

Image en fausses couleurs d'une termitière arboricole de *Nasutitermes* sp (Côte d'Ivoire) en matériau stercoral (excréments). À droite, aspect extérieur de la même termitière.

Par **Éric Darrouzet** Les clichés sont de l'auteur

L'étude des nids d'insectes

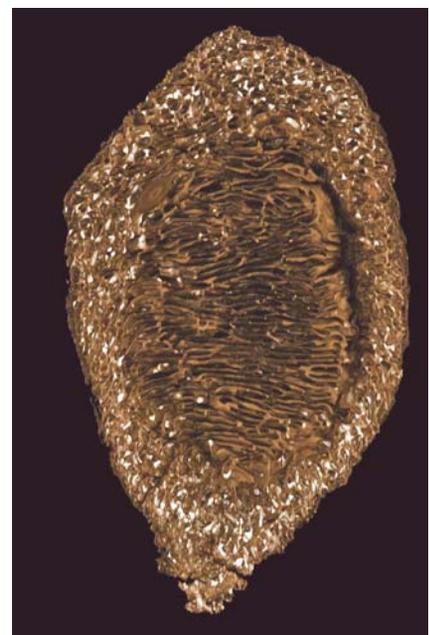
par tomographie à rayons X

Les insectes sociaux tels que les termites, les guêpes, les bourdons, les abeilles et les fourmis construisent des nids présentant une grande variété de forme, de structure, de taille et de matériaux utilisés. Une méthode d'imagerie médicale permet désormais aux chercheurs d'en découvrir l'architecture et la vie intérieure, souvent complexes, sans les altérer.

Les insectes eusociaux¹ construisent des nids, fruits d'une activité collective et de comportements particuliers. On connaît les termitières des termites, les fourmilières des fourmis et les nids des guêpes et des abeilles sociales. Leur taille, leur architecture, leur organisation, leur climatisation et la façon dont des insectes au tout petit cerveau parviennent à les réaliser nous étonnent et nous fascinent. Ces divers nids, aériens, souterrains ou creusés dans un matériau intéressent non seulement l'entomologiste, mais aussi le théoricien de l'intelligence artificielle, l'architecte, le plasticien... Le dessin de nids entiers ou de coupes a longtemps été la seule façon de rendre compte de la mor-

phologie et de l'organisation interne d'un nid. Les nids aériens – de guêpes par exemple – se laissent facilement observer et leur construction a été décrite depuis longtemps². Voir à l'intérieur d'une termitière cathédrale ou d'une fourmilière impose de les démolir. Deux techniques anciennes, la coupe sériée et le moulage, permettent d'obtenir le « plan » du nid, mais entraînent son sacrifice. La première, familière des histologistes et des anatomistes, consiste à débiter l'objet en tranches, à dessiner sur un support transparent chaque section puis à superposer (exactement dans l'ordre) les dessins des coupes (en intercalant des cales de hauteur correspondant à l'épaisseur de la tranche).

Un dessin est enfin réalisé. Le procédé est très laborieux. Le second procédé consiste à couler un liquide qui se fige (plâtre, résine, métal en fusion) dans certaines fourmilières souterraines ; un moulage des cavités est ainsi obtenu, que l'on récupère en enlevant la terre autour. La tomographie à rayons X, technique couramment utilisée en ima-



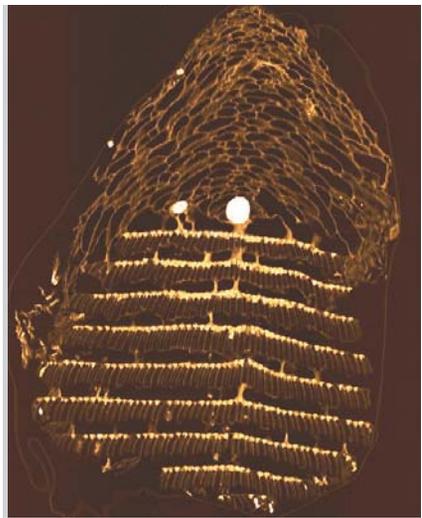
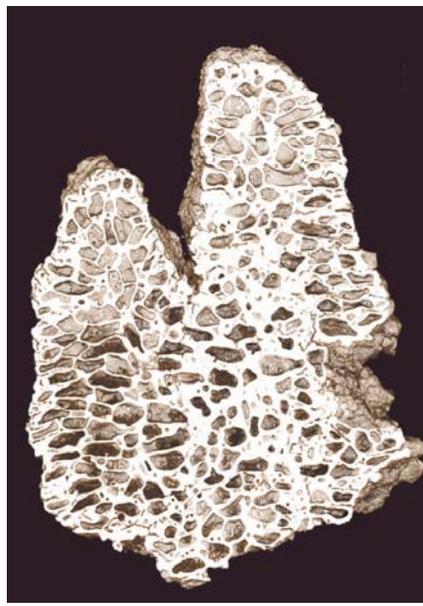
Autre vue en coupe de termitière arboricole de *Nasutitermes* sp.

¹ Chez qui la coopération s'étend aux soins aux jeunes et qui montrent une spécialisation des tâches entre individus stériles et individus reproducteurs – avec chevauchement des générations au sein de la colonie.

² Par exemple, par Réaumur dans son *Mémoire pour servir à l'histoire des insectes* (1734-1742).



À gauche, termitière de *Procubitermes sjostedti* (Côte d'Ivoire) construite à la surface du sol. Elle est constituée de terre liée avec de la salive. À droite, son image en coupe.



Vue en coupe d'un nid du Frelon asiatique *Vespa velutina* (France). Ce nid ayant été élaboré au sommet d'un arbre était soumis aux intempéries. Pour protéger le couvain, les ouvrières ont coiffé le nid d'une structure de protection dépourvue d'alvéoles.

gerie médicale (tomodensitométrie alias CT scan) comme dans l'industrie depuis quelques années, a permis de lever ces difficultés et constitue un fantastique outil pour visualiser et caractériser ces constructions complexes (pour peu qu'elles soient amovibles et transportables au laboratoire).

Les rayons X traversent, s'ils sont bien dosés³, les corps et les matériaux sans les altérer. La tomographie est une technique de restitution d'un objet réel tridimensionnel par l'intégration d'images en coupe (l'ordinateur prend la place du dessinateur de transparents empilés évoqué ci-dessus). Des capteurs mesurent l'atténuation subie par un

³ Les rayons X servent à détecter les insectes cléptrophages dans les graines (radiographie) et, à plus forte dose, à désinsectiser les denrées.

Insectes constructeurs

Les insectes sont de grands constructeurs, leurs réalisations sont de taille, d'allure et d'ambition très diverses ; Les termitières-cathédrales sont à l'échelle du paysage et leurs bâtisseurs des ingénieurs de la nature très importants. On peut avoir une fourmière fonctionnelle chez soi, d'autres s'étendent (discrètement) sur des centaines de kilomètres. Les nids de guêpes et de frelons, aériens, sont familiers - mais inquiétant ; la ruche, construction aménagée par l'homme, fait de l'Abeille domestique un animal de rente. Chez les espèces subsociales, l'aménagement collectif du cadavre d'un rongeur par des *Nicrophorus* (Coléoptères) est déjà une construction, de même que les nids de la Processionnaire du pin ou des hyponomeutes (Lépidoptères). Des solitaires construisent leur abri, leur piège : la larve de phrygane (Trichoptère) son fourreau, l'Attélabé (Coléoptère) son cigare, celle de fourmilion (Neuroptère) son entonnoir... Protection (contre les intempéries comme contre les prédateurs), acquisition de nourriture, attraction d'un partenaire sexuel, soins aux jeunes et fonctionnement de la société sont les « buts » de ces constructions.

faisceau de rayons X qui traversent l'objet étudié. Le niveau de l'atténuation traduit la densité de la matière. Les données sont transmises à un ordinateur qui calcule et délivre une image numérique en niveaux de gris ou en fausses couleurs. Des logiciels annexes calculent tous les paramètres souhaités de l'objet numérisé : volumes, angles, longueurs... Les applications de cette technique dans l'étude des architectures d'insectes sont nombreuses.

Les vues obtenues de l'intérieur de termitières, de nids de guêpes ou de frelons, sont tout à fait exceptionnelles et novatrices⁴.

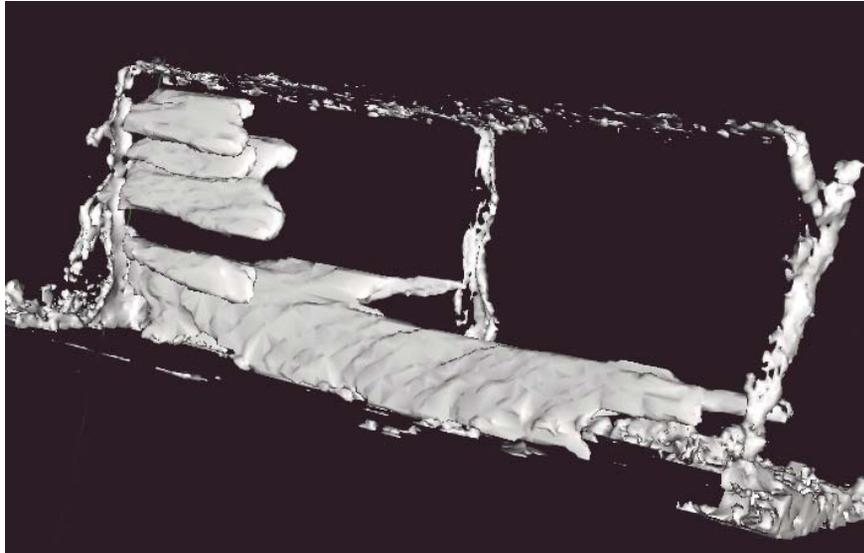
Indéniablement esthétiques, ces images sont surtout d'un grand intérêt scientifique. Plusieurs équipes d'entomologistes les recueillent et les analysent.

Une équipe de l'université Paul-Sabatier de Toulouse a, grâce à cette technique, pu localiser les chambres et les tunnels de termitières élaborées par des *Cubitermes sp.*, afin d'en réaliser une cartographie. Cette étude a permis de montrer la faible connectivité des chambres périphériques, puis les implications théoriques pour la défense de la colonie contre un envahisseur et l'organisation des déplacements des individus dans le nid. Cette description pourrait conduire à des études compara-

⁴ Certaines de ses images et vidéos ont été présentées à l'exposition « Les insectes bâtisseurs » : <http://irbi.univ-tours.fr/expoWeb/ExpoInsectesBatisseurs.htm>



Un nid de Frelon asiatique en cours d'analyse dans le scanner du centre de Neuroradiologie du CHRU de Tours.



Restitution tridimensionnelle des loges creusées dans une pièce de bois et des galeries latérales élaborées par des ouvriers *Reticulitermes grassei* (France).

tives de nids de différentes espèces ou de nids élaborés sous différentes conditions environnementales. À l'université de Tours, en collaboration avec le service de Neuroradiologie du CHRU, nous étudions deux espèces de termites vivant en France, *Reticulitermes grassei* et *R. santonensis*. Ces espèces creusent des galeries souterraines mais aussi des chambres dans le bois qu'elles consomment. La tomographie à rayons X a permis de réaliser une étude comparative, sur des colonies vivantes, de la dynamique de creusement des chambres dans le bois (forme, taille, disposition dans l'espace, etc.) et du comportement de construction (élaboration de structures en terre dans les loges). Pendant plus d'un an, les colonies ont été analysées régulièrement, ce qui a permis de mettre en évidence une différence entre les deux espèces dans les quantités de bois consommé et les stratégies spatiales de consumma-

tion. Ces résultats apportent des informations clés sur le comportement et les stratégies de consommation des ouvriers chez ces espèces.

La tomographie à rayons X est un outil extraordinaire pour mieux appréhender les structures élaborées

par les animaux et suivre toutes sortes de comportements cachés : ceux de construction des insectes sociaux comme ceux de creusement des insectes xylophages⁵, par exemple. ■

⁵ Qu'on ne peut guère suivre, sinon, que par actographie. À (re)lire : « Quelques expériences d'actographie » (par A. Fraval), *Insectes* n° 119, 2000(4), en ligne à www.inra.fr/opie-insectes/pdf/i119fraval.pdf

Pour en savoir plus

• *Constructions animales*, par Bruno Corbara. Delachaux et Niestlé, 2005, 255 p.

Éric Darrouzet, chercheur à l'IRBI, a réalisé l'exposition *Les insectes bâtisseurs* actuellement visible au musée de Tours.

Université de Tours, IRBI, Parc de Grandmont, 37200 Tours
eric.darrouzet@univ-tours.fr

Les nids d'insectes eusociaux dans *Insectes*

- Les fourmières citadelles - sculptures scientifiques de Walter Schinkel, par Claire Minost - n°122, 2001(3)
 - Les nids d'Hyménoptères de la collection historique du Muséum national d'histoire naturelle, par Joseph Jacquin-Porretaz et Claire Villemant - n° 135, 2004(4)
 - Les nids de guêpes solitaires et sociales, par Claire Villemant - n°136, 2005(1)
 - Les nids d'abeilles solitaires et sociales – 2^e partie, par Claire Villemant - n° 137, 2005(2)
 - Les pièges des fourmis *Allomerus*, par Bruno Corbara - n°138, 2005(3)
 - Des nids de guêpes géants aux États-Unis, par Éric Darrouzet, Claire Villemant et Charles Ray - n°145, 2007(2)
 - Un exemple d'architecture inspirée des termites, par Maximilien Quivrin - n°148, 2008(2)
- Tous ces articles sont (ou seront) en ligne à www.inra.fr/opie-insectes/ji-sommaire.htm

