

# Quand l'architecture s'inspire de la nature

**BIOMIMÉTISME** - Le pavillon présenté lors du salon Biomim'expo, qui s'ouvre le 23 octobre, à Paris, est un manifeste en faveur des solutions qui vont chercher dans les prouesses du vivant

Un étrange pavillon se dressera, fier et gracile, le 23 octobre, à la Cité des sciences et de l'industrie, à Paris. Une ossature de bois blond aérienne, aux mailles polygonales. Des alvéoles d'un nid-d'abeilles? Un squelette calcaire de corail? Les motifs d'une carapace de tortue? Ou encore – pour les férus de botanique – la trame des cellules végétales qui produisent la chlorophylle, vues sous le microscope?

« La maille polygonale est un motif fréquent dans le vivant, à toutes les échelles », résume Nicolas Vernoux-Thélot, architecte DPLG. Il est le fondateur de l'agence In situ Architecture, qui a conçu et créé cet étonnant squelette, exposé à l'occasion de la troisième édition de Biomim'expo (le salon du biomimétisme). « Si les cellules végétales ont adopté une organisation polygonale, ce n'est peut-être pas un hasard. En plus de cet agencement, les cellules sont entourées d'une paroi épaisse dont la résistance égale celle de l'acier », explique Teva Vernoux, biologiste au CNRS et à l'École normale supérieure (ENS) de Lyon.

## Le grand livre de la nature

Voilà plus de dix ans que les deux frères mènent une réflexion commune. « Je travaillais sur l'architecture des plantes, Nicolas sur l'architecture des bâtiments : sans doute pouvions-nous faire quelque chose ensemble », raconte le biologiste.

« Notre pavillon est un manifeste issu de la recherche de l'économie de matière, en minimisant son impact négatif sur l'environnement », assure l'architecte. De fait, il est emblématique d'une démarche en plein essor : « Copier le grand livre toujours ouvert de la nature », selon le mot de l'architecte Antoni Gaudí (1852-1926), père de la Sagrada Família, à Barcelone.

L'enjeu, plus exactement, est de s'inspirer des prouesses du vivant – non de les copier servilement – pour repenser la conception des bâtiments, à des fins d'optimisation technique, énergétique, écologique. Les performances des animaux et des végétaux – dans leur incroyable diversité, leur admirable adaptation à leur environnement local – n'ont-elles pas été peaufinées par 3,5 milliards d'années de R&D?



Echantillon du pavillon de bois qui sera présenté à Biomim'expo, le 23 octobre. A droite, les détails d'une feuille et d'un corail.

A. MAZURKEVICH/M. HENRY/IN SITU ARCHITECTURE / LABORATOIRE RDP/ECHOES.PARIS/SUPERCUBE

« Les structures maillées polygonales ont été analysées en physique des matériaux », explique Nicolas Vernoux-Thélot. Verdict : elles donnent, avec le minimum de matière, une résistance similaire, voire supérieure, à celle d'un matériau plein. Dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, le mathématicien russe Gueorgui Voronoï a formalisé ces structures. Depuis les années 1980, les structures en nid-d'abeilles sont utilisées dans l'industrie et dans les travaux publics, pour renforcer la résistance des matériaux, tout en garantissant une légèreté maximale. Mais, jusqu'ici, ce type de structure n'avait guère été envisagé dans la conception même d'un bâtiment. Pour concevoir le pavillon éphémère, deux algorithmes ont été couplés : l'un dérive du modèle de Voronoï, l'autre est utilisé pour optimiser les agencements topologiques dans l'industrie automobile et aéronautique. « Voronoï a révélé l'importance des irrégularités : dans ces réseaux d'hexagones et de pentagones, elles limitent la propagation d'une fissure, ce qui renforce leur résistance mécanique. »

Par rapport au mode de construction standard actuel en bois, cette structure polygonale « peut

représenter une économie de matériau de plus de 50 % ». Autre atout du pavillon : « Il a été assemblé avec des bois qui peuvent être issus de la filière du recyclage. » Une prouesse permise par l'arrivée d'outils numériques ultraperformants : des fraiseuses numériques à cinq axes pour le débitage du bois. Elles permettent de « découper des pièces uniques, aussi rapidement et au même coût que s'il s'agissait de pièces standardisées ». Résistante et légère, cette structure polygonale est « particulièrement intéressante pour les opérations de surélévation de bâtiment », souligne Nicolas Vernoux-Thélot.

## Outil biomimétique

Les deux frères ont aussi d'autres réalisations à leur actif. Comme la création d'un algorithme imitant le développement en spirale des organes – feuilles ou fleurs – des plantes, pour optimiser la disposition des bâtiments sur une parcelle, en vue de capter le maximum de lumière solaire. « L'utilisation de cet outil biomimétique pourrait réduire de 40% à 50% le coût du chauffage », indique Nicolas Vernoux-Thélot.

Avec le véritable biomimétisme, l'idée est bien de répondre à des

enjeux de développement durable. Bien au-delà de la simple analogie formelle, de la seule visée esthétique ou du greenwashing (« blanchiment écologique ») qui n'épargne pas le monde de l'architecture.

« La première étape du biomimétisme, en architecture, consiste à s'inspirer d'une fonction du vivant pour répondre à une grande problématique de la construction : ventilation, allègement des structures, optimisation de la matière, gestion de l'énergie... » explique Estelle Cruz, architecte et ingénieure au Ceebios (réseau national de compétences en biomimétisme). Aujourd'hui, une nouvelle génération de bâtiments biomimétiques émerge : ils se proposent de remplir un maximum de fonctions en imitant le fonctionnement de tout un écosystème. L'enjeu est d'intégrer divers « services écosystémiques » : purification de l'air ou de l'eau, limitation de l'érosion des sols, production de biomasse, stockage du carbone, optimisation énergétique... Un cercle vertueux, en somme, vers une empreinte positive de l'habitat. Mais patience : le concept émerge tout juste. ■

FLORENCE ROSIER

# L'Etna s'effondre peu à peu sous son poids

**VULCANOLOGIE** - L'écroulement d'un flanc du volcan sicilien engendrerait un énorme tsunami

L'Etna, le volcan le plus actif d'Europe, glisse lentement et inévitablement dans la mer Méditerranée. Ce mouvement, les vulcanologues l'observent depuis des décennies, mais une nouvelle étude, publiée le 10 octobre dans la revue *Science Advances*, révèle que ce phénomène pourrait être beaucoup plus massif que ce que les scientifiques pensaient jusqu'à aujourd'hui.

Une équipe de chercheurs de l'institut océanographique Geomar, situé à Kiel, en Allemagne, s'est intéressée au déplacement du flanc sud-est du volcan sicilien. Les scientifiques ont utilisé une nouvelle technique de surveillance, appelée « géodésie marine ». Pour déterminer la stabilité des flancs du volcan, ils ont placé des capteurs acoustiques le long des pentes immergées. Durant quinze mois, chaque capteur a envoyé un signal sonore toutes les quatre-vingt-

dix minutes, permettant de mesurer les distances de déplacement. « Ces capteurs ont permis pour la première fois d'enregistrer des glissements dus au volcan jusqu'à quelques centaines de kilomètres de la zone magmatique », explique Morelia Urlaub, chercheuse au Geomar et premier auteur de l'article. Chaque année, le flanc sud-est de l'Etna s'enfoncerait ainsi de 3 centimètres dans la Méditerranée.

**Effondrement catastrophique** « Cette étude est importante, car elle nous permet d'avoir pour la première fois des informations sur la partie immergée du volcan », souligne Mathieu Gouhier, volcanologue et physicien à l'Observatoire de physique du globe de Clermont-Ferrand. Cette nouvelle source de données a permis de déterminer la cause du mouvement du volcan, qui serait dû à la gravité. « Nous pensions que ce mouvement venait

de la pression magmatique, précise Morelia Urlaub. Le fait qu'on enregistre des déplacements aussi loin prouve que le glissement est causé par le poids du volcan. »

Comprendre les causes du glissement est crucial pour l'évaluation du risque posé par le volcan situé entre deux villes densément peuplées, Messine et Catane. « Les mouvements causés par le magma et les mouvements dus à la gravité ont des conséquences fondamentalement différentes, expliquent les chercheurs dans leur étude. Alors que la dynamique du magma peut provoquer des ruptures de pente sur les flancs du volcan, une déformation gravitationnelle progressive et profonde peut entraîner un effondrement catastrophique. »

« Si une partie du volcan venait à s'effondrer, alerte Mathieu Gouhier, il y aurait suffisamment de matière pour provoquer un tsunami dans tout l'Est de la Méditer-

ranée. » Un scénario catastrophe qui s'est déjà produit il y a 8000 ans. Une étude de 2007 publiée dans la revue scientifique *Geophysical Research Letters* a démontré que le flanc est du volcan se serait effondré, provoquant un tsunami qui se serait propagé jusqu'aux côtes de l'actuel Israël.

L'Etna risque-t-il de s'effondrer dans les prochaines années? « C'est impossible de savoir, répond Morelia Urlaub. Il n'y a pas de signes de danger immédiats. Les effondrements sont fréquents dans le cycle de vie d'un volcan, mais il faut garder en tête que nous parlons d'une échelle de temps géologique. » Agé de 500000 ans, l'Etna fait l'objet d'une surveillance intensive de la part des scientifiques. Dans le cas d'un effondrement de grande ampleur, les chercheurs estiment pouvoir donner l'alerte plusieurs mois en amont. ■

CLÉMENTINE THIBERGE

## TÉLESCOPE

### ASTRONOMIE

#### Les télescopes spatiaux Hubble et Chandra en difficulté

Coup sur coup, deux des principaux télescopes spatiaux viennent d'être victimes de défaillances. Vendredi 5 octobre, Hubble (fruit d'une collaboration NASA-ESA) s'est placé en mode de sauvegarde après la perte d'un de ses gyroscopes, appareils qui lui permettent de contrôler son orientation. Seuls deux de ses six gyroscopes fonctionnent encore parfaitement à l'heure actuelle, alors que trois sont nécessaires pour une opération optimale. Hubble peut néanmoins continuer à réaliser des observations avec un seul gyroscope. Le 10 octobre, le télescope Chandra de la NASA, qui observe le ciel dans le spectre des rayons X, s'est lui aussi mis en mode de sauvegarde pour une raison encore indéterminée. Ces pannes ne témoignent pas d'un problème structurel dans le spatial : Hubble (lancé en 1990) et Chandra (1999) ont depuis longtemps dépassé la durée de vie pour laquelle ils avaient été conçus.

### ZOOLOGIE

#### Le silence des abeilles pendant l'éclipse

Que font les animaux pendant les éclipses solaires? Cette question « lancinante », étudiée chez quelques mammifères, restait un mystère concernant les insectes. Un projet de science participative, conduit par l'université du Missouri, lors de la dernière éclipse totale, aux Etats-Unis, le 21 août 2017, vient de conclure que les abeilles... se taisent. Plus précisément, elles demeurent actives pendant l'éclipse partielle mais cessent brutalement tout mouvement, et donc tout bourdonnement, lorsque le soleil disparaît complètement. C'est donc bien l'intensité lumineuse, et non l'heure du jour ou de la nuit, qui guide leur activité. Pour conduire ce projet, quatre cents amateurs, dont des élèves d'écoles élémentaires, se sont vu confier des microphones miniatures qu'ils ont placés dans les zones habituelles de pollinisation.

> Galen et al, « *Annales de la société entomologique américaine* », 10 octobre

### ARCHÉOLOGIE

#### Etrange rituel funéraire dans un cimetière romain



Depuis plus de trente ans, des fouilles sont en cours à Lugnano (60 km au nord de Rome), sur un site daté du V<sup>e</sup> siècle après J.-C, baptisé « le cimetière des enfants ». Les restes d'une cinquantaine de bambins y ont en effet été mis au jour, probablement morts lors d'une épidémie de paludisme – des analyses ADN sur plusieurs ossements ont révélé la présence du parasite qui en est responsable. David Soren (université d'Arizona), qui dirige les fouilles, et ses collègues ont découvert dans les tombes divers ossements de crapaud, de corbeau ou encore de chiots démembrés, probablement destinés à conjurer la maladie. Ils viennent de découvrir la dépouille d'un enfant de 10 ans avec une pierre insérée dans la bouche. Des exemples de pratiques similaires ont été rapportés à Venise (XVI<sup>e</sup> siècle) ou en Angleterre (IV<sup>e</sup> siècle), et les chercheurs font l'hypothèse qu'elles avaient pour fonction d'empêcher les morts de se relever et de revenir répandre la maladie parmi les vivants. (PHOTO: DAVID PICKEL/STANFORD UNIVERSITY)

# 9,8

C'est le pourcentage d'adultes de 18 à 75 ans ayant vécu un épisode dépressif dans les douze mois précédents, selon les résultats du Baromètre santé 2017 (BEH du 16 octobre). Cette enquête nationale, déjà menée en 2005 et 2010, a été réalisée en 2017, auprès d'un échantillon de plus de 25000 personnes, interrogées par téléphone. La proportion d'individus concernés par la dépression a augmenté de 1,8 point entre 2010 et 2017. Les taux de prévalence les plus élevés sont observés chez les femmes – notamment la tranche d'âge 35-44 ans –, les moins de 45 ans, les chômeurs et autres inactifs, les personnes veuves ou divorcées et celles déclarant de faibles revenus.