoor environments and their relationships with building energy efficiency [Gains de productivité et de santé grâce à un meilleur environnement intérieur et les relations avec la performance énergétique du bâtiment] », *Rapport Technique*, 25:537-66, LBNL, 2000.
- Fraunhofer Institute [Institut Fraunhofer], Psychoacoustics research team [équipe de recherche psychoacoustique], Personal communication with authors, novembre 2014.
- Garrett, N.A., Brasure M., Schmitz, K.H., Schultz, M.M., et Huber, M.R., « Physical Inactivity: Direct cost to a health plan [Inactivité physique : coût direct sur le plan santé] », *American Journal of Preventive Medicine*, 27 (4): 304–309. 2004.
- Gonzalez, David, « In the Bronx, Less Asphalt, More Vegetables [Dans le Bronx, moins d'asphalte, plus de légumes] », *The New York Times*. 7 août 2009.
- Grahn, Patrik et Ulrika K. Stigsdotter, « The relation between perceived sensory dimensions of urban green space and stress restoration [La relation entre les dimensions sensorielles perçues des espaces verts urbains et la récupération du stress] », Elsevier Science Ltd., *Journal of Landscape and Urban Planning*. 264–275. 2010.
- Hagerhall, Caroline M., Thorbjorn Laike, Richard P. Taylor, Marianne Kuller, Richard Kuller, et Theodore P. Martin, « Investigations of human EEG response to viewing fractal patterns [Enquêtes sur les réponses d'EEG humaines suite à des visions de motifs fractales] », *Perception*, 37, 1488–1494. 2008.
- Hall M.J., DeFrances C.J., Williams S.N., Golosinskiy A., et Schwartzman A., « National Hospital Discharge Survey: 2007 summary [Enquête nationale sur les sorties d'hôpital : résumé 2007] », National health statistics reports; no 29. Hyattsville, MD, National Center for Health Statistics. 2010.
- Harnik, Peter et Ben Welle, « Measuring the Economic Value of a City Park System [Mesurer la valeur économique d'un système de parcs urbains] », The Trust for Public Land. Washington, DC, 2009.
- Hattar, Samar, Johns Hopkins University, Personal communication with authors [Communication personnelle avec les auteurs], November 2014.
- Heerwagen, Judith H., « Design, Productivity and Well Being: What are the Links? [Design, productivité et bien-être : quel sont les liens ?] », présenté à la conférence AIA sur les « Highly Effective Facilities », Cincinnati, OH, 1998.
- Heerwagen, Judith H., « Green Buildings, Organizational success, and Occupant productivity [Bâtiments verts, réussite organisationnelle, et productivité des occupants] », *Building Research and Information*. Vol. 28 (5):353-367. Londres, RU, 2000.
- Heerwagen, Judith H., « Investing in People: The Social Benefits of Sustainable Design [Enquête sur le personnel : les bénéfices sociaux d'un design durable] », présenté à « Rethinking Sustainable Construction », Sarasota, FL. 2006.
- Heschong, Lisa. Groupe Heschong Mahone, « Daylighting in Schools: An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance [L'éclairage naturel dans les écoles : une enquête sur les relations entre éclairage naturel et performance humaine] », California Energy Commission: Pacific Gas and Electric Company. Fair Oaks, California. 1999.
- Heschong, Lisa. Groupe Heschong Mahone, « Daylight and Retail Sales [Éclairage naturel et ventes] », California Energy Commission: Pacific Gas and Electric Company. Fair Oaks, Californie, 2003a.

-
- Heschong, Lisa. Groupe Heschong Mahone, « Windows and Classrooms: A Study of Student Performance and the Indoor Environment [Fenêtres et salles de classe : une étude sur la performance des élèves et l'environnement intérieur] », California Energy Commission: Pacific Gas and Electric Company. Fair Oaks, Californie, 2003b.
- Heschong, Lisa. Groupe Heschong Mahone, « Windows and Offices: A Study of Office Worker Performance and the Indoor Environment [Fenêtres et Bureaux : une étude sur la performance des employés de bureau et l'environnement intérieur] », California Energy Commission: Pacific Gas and Electric Company. Fair Oaks, Californie, 2003c.
- Institute at the Golden Gate, « Parks Prescriptions: Profiles and Resources for Good Health from the Great Outdoors [Prescriptions d'accès à des parcs : profils et ressources pour une bonne santé en plein air] », Full Report, 2010.
- Joye, Yannick, « 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, 2007.
- Joye, Yannick, Kim Willems, Malaika Brengmen, et Kathleen Wolf, « The effects of urban retail greenery on consumer experience [Les effets de la verdure urbaine sur les consommateurs dans les milieux de la vente] », Elsevier Science Ltd. *Urban Forestry & Urban Gardening* 9 (2010) 57–64. Belgique, 2010.
- Kahn, Peter H. et al., « A plasma display window?—The shifting baseline problem in a technologically mediated natural world [Une vitrine à écran plasma ? Un problème de changement de référence d'un monde naturel technologique] », Elsevier Science Ltd., *Journal of Environmental Psychology* 28: 192–199. mai 2008.
- Kats, Gregory, « Greening America's Schools – Cost and Benefits [Rendre les écoles américaines plus vertes. Coûts et bénéfices] », Capital E Report, The US Green Building Council. 2006.
- Kellert, Stephen et al., *Biophilic Design [Design Biophilique]*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2008.
- Kellert, Stephen R. et Edward O. Wilson, *The Biophilia Hypothesis [L'Hypothèse biophilique]*. Washington. D.C.: Shearwater. Print. 1993.
- Kelley, Tina, « On a Rainy Day, a Garden Opens for Healing [Un jour de pluie, un jardin s'ouvre pour guérir] », *The New York Times*. 26 septembre. Web. 2008.
- Kim, J.T., C.J. Ren, et G.A. Fielding, « Treatment with lavender aromatherapy in the post-anesthesia care unit reduces opioid requirements [Le traitement aromathérapique avec la lavande dans l'unité de soins post-anesthésiques réduit les exigences opioïdes] », Direction d'anesthésiologie, Centre médical universitaire de New York. National Institutes of Health. juillet: 920-5. 2007.
- Kolesnikov-Jessop, Sonia, « An Urban Jungle for the 21st Century [Une jungle urbaine pour le 21e siècle] », *The New York Times*, New York, NY, juillet 2011.
- Kuo, Frances E. et William C. Sullivan, « Aggression and Violence in the Inner City: Effects of Environment via Mental Fatigue [Aggression et violence en centre-ville : les effets de l'environnement à travers la fatigue mentale] », *Environment and Behavior*, Vol. 33(4):543-571. Sage Publications. 2001a.
- Kuo, Frances E. et William C. Sullivan, « Environment and Crime in the Inner City: Does Vegetation Reduce Crime? [Environnement et criminalité en centre-ville : est-ce que la végétation réduit la criminalité ?] » *Environment and Behavior*, Vol. 33 (3):343–367. Sage Publications, 2001b.

-
- Laumann, K. et al., « Selective attention and heart rate responses to natural and urban environments [L'attention sélective et le rythme cardiaque dans les environnements urbains et naturels] », *Journal of Environmental Psychology* 23:125–134, 2003.
- Laverne, Robert J., et Kimberly Winson-Geideman, « The influence of trees and landscaping on rental rates at office buildings [L'influence des arbres et des paysages sur les taux de loyers des bâtiments de bureaux] », *Journal of Arboriculture* 29(5): septembre 2003.
- Lee, K., Williams, K., Sargent, L., Williams, N. et Johnson, K., « 40-second green roof views sustain attention: The role of micro-breaks in attention restoration [40 secondes vues de toit vert soutenir l'attention: Le rôle des micro-pauses dans la restauration de l'attention] », *Journal of Environmental Psychology*, 42, juin 2015, 182–189.
- Lehr, Camilla A., David R. Johnson, Christine D. Bremer, Anna Cosio, et Megan Thompson, « Increasing Rates of School Completion: Moving from Policy and Research to Practice [Taux croissants d'achèvement des études : de la politique et recherches vers la pratique] », National Center on Secondary Education and Transition. Rapport complet, 2004.
- Loftness, Vivian, Volker Hartkopt, et Beran Gurtekin, « Building Investment Decision Support [Soutien à la décision en investissements de bâtiments] (BIDSTM) », Centre Universitaire Carnegie Mellon pour la Building Performance and Diagnostics [performance et le diagnostic des bâtiments]. Pittsburg, PA, 2007.
- Loftness, Vivian, « Sustainable Design for Health & Productivity [Design durable pour la santé & productivité] », Centre Universitaire Carnegie Mellon pour la Building Performance and Diagnostics [performance et le diagnostic des bâtiments]. Pittsburg, PA, 2008.
- Maas, Jonathan, « Take a hike! How attention restoration theory shows that nature sharpens the mind [Partez randonner! Comment la théorie de restauration de l'attention démontre que la nature affûte l'esprit] », *Ode for Intelligent Optimists*. Vol. 8, N° 4, septembre 2011.
- Machlin, S.R. et Carper, K., « Expenses for Inpatient Hospital Stays [Dépenses en séjours hospitaliers], 2004. Dossier Statistique #164 », Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville, Md. mars 2007. http://www.meps.ahrq.gov/mepsweb/data_files/publications/st164/stat164.pdf
- Marcus, Clare C., et Marni Barnes, « Gardens in Healthcare Facilities: Uses, Therapeutic Benefits, and Design Recommendation [Les jardins dans les établissements de santé : utilisation, bénéfices thérapeutiques, et recommandations de conception] », University of California at Berkeley. The Center for Health Design. 1995.
- Mathis, William J., « The Cost of Implementing the Federal No Child Left Behind Act: Different Assumptions, Different Answers [Le coût de la mise en œuvre de la loi fédérale "aucun enfant délaissé" : suppositions différentes, réponses différentes] », Peabody Journal of Education. publié par Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 2005.
- Mayor's Management Report [Rapport de gestion du maire], Fiscal Year 2011. City of New York. septembre 2011.
- Miller, Norm G., Dave Pogue, Quiana D. Gough, et Susan M. Davis, « Green Buildings and Productivity [Bâtiments écologiques et productivité] », *JOSRE*, Vol. 1. N° 1, 2009.
- Ministry of National Development, « From Garden City to City in a Garden [De la ville-jardin à une ville dans un jardin] », Singapour, avril 2011.

-
- Moss, M. J. Cook, K. Wesnes, et P. Duckett, « Aromas of rosemary and lavender essential oils differentially affect cognition and mood in health adults [Les arômes d'huiles essentielles de romarin et lavande impactent différemment la cognition et l'humeur chez les adultes] », Division de Psychologie, Université de Northumbria. *International Journal of Neuroscience*. janvier, 113(1): 15-38, 2003.
- Moore, R.C., *Childhood's domain [Domaine de l'enfance]*. Londres : Croom Helm, 1986.
- Niklas, Michael H., et Gary B. Bailey, « Student Performance in Daylit Schools [Performance des élèves dans les écoles éclairées naturellement] », Innovative Design, Raleigh, North Carolina, 1996.
- NYC At-A-Glance [NYC en un clin d'œil], 2011 Update. NYC Economic Development Corporation. 2011.
- New York City Department of Education [Département d'éducation de la ville de New York]. 2011–2012 School Year Calendar. schools.nyc.gov.
- Office of the Actuary (OACT) Center for Medicare and Medicaid Services, « National Health Expenditure Data: Overview, Forecast summary and selected tables [Données de dépenses nationales sur la santé : revue, résumé des prévisions et tableaux choisis] », 2008–2010.
- Ohtsuka, Yoshinori, Noriyuki Yabunaka, et Shigeru Takayama, « Shinrin-yoku (forest-air bathing and walking) effectively decreases blood glucose levels in diabetic patients [Le Shinrin-yoku (bains de forêt et promenades) diminue réellement les taux de glucose dans le sang chez les patients diabétiques] », *International Journal of Biometeorology*. 41:125-127, 1998.
- Park, Bum Jim, Yuko Tsunetsugu, Tamami Kasetani, Takahide Kagawa, et Yoshifumi Miyazaki, « The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): evidence from field experiments in 24 forests across Japan [Les effets physiologiques du Shinrin-yoku (bains de forêt) : les preuves des expériences de terrain dans 24 forêts japonaises] », *Environmental Health and Preventative Medicine*. 15:18–26. 2010.
- Romm, Joseph J. et William D. Browning, « Greening the Building and the Bottom Line [Rendre un bâtiment et le résultat final écologiques] », Rocky Mountain Institute. Snowmass, Colorado, 1994.
- Rosseter, Robert, « New AACN Data Show the Impact of the Economy on the Nurse Faculty Shortage [Les nouvelles données AACN montrent l'impact de l'économie sur la pénurie d'infirmières] », American Association of College of Nursing. Washington, DC, septembre 2009.
- Sadler, Blair L., Jennifer R. DuBose, Eileen B. Malone, et Craig M. Zimring, « Healthcare Leadership: The Business Case for Building Better Hospitals through Evidence Based Design [Leadership en soins de santé : l'étude économique de la meilleure construction d'hôpitaux basée sur des données de conception tangibles] », Georgia Institute of Technology, The Center for Health Design, 2008.
- Scheffler, Richard M., Stephen P. Hinshaw, Sepideh Modrek, et Peter Levine, « The Global Market for ADHD Medications [Le marché mondial pour les médicaments TDAH] », *Health Affairs*, 26(2): 450–457, 2007.
- Taylor, A., et Frances E. Kuo, « Children With Attention Deficits Concentrate Better After Walk in the Park [Les enfants souffrant de déficits d'attention se concentrent mieux après une promenade au parc] », *Journal of Attention Disorders*. No. 12; 402. Publications SAGE, 2009.

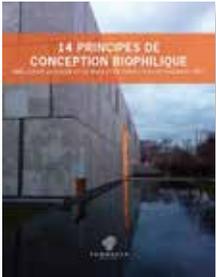
-
- Taylor, A., Frances E. Kuo, et W.C. Sullivan, « Views of Nature and Self-Discipline: Evidence from Inner City Children [Vues de la Nature et autodiscipline : preuves d'enfants en centre-ville] », *Journal of Environmental Psychology*. Vol. 22. N° 1–2: 49–63. Web. 2001.
- Thayer, Julian F. et al., « Effects of the physical work environment on physiological measures of stress [Les effets de l'environnement physique de travail sur les mesures physiologiques de stress] », Lippincott Williams & Wilkins. The European Society of Cardiology [Société européenne de cardiologie], 2010.
- The Trust for Public Land, « Chambers County, Greenprint for Growth and Conservation [Chambre de canton, Prise de conscience écologique, croissance et protection] », juin 2009.
- The Trust for Public Land, « Asphalt Lot Transformed into a Student-Designed Play Space at P.S. 33 [Une zone asphaltée transformée en un terrain de jeux conçu par les étudiants à P.S. 33] », Press Release. 25 mai 2011.
- Ulrich, R.S., « View through a window may influence recovery from surgery [Une vue à travers une fenêtre peut influencer le rétablissement postopératoire] », *Science*, Vol. 224, 1984.
- Ulrich, R.S. et Lunden, « Effects of Nature and Abstract Pictures on Patients Recovering from Open Heart Surgery [Les effets de la nature et images abstraites sur les patients en rétablissement d'opération à cœur ouvert] », Paper presented at the International Congress of Behavioral Medicine. Uppsala, Suède, 27–30 juin 1990.
- Ulrich, R.S., « How Design Impacts Wellness [Comment le design affecte le bien-être] », *Healthcare Forum Journal*. octobre 1992.
- US Census Bureau. Economic Census NAICS [Recensement Économique NAICS]. Washington, D.C. 2002.
- US Census Bureau. School Expenditures by Type of Control and Level of Instruction. Table 216 [Dépenses des écoles selon le niveau d'instruction, Tableau 216]. Washington, D.C. 2009.
- US Census Bureau. Current Population Survey, Annual Social and Economic Supplement [Enquête sur la population actuelle, Supplément économique et social annuel]. Washington, D.C. 2010.
- US Department of Commerce, « June 2011 Construction at \$772.3 Billion Annual Rate [Juin 2011 Construction à 772,3 milliards de dollars taux annuel] », US Census Bureau News. Washington, D.C. August 2011.
- US Department of Education, National Center for Education Statistics. Digest of Education Statistics, 2010 (NCES 2011-015), Table 190 [Sommaire des statistiques sur l'éducation, 2010 (NCES 2011-015), Tableau 190]. 2011.
- US Department of Energy, « Energy Savers Booklet: Tips on Saving Energy & Money at Home [Livret d'économies d'énergie : conseils pour économiser l'énergie au foyer] », Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. Washington, DC, mai 2009.
- US Department of Health and Human Services. Centers for Medicare and Medicaid Services. National Health Expenditure 2009 Highlights [Dépenses Nationales de Santé 2009 Résumé], 2009a.
- US Department of Health and Human Service, « Statistics on Hospital Stays [Statistiques sur les séjours en hôpital] », Agency for Healthcare Research and Quality. Rockville, MD, 2009b.

-
- US Department of Health and Human Services. Centers for Medicare and Medicaid Services. National Health Expenditure 2010 Highlights [Dépenses Nationales de Santé 2010 Résumé], 2010.
- US Department of Labor, « Absences from work of employed full-time wage and salary [Les absences de travail d'un emploi à temps complet et salaire] », Washington, DC, 2010.
- US Department of Labor. National Wage Index [Index national des salaires]. Washington, DC, 2009.
- USGBC, « Building Technology Program, High Performance Buildings [Programme de Technologie des Bâtiments, Immeubles à haute performance] », Washington, DC, 2008.
- Victoria Press, « Natural Ventilation Systems [Systèmes de Ventilation Naturels] », Resource Smart Business. Sustainability Victoria. Melbourne, AU, 2009.
- Walch, Jeffrey M., Bruce S. Rabin, Richard Day, Jessica N. Williams, Krissy Choi, et James D. Kang, « The Effect of Sunlight on Postoperative Analgesic Medication Use [Les effets de la lumière du soleil sur la consommation postopératoire d'analgésiques] », *Psychosomatic Medicine* 67:156–163, 2005.
- Walmsley, L., Hanna, L., Mouldan, J. Martial, F., West, A., Smedley, A., Bechtold, D., Webb, A., Lucas, et R., Brown, T., « Colour As a Signal for Entraining the Mammalian Circadian Clock [Couleur comme un signal d'entraînement de l'horloge circadienne mammalian] », *PLOS Biology*, 17 avril 2015, DOI: 10.1371/journal.pbio.1002127.
- Warren, Jennifer, « High Cost of Prisons Not Paying Off [Les coûts élevés des prisons impayées] », *Los Angeles Times*. Web. juin 2006.
- Washington State University, « Daylight Dimming Controls [Contrôler les régulateurs de lumière du jour. Programme coopératif d'extension de l'énergie] », Cooperative Extension Energy Program, 2003.
- Wells, N.M. et G.W. Evans, « Nearby Nature: A Buffer of Life Stress Among Rural Children [La nature proche : un tampon contre le stress de la vie parmi les enfants ruraux] », *Environment and Behavior*. 35(3) 311–330, 2003.
- Wilson, Alex, « Productivity and Green Buildings [Productivité et bâtiments écologiques] », Environmental Building News. *Environmental Building News* 13:10, 2004.
- Wilson, E.O. *Biophilia: The Human Bond with Other Species [Biophilie : le lien humain avec les autres espèces]*. Cambridge: Harvard University Press, 1984.
- Wolf, K.L., « Trees in the small city retail business district: comparing resident and visitor perceptions [Les arbres dans le quartier commercial : comparaison des perceptions des résidents et des visiteurs] », *Journal of Forestry* 103, 390–395, 2005.
- WHO (World Health Organization [Organisation mondiale de la Santé]), « Depression [Dépression] », Programmes and Projects. Mental Health. Web. juillet 2008.
- WHO (World Health Organization [Organisation mondiale de la Santé]), WHO Statistical Information System [Système d'information statistique de l'OMS] (WHOSIS). Full Report. 2009.

AUTRES PUBLICATIONS DE TERRAPIN

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

En française



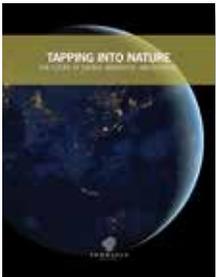
© 2014 Terrapin Bright Green

14 principes de conception biophilique Améliorer la santé et le bien-être dans l'environnement bâti

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 principes 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 sur 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 sur 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.

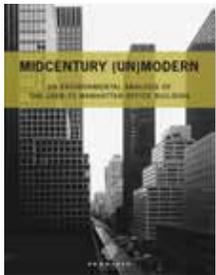
En anglais



© 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 développés 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 ?

PREPARED BY

 astrance

(gondwana)
BIODIVERSITY DEVELOPMENT



TERRAPIN
BRIGHT GREEN

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