

LE BIOMIMÉTISME : *révolution dans l'architecture ?*

S'inspirant de la nature, le biomimétisme pourrait offrir une nouvelle voie, très prometteuse, à l'architecture. Laquelle ne donnerait plus uniquement forme et mesure à l'espace, mais pourrait relier le bâti à son environnement, et contribuer ainsi à la résilience de notre civilisation.

NATASHA CHAYAAMOR-HEIL



La création d'une résidence mixte de 70 logements dans le quartier Ordener à Senlis, illustration d'un projet architectural biomimétique inspiré de la phyllotaxie des plantes ; l'implantation et l'orientation des bâtiments reprennent ce principe d'organisation.

Source : Nicolas Vernoux, IN SITU Architecture.

Le réchauffement de notre planète et l'augmentation des polluants nous obligent à revoir radicalement notre relation avec la nature si nous ne voulons pas détruire les fondements de la vie sur Terre et compromettre le bien-être des générations futures. Dans ce contexte, la construction et le logement revêtent une importance capitale,

dans la mesure où ils sont nécessaires à la satisfaction des besoins humains fondamentaux et en même temps responsables d'une part importante de la consommation des ressources et de l'émission de polluants. Ils représentent ensemble, au niveau mondial, 40 % de la production de déchets, 36 % de la consommation d'énergie et près de 30 % des émissions de CO₂, directes et indirectes.

En considérable augmentation pour subvenir aux besoins d'une population humaine exponentielle, la construction de logements devra être éco-responsable et durable dans les prochaines décennies pour tenir compte de la nouvelle donne du dérèglement climatique et éviter l'effondrement de l'écosystème planétaire. Or, à bien observer la nature, on constate que celle-ci, dans son agencement même, satisfait presque automatiquement à ces exigences majeures de l'architecture du futur. En effet, les espèces animales et végétales savent mettre en place des stratégies pour s'adapter à leur environnement et à son évolution, formant avec celui-ci un écosystème durable.

Face aux enjeux écologiques, le secteur du bâtiment est confronté à un nécessaire besoin d'innovation. Un avis émis en septembre 2015 par le Conseil économique social et environnemental¹ estime qu'une conception architecturale émergente « bio-inspirée », capable de répondre aux enjeux sociétaux, économiques et envi-

ronnementaux actuels, est, parmi d'autres, un domaine d'application prometteur. Nombreux sont aujourd'hui les architectes et les urbanistes à se tourner vers cette démarche qui consiste à envisager les villes du futur en faisant cohabiter biodiversité et mode de vie humain.

Le terme « biomimétisme » (*biomimicry* en anglais), apparu en 1980, a été popularisé par la biologiste et environnementaliste Janine Benyus, auteure de *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*². Elle le définit comme une nouvelle science qui étudie la nature afin de l'imiter ou de s'en inspirer pour résoudre les problèmes de l'humanité, et suggère de considérer la nature comme un *modèle*, un *étalon* et un *maître*.

Certes, les architectes se sont toujours inspirés de la nature ; c'est encore le cas aujourd'hui et ce le sera sans doute dans l'avenir. Il faut cependant distinguer deux types de bio-inspirations : l'une, principalement formelle, à visée esthétique ou symbolique ; et l'autre, dont l'objectif est la durabilité. En fait, si les exemples de productions architecturales bio-inspirés sont nombreux, ceux fondés sur une approche biomimétique sont encore rares. De multiples mots formés à partir du préfixe *bio-* ont été associés à l'architecture, provoquant une grande confusion et

« Les espèces animales et végétales savent mettre en place des stratégies pour s'adapter à leur environnement et à son évolution, formant avec celui-ci un écosystème durable. »

une ambiguïté terminologique. Ces termes apparemment proches ont des sens différents, mais ils peuvent être regroupés sous cette appellation générique qu'est la « bio-inspiration » : l'architecture *biomorphique*, l'architecture *bionique*³... ou encore l'architecture *biophilique*, une approche qui cherche à connecter plus étroitement les occupants des bâtiments avec la nature.

Le biomimétisme, quant à lui, consiste d'abord à observer et étudier les êtres vivants – ces organismes perfectionnés, doués d'une grande capacité d'adaptation et résilients, basés sur des systèmes et des valeurs qui leur permettent de vivre – ainsi que leurs interactions pour comprendre leur fonctionnement, puis à transposer les mécanismes du vivant vers des systèmes non biologiques. Il ne s'agit pas de copier ni d'imiter ces modes de fonctionnement, mais de rechercher des principes organiques de base pour leur trouver une application technique innovante.

De la même manière, l'architecture biomimétique cherche, par une approche interdisciplinaire, des solutions durables dans la nature, sans vouloir en répliquer les formes mais en identifiant les principes qui les gouvernent. Elle n'a plus pour unique objectif de donner une mesure et une forme à l'espace, mais de développer des relations synergiques

entre le bâti et son environnement. Elle pourrait être à l'origine d'une transformation du rôle de l'architecte, qui évoluerait d'un contrôle de la nature vers une participation durable à celle-ci.

L'architecture biomimétique prévoit trois niveaux d'applications : l'*organisme* (forme), le *comportement* (processus) et l'*écosystème* (écosystème), lequel intègre les deux autres niveaux pour créer un environnement durable ; en leur sein sont répertoriées cinq dimensions : *à quoi ça ressemble* (forme), *en quoi c'est fait* (matériau), *comment c'est fait* (construction), *comment ça travaille* (processus) et *qu'est-ce que ça fait* (fonction)⁴.

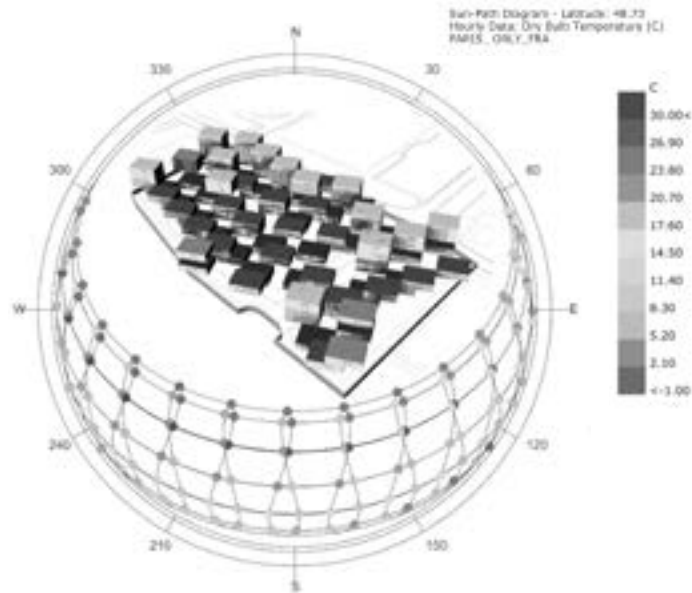
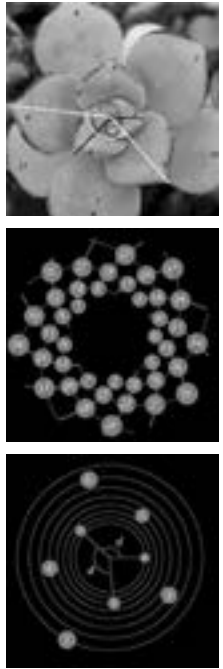
Les progrès techniques d'observation à très petite échelle, qui permettent aujourd'hui d'avoir une connaissance plus approfondie du fonctionnement de la nature, sont une source d'inspiration nouvelle : les architectes scrutent la croissance des arbres pour construire des bâtiments plus solides et durables ; les urbanistes observent les fourmis pour résoudre les problèmes de trafic ; des ingénieurs s'inspirent des requins, des hiboux ou encore des pélicans pour améliorer avions et voitures. Dans le secteur de la construction, le biomimétisme peut dorénavant s'appliquer à l'architecture à tous les niveaux : matériaux auto-guérisseurs et auto-nettoyants, façades bio-climatisées, ventilations passives, systèmes d'auto-

régulation, villes régénératives, optimisation des réseaux de transport...

Matériaux auto-guérisseurs

Pendant des décennies, les scientifiques ont rêvé de matériaux susceptibles de se régénérer, à l'instar de la peau des êtres vivants. Ce rêve est devenu réalité puisqu'on trouve désormais sur le marché des matériaux auto-cicatrisants qui réparent et restaurent leurs fonctionnalités de manière autonome (c'est-à-dire sans intervention humaine). La fonction réparation est déclenchée par un stimulus environnemental : une modification du pH ou du rayonnement ultraviolet, le plus souvent un dommage mécanique (microfissure...). Citons pour exemple un plastique auto-guérisseur conçu par des ingénieurs de l'université de l'Illinois, qui pour ce faire se sont inspirés de la coagulation du sang ; susceptible de s'auto-réparer s'il est fissuré ou cassé, il peut être utilisé dans toutes sortes d'applications⁵.

Autre exemple. Bien que le béton soit le matériau de construction le plus utilisé de par le monde, il présente un grave défaut : il peut facilement se fissurer sous tension. Quand ces fissures deviennent trop volumineuses, elles entraînent la corrosion des armatures en acier utilisées pour le renforcer, ce qui confère à la structure un aspect peu attrayant, mais, surtout, peut en compromettre les qualités mécaniques. La réparation de ces fissures demandant



À gauche : la phyllotaxie et ses modèles mathématiques.
Ci-dessus : l'algorithme biomimétique inspiré par les principes de la phyllotaxie.
Source : Nicolas Vernoux, IN SITU Architecture.

beaucoup de temps et d'argent, des chercheurs de l'université de Delft (Pays-Bas) ont entrepris de développer un béton autocicatrisant⁶ capable de se guérir lui-même en utilisant des bactéries.

Matériaux auto-nettoyants

L'entretien des façades constitue un aspect essentiel de la gestion des bâtiments en raison des actions spécifiques et des coûts que cette activité implique. Or, il existe aujourd'hui des matériaux auto-nettoyants qui, employés comme revêtements, permettent un entretien correct des façades dans le temps. Arrêtons-nous un instant pour observer la nature. Le lotus, l'une des plus belles plantes aquatiques que compte notre

planète, a aussi une particularité très intéressante : grâce à un phénomène de « super-hydrophobie » engendré par l'extrême rugosité de ses feuilles, il a la capacité de garder celles-ci toujours propres, même dans une eau boueuse. Cet « effet fakir » (les gouttes d'eau « flottent » sur leur support comme le fakir sur son tapis de clous)⁷ a été reproduit par la firme Sto dans un enduit en silicone de sa conception, le Lotusan® : la saleté, plutôt que de s'y incruster, s'évacue avec la pluie⁸. L'effet « super-hydrophobe » permet d'envisager un grand nombre d'applications pour permettre à toutes sortes de surfaces (murs peints, vitrages...) de rester sèches et propres.



Le District 11, centre d'innovation de Skolkovo en Russie ; à droite, conception du plan de masse.
Source : agence Anthony Bechu & Associés.



Régulation thermique

S'agissant d'illustrer un nouveau mode d'architecture sensible aux variations du climat, citons le pavillon « météo-sensitif » HygroSkin⁹, inspiré du mécanisme d'ouverture et de fermeture des écailles des pommes de pin, basé sur les propriétés élastiques et hygroscopiques du bois. Un fin observateur des plantes s'intéressera aussi, par exemple, au phénomène de la phyllotaxie : les feuilles sont disposées sur les tiges et les branches de manière à recevoir un maximum de lumière pour pouvoir effectuer la photosynthèse, ce processus qui permet à certains organismes (plantes, algues, mais aussi bactéries) de convertir l'énergie du soleil en énergie chimique. Dans les domaines de l'architecture et de

l'urbanisme, la recherche de la meilleure exposition à la lumière naturelle constitue aussi un enjeu majeur, pour des raisons de bien-être, bien sûr, mais aussi de plus en plus pour économiser de l'énergie, en réduisant le besoin en éclairage artificiel et en régulation thermique.

Dans le même ordre d'idée, le cabinet IN SITU Architecture (Paris) et le laboratoire de biologie végétale RDP (ENS Lyon) sont engagés dans une activité de R&D dans l'objectif de développer un algorithme susceptible d'aider à la conception d'une architecture inspirée de la phyllotaxie des plantes, permettant d'optimiser l'apport de lumière et d'énergie solaire afin de réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments¹⁰.

Autre exemple : le comportement de « thermo-régulation sociale » des manchots empereurs, qui leur permet de se protéger du froid en formant des groupes très denses et en ne présentant que le haut du dos au vent. Partant de cette observation et en association avec des biologistes, l'agence d'architecture Bechu & Associés a conçu le projet District 11, centre d'innovation de Skolkovo¹¹ près de Moscou, destiné à loger des familles de chercheurs. Les architectes ont utilisé un algorithme de calcul pour transposer ce principe de régulation thermique à un ensemble urbanistique complexe, susceptible de protéger une centaine de maisons individuelles du froid extrême et permettant d'économiser *in fine* 5 °C de température.

« Villes » régénératives

Concernant le troisième niveau d'application (écosystème), le projet le plus connu est la symbiose de Kalundborg, un éco-pôle (*eco-industrial park*) danois¹². Il s'inspire du fonctionnement des écosystèmes naturels pour recréer, à l'échelle du système industriel, une organisation caractérisée par une gestion optimale des ressources et un fort

« *Certaines stratégies de la nature se révèlent d'excellentes sources d'inspiration pour la science architecturale : adaptation de la forme à la fonction, fonctionnement lié aux énergies renouvelables, utilisation des ressources locales et fonctionnement en boucle fondé sur le recyclage.* »

taux de recyclage de la matière et de l'énergie. C'est en 1961 qu'ont commencé les échanges d'énergie, de matières retraitées et de déchets entre sept sites industriels regroupés dans un même secteur géographique, au nord-ouest du Danemark. Depuis lors, un nombre croissant d'acteurs ont pris part au projet, engendrant de plus en plus d'échanges.

Autre exemple : ReGen Villages¹³, un modèle visionnaire de développement d'éco-villages autonomes (« ReGen » pour « régénératifs ») et résilients, conçu par une entreprise californienne et le cabinet d'architecture danois Effekt. Si le gain environnemental et financier est évident, ce modèle apporte également une plus-value sociale puisqu'il offre un cadre pour l'autonomisation des familles et développe chez les habitants le sens de la communauté, ceux-ci faisant partie intégrante d'un écosystème local partagé, renouant avec la nature et consommant leur propre production. La ville d'Almere, aux Pays-Bas, entend être à l'avant-garde de ce nouveau mode de vie. Si le test s'avère concluant, ReGen Villages développera ce concept en version haut de gamme dans de nombreux autres

pays, en commençant par l'Europe du Nord (Norvège, Suède, Danemark, ou encore Allemagne).

Actuellement en vogue, le biomimétisme pourrait jouer un rôle important dans la résilience de la civilisation humaine. Dans le domaine de la construction, il pourrait contribuer à l'amélioration des performances environnementales des projets architecturaux, répondant ainsi aux enjeux de la crise écologique. Certaines stratégies de la nature se révèlent en effet d'excellentes sources d'inspiration pour la science architecturale : adaptation de la forme à la fonction, fonctionnement lié aux énergies renouvelables, utilisation des ressources locales et fonctionnement en boucle fondé sur le recyclage. Si le biomimétisme s'est développé très rapidement dans des domaines tels que le design industriel ou la médecine, il est encore appliqué de façon limitée dans l'architecture et l'urbanisme. Pourtant, dans ces domaines, une compréhension approfondie de la biologie et de l'écologie est nécessaire si l'on souhaite créer un environnement construit favorable à la santé des communautés humaines, tout en renforçant leur intégration positive par le respect de la biodiversité.

Notes

1. Patricia Ricard, *Le Biomimétisme : s'inspirer de la nature pour innover durablement*, Paris, CESE, septembre 2015.

2. New York, HarperCollins, 1997. Traduction française : *Biomimétisme. Quand la nature inspire des innovations durables*, Paris, Rue de l'échiquier, 2011.
3. Natasha Chayaamor-Heil, *et al.*, « Biomimétisme en architecture. État, méthodes et outils » (cf. rubrique ci-dessous).
4. Maibritt Pedersen Zari, « Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability », *Sustainable Building Conference*, Auckland, 2007.
5. Steven R. White, *et al.*, « Restoration of large damage volumes in polymers », *Science*, vol. 344, n° 6184, mai 2014.
6. <https://www.tudelft.nl/en/technology-transfer/tech-investment/patents/selection-of-tu-delft-patent-portfolio/self-healing-concrete-materials-that-can-repair-itself/>
7. <http://www.cnrs.fr/publications/imagesdelaphysique/couv-PDF/ldP2005/37Quere.pdf>
8. https://www.stocorp.com/wp-content/content/Products_Marketing/Coatings/Brochures/BR_StoColor%20Lotusan_EN_%20Web_S647C.pdf
9. <http://www.frac-centre.fr/collection-art-architecture/rub/rub-64.html?authID=361&ensembleID=1206>
10. <http://www.insitu-architecture.net/en/recherche-et-developpement.html>
11. <https://www.bechuetassocies.com/fr/projet/skolkovo-innovation-center-district-11>
12. <http://www.symbiosis.dk/en/>
13. <https://www.oeffekt.dk/regenvillages/>

POUR ALLER PLUS LOIN

- Natasha Chayaamor-Heil, François Guéna et Nazila Hannachi-Belkadi, « Biomimétisme en architecture. État, méthodes et outils », *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*, n° 1, 2018.
- Michael Pawlyn, *Biomimétisme et architecture* [2011], Paris, Rue de l'échiquier, 2019.
- Centre européen d'excellence en biomimétisme de Senlis (Ceebios) : <http://ceebios.com/>

Retrouvez-nous sur nectart-revue.fr