



Termitière cathédrale au Mali
© IRD/Joseph Laure

Par Maximilien Quivrin

Un exemple d'architecture inspirée des termites

Le biomimétisme s'inspire de la biologie et du comportement des organismes vivants pour apporter à l'homme des solutions avantageuses en termes de technologie, de confort, d'économie et d'esthétique. Architectes, designers ou ingénieurs industriels se sont déjà engagés dans cette « science du naturel », renouant ainsi avec une connaissance instinctive des lois de la physique et des pratiques ancestrales dont on redécouvre aujourd'hui la pertinence et l'efficacité. Les insectes sociaux, les termites en particulier dont on admire depuis toujours le sens architectural, ne sont pas en reste parmi les modèles du biomimétisme comme le montre cet exemple.

La réalisation de constructions collectives est une des caractéristiques dominantes des insectes sociaux. Les matériaux utilisés sont la terre, le bois, les fragments végétaux liés par des sécrétions (cire, salive, soie), des poils, des soies, des réjections ou des déjections des bâtisseurs. Ces insectes n'utilisent ni ne façonnent des outils ; pourtant leurs nids sont

d'une incroyable diversité : « maisons » de carton, de terre, labyrinthes de bois ou pavillons de cire. Forts d'une expérience millénaire, ils ont exploré les lois de la géométrie, de la physique et de la chimie, amenant leurs réalisations vers la quasi-perfection technologique et architecturale.

Dans ce domaine, les termites africains du genre *Macrotermes* of-

frent un exemple particulièrement intéressant d'architecture à travers la structure de leurs imposantes termitières cathédrales dont la cheminée centrale peut atteindre 8 m de hauteur.

Ces termites sont des agriculteurs : le bois et les fragments végétaux qu'ils rapportent au nid sont transformés sous l'action de la salive et des mandibules en une pâte sur laquelle se développe un champignon qui constitue la véritable nourriture de ces insectes. Cette culture prend la forme d'un labyrinthe duveteux, la « meule », qui constitue le cœur de la termitière. La symbiose entre les termites et ce champignon est si poussée qu'aucun des deux partenaires ne peut survivre sans l'autre. On comprend donc que les termites soignent leurs cultures avec une at-



Queen's building, De Montford University, Leicester - Cliché Steve Cadman

tention toute particulière, renouvelant sans cesse le substrat nutritif et éliminant sans pitié les parasites et les organismes pathogènes qui pourraient mettre en péril leur précieux champignon.

Toutefois, le champignon symbiotique ne se développe correctement que si la température est de 27°C. Un écart thermique trop important et c'est la mort du champignon et de la colonie toute entière. La survie des termites repose donc entièrement sur la thermorégulation de la termitière.

Comment contrôler un facteur aussi implacable que la température ? Comment assurer le refroidissement du nid pendant la journée et conserver la chaleur la nuit sous des climats où les amplitudes thermiques peuvent être très importantes ? Ce tour de force a suscité l'intérêt des entomologistes qui ont cherché à percer le mystère de la climatisation des termites.

En injectant du plâtre dans les galeries d'une termitière cathédrale, puis en numérisant couche par couche la structure, les chercheurs ont réussi à reconstituer en trois dimensions le réseau de galeries du nid et à comprendre comment la structure interne de la termitière assure la thermorégulation.

Le secret de cette climatisation réside dans la haute cheminée centrale qui surplombe le nid : l'air chaud à l'intérieur du nid s'élève vers le sommet de la termitière puis est évacué par la cheminée. Ce phénomène entraîne un courant d'air dans les parties inférieures du nid : l'air est aspiré par de nombreuses petites ouvertures situées au niveau du sol et circule sous terre où il est rafraîchi au contact de puits très profonds (de 15 à 20 m en général, parfois jusqu'à 70 m) que les ouvriers creusent pour atteindre la nappe phréatique.

Cet air frais circule au cœur de la termitière, rafraîchissant la meule avant de se réchauffer et d'être à son tour évacué par la cheminée. Les termites peuvent réguler très précisément le flux d'air en obturant certaines galeries et ainsi s'adapter aux changements de température au cours de la journée. La nuit, les termites interrompent le flux d'air en bouchant les ouvertures pour préserver la chaleur emmagasinée par les parois de la termitière.

Ce système de climatisation passive, c'est-à-dire une ventilation basée sur les mouvements d'air provoqués par des différences de température,

Le « merveilleux instinct » de l'Abeille domestique

La géométrie de l'Abeille domestique fut la première à être louée pour son ingéniosité : la cellule hexagonale de sa ruche ne se contente pas de contenir plus de miel qu'une cellule triangulaire ou carrée, elle se renforce au contact des alvéoles voisines. Darwin voyait dans cette architecture « l'œuvre de l'un des instincts les plus merveilleux qui soient » et la considérait comme le moyen le plus parfait d'économiser le travail et la cire. Aujourd'hui, des composants technologiques en « nid d'abeille » sont utilisés partout où l'impératif de solidité doit s'allier à la légèreté du matériau : avions, bateaux, trains, voitures, satellites, conteneurs, portes et panneaux, équipements de protection, etc.



Cellules hexagonales d'une ruche et en bas structure métallique « en nid d'abeille »
Cliché du haut H. Guyot

DR

a beaucoup intéressé les architectes qui ont imaginé des constructions reproduisant le schéma de ventilation de la termitière.

Le bâtiment le plus célèbre de ce genre est l'*Eastgate Building* construit en 1996 par l'architecte américain Mike Pearce à Harare au Zimbabwe. Cette construction imposante abrite 31 000 m² de bureaux et de commerces et réalise grâce à son architecture inspirée des termites jusqu'à 90 % d'économie d'énergie par rapport à un immeuble similaire équipé de climatiseurs électriques. La température à l'intérieur de l'immeuble est constamment de 25°C.

Le gain en énergie est considérable pour un pays où la température

diurne atteint fréquemment les 35°C et les bénéfices économique et écologique sont également très appréciables, d'autant que ce bâtiment a été construit avec les mêmes matériaux qu'un immeuble classique et pour un coût identique. La climatisation passive du bâtiment est assurée par 48 cheminées installées sur le toit et par un vaste espace central garni de bassins et de fontaines qui fait circuler et qui rafraîchit l'air, qui sert aussi de lieu de détente.

Dans un contexte de réchauffement climatique global, la solution apportée par les termites est à même d'intéresser bon nombre de décideurs et déjà plusieurs bâtiments réalisés selon le même modèle ont vu le jour, comme le *Queen's Building* de l'université de Leicester ou le centre des impôts de Nottingham.

La prochaine innovation majeure en matière de construction pourrait également venir des termites : les chercheurs étudient en effet la composition et les propriétés du revêtement de la termitière qui possède des propriétés de résistance



À l'intérieur de leur nid, les termites de la famille des *Macrotermitinés*, cultivent des champignons de grande taille, des *Termitomyces*, qui leur confèrent des capacités digestives exceptionnelles.

©IRD/ Corinne Rouland-Lefevre

étonnantes pour un matériau élaboré à température ambiante. Ce véritable « béton organique » est élaboré par les termites qui mélangent la terre à leurs déjections, y introduisant ainsi des sucres non dégradés dont le rôle de cohésion entre les minéraux semble être

Termites

Les Termites sont des insectes eusociaux appartenant à l'ordre des *Blattodea* - famille des *Termitidés* (anciennement *Isoptères*). Ils vivent en colonies mixtes (autant de mâles que de femelles) divisées en castes distinguant notamment reproducteurs des stériles et les ouvriers des soldats. Improprement appelés « fourmis blanches », les termites sont proches des blattes et des mantes dont ils se sont différenciés il y a plus de 180 millions d'années en adoptant un mode de vie social.

Il existe environ 3 000 espèces de termites réparties en 281 genres, mais on estime que seules 185 espèces sont nuisibles aux activités humaines.

Les *Macrotermes* appartiennent à la sous-famille des *Macrotermitinés*. Ils peuplent le continent africain et le Sud-est de l'Asie. Leur impact écologique est très important car ils participent au recyclage du bois, à l'aération et la fertilisation des sols. Se nourrissant de matières végétales, ils peuvent néanmoins nuire aux cultures locales. Ces termites bâtisseurs de nids-cathédrales sont particulièrement bien représentés en Afrique de l'Est, où leur biomasse excède souvent celles des mammifères. La reine, chez les *Macrotermes*, pond jusqu'à 30 000 œufs par jour, ce qui représente une descendance de plus de 100 millions d'individus au cours de ses 10 années de vie.

prépondérant. On devrait bientôt aboutir à la mise au point d'un ciment organo-minéral très résistant, biodégradable et élaboré à partir de résidus végétaux. ■