

ARCHITECTES DU MONDE ANIMAL

VINCENT ALBOUY
ERIC DARROUZET



éditions
Quæ





Vincent Albouy
Éric Darrouzet

ARCHITECTES DU MONDE ANIMAL

Éditions Quæ

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles cedex
www.quae.com

© Éditions Quæ, 2020
ISBN (papier): 978-2-7592-3215-4
ISBN (PDF) : 978-2-7592-3216-1
ISBN (ePub) : 978-2-7592-3217-8

Le code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction même partielle du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

AVANT-PROPOS

Les constructions animales, structures très diverses apparues sous la pression de la sélection naturelle pour faciliter la survie des individus ou des groupes, concernent aussi bien des espèces dites primitives, comme les vers ou les coraux, que les vertébrés les plus évolués. Mais les plus « primitifs » selon nos critères ne sont pas forcément les moins doués !

Ces constructions expriment toute l'inventivité et la beauté du vivant. Ce livre souhaite embrasser l'ensemble du sujet, en prenant des exemples dans tous les groupes animaux comme dans tous les grands types de constructions. Ces dernières sont extrêmement variées, dans leurs formes, dans leur composition et dans leurs fonctions. Rien n'est gratuit dans la nature. Toute construction possède une ou plusieurs fonctions précises, répondant à un ou des besoins particuliers. Les animaux cherchent à pourvoir à ces besoins en économisant — autant que faire se peut — matériaux, temps et efforts. C'est pourquoi l'on trouve aussi bien des bâtisseurs se contentant d'une structure très simple que de véritables architectes suscitant notre admiration.

Alors que nous, les humains, qualifions de « beaux » certains de leurs ouvrages sur la base de critères très subjectifs, les animaux visent la fonctionnalité. Par exemple, certains oiseaux mâles bâtissent des structures colorées qui font penser à de véritables œuvres d'art. Mais le but de ces constructions, en fait, est simplement d'attirer une femelle pour se reproduire. À l'aune de la sélection naturelle, ces ouvrages n'ont à remplir qu'un critère objectif, répondre aux besoins de leurs bâtisseurs.

Au fil des chapitres thématiques, illustrés de photos souvent spectaculaires, vous découvrirez, entre autres, comment et dans quel but ces structures sont construites, la mise en œuvre des matériaux et les compétences des animaux, la coordination des actions pour les œuvres collectives. Des encadrés mettent en valeur une espèce particulière, une anecdote curieuse, ou bien rapprochent des réalisations apparemment très différentes, mais similaires dans la fonction ou les matériaux employés. Notre propos est de replacer la performance de construction dans son contexte, c'est-à-dire d'expliquer les besoins et les contraintes qui ont déterminé son apparition et sa forme actuelle.

La vie est foisonnante, et les constructions animales innombrables. Ce livre n'a pas vocation à l'exhaustivité, mais il se veut un aperçu du talent extraordinaire des animaux bâtisseurs. À l'heure où l'humanité prend de plus en plus conscience du déclin effroyable de la biodiversité et de la disparition journalière de tant d'espèces, nos générations futures risquent malheureusement de ne pouvoir s'émerveiller devant certaines de ces œuvres surprenantes réalisées par d'autres que nous. Nous aurons atteint notre but si, au-delà des informations qu'il apporte, notre ouvrage donne envie aux lecteurs de mieux connaître ces espèces et ainsi de mieux protéger ce monde fabuleux, mais vulnérable, qui nous entoure.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	3
DES CONSTRUCTIONS INDIVIDUELLES	6
Les coquillages font le gros dos	8
Une renaissance organisée	14
Fourreaux exigés chez les psychés !	18
L'épopée des polychètes	22
Coraux, quand l'union fait la masse	26
Arthropodes terrassiers ou mineurs	32
Vu sur la toile...	36
DES ABRIS FAMILIAUX	40
Sous les écorces, des graffitis !	42
Le repos du terrier	46
Des oiseaux terre à terre ?	52
Robustes et douillets cocons d'araignées	56
Atelier pliage !	62
Des blancs en neige chez les anoues	66
Plateformes à tous les étages	70
La coupe est pleine !	74
Avoir un toit sur la tête	78
Construire sur l'eau	82
Des potiers perchés	86
Des goûts et des couleurs...	90
La couveuse des mégapodes	94

DES CONSTRUCTIONS COLLECTIVES 98

Les secrets des nids d'abeille	100
Dans les (petits) papiers des guêpes	104
Le castor, architecte paysagiste	108
Des cathédrales de terre	112
Une cité sous dôme	118
Pour vivre heureux, vivre cachés	122
Vivre dans la soie, un comble de chenille !	126
Des hyménoptères aux talents de couturiers	130
Des vies entières dans les arbres	134
Plus forts ensemble	138

CRÉDITS ICONOGRAPHIQUES 142



A close-up photograph of a plant stem. The stem is covered in a fuzzy, purple-brown sheath. Several sharp, yellowish-green spines protrude from the stem. The background is dark green.

DES CONSTRUCTIONS INDIVIDUELLES



LES COQUILLAGES FONT LE GROS DOS

Si, de tout temps, les coquilles de mollusques ont eu de nombreux usages utilitaires (cuiller, instrument de musique, matériau pour tailler des boutons...), leur esthétique leur a souvent donné une valeur précieuse. La république de Venise n'a-t-elle pas offert à François I^{er} deux somptueuses coquilles de bénitier, qui ornent encore aujourd'hui l'église Saint-Sulpice à Paris ? Et l'une des plus anciennes parures humaines, mise au jour en Israël sur un site datant de 100 000 ans avant notre ère, était composée de coquillages percés, peut-être portés en collier, ou bien cousus sur les vêtements.

Page de gauche
Jeu de lumière sur la nacre
d'une coquille d'ormeau.

UN BOUCLIER DE PROTECTION

Comment s'explique ce prestige dans quasi toutes les civilisations humaines, même celles éloignées des côtes ? D'abord par la beauté de la nacre, qui a séduit les hommes dès la Préhistoire. Ensuite par la durabilité de ce matériau, permettant de thésauriser des bijoux, des objets de luxe ou des coquilles servant de monnaie. Enfin par l'immense variété des formes, des textures, des couleurs et des tailles. Encore aujourd'hui, les coquillages comptent parmi les objets d'origine naturelle les plus collectionnés au monde.

Mais la finalité de ces coquilles, pour les mollusques qui les sécrètent, est de protéger leur corps mou et vulnérable. Sans squelette interne, incapables pour la plupart de fuir rapidement, ces animaux ont fait de leur coquille un bouclier de défense. La simple odeur d'un prédateur qui s'approche peut stimuler la sécrétion journalière de calcaire pour l'épaissir. Les côtes, les crêtes, les épines, les proéminences diverses renforcent la coquille et la rendent plus difficile à fracturer. Celle-ci sert aussi de camouflage, de squelette externe, en fournissant des points d'attache aux muscles, et de protection contre le dessèchement dans certaines circonstances. Constituée de calcaire, la coquille des mollusques aquatiques ou terrestres connaît deux modèles bien distincts. Chez les gastéropodes comme l'escargot, elle prend la forme d'un cône plus ou moins allongé. Chez les bivalves comme la moule, elle épouse le modelé de la masse viscérale et enferme le corps dans deux valves articulées.



Les cônes sont de redoutables gastéropodes prédateurs, capables de s'attaquer aussi bien à d'autres mollusques qu'à des poissons.

LA RESSOURCE ESSENTIELLE DES COQUILLES

La coquille est fabriquée par le manteau, la partie dorsale du corps des mollusques. Elle ne cesse de s'étendre, au fur et à mesure que le corps lui-même grandit, parfois tout au long de la vie de l'animal. Chez de nombreux gastéropodes tels que l'escargot, la coquille s'enroule généralement en spirale, ce qui diminue son encombrement. La partie la plus ancienne se trouve au sommet, et la partie la plus récente, près de l'ouverture d'où sort l'animal. Celui-ci reste attaché à l'intérieur par son manteau et ses muscles.

Dans la mer, le calcium dissous et le gaz carbonique, matériaux de base pour élaborer une coquille, ne manquent jamais. Par contre, les mollusques terrestres, pour fabriquer leur coquille, ne peuvent s'en procurer que dans leur alimentation, qu'il s'agisse de végétaux chez les espèces herbivores ou de petits animaux chez les espèces carnivores. Cette alimentation est d'autant plus riche en calcaire que le milieu l'est lui-même. C'est pourquoi on observe en général une plus grande richesse en escargots dans les régions calcaires que dans celles où dominent les schistes ou le granit par exemple.

UNE CROISSANCE DISCONTINUE

La croissance de la coquille dépend de la température et des ressources du milieu en calcium. Le phénomène est assez complexe. Une partie des cellules du manteau sécrète une sorte de matrice de mucus, constituée de sucres et de protéines. Pour donner à la coquille sa rigidité, du calcaire (c'est-à-dire du carbonate de calcium sous forme d'aragonite ou de calcite) et, en bien moindre quantité, du carbonate de magnésium, des phosphates et des silicates vont cristalliser dans les vides de cette structure. L'ensemble de la coquille se compose à 90 % ou plus de calcaire et d'autres minéraux.

La sécrétion crée des couches successives, d'aspect lamellaire, qui permettent d'agrandir et d'épaissir la coquille, fabriquée en continu tant que la température et les ressources du milieu restent optimales. Mais ce processus est souvent ralenti ou interrompu par des perturbations extérieures, par exemple lors d'un stress, lorsque la nourriture se fait rare ou lorsqu'il fait trop froid. C'est ainsi qu'apparaissent des stries de croissance, à l'image des anneaux de croissance des troncs d'arbre.



Véritable fossile vivant, le nautilus possède une coquille compartimentée primitive.

UN MATÉRIAU MULTICOUCHE

Des molécules organiques et minérales, mélangées en proportion variable, forment les trois couches successives de la coquille. La couche externe est constituée d'un film corné à base de conchyoline, un complexe de molécules proches de la chitine des crustacés. Dans les deux autres couches se déposent sur ces molécules, grâce à des phénomènes électrochimiques, les sels calcaires extraits de l'eau par des cellules spécialisées du manteau.

La couche interne, la nacre, est composée de plaquettes d'aragonite disposées en couches superposées très minces et noyées dans une couche de conchyoline. Alors que l'extérieur de la coquille est souvent rugueux, voire hérissé d'excroissances diverses, l'intérieur nacré est lisse. La chair molle de l'animal, sans aucun squelette de soutien, en a besoin pour y reposer sans être blessée. La nacre miroite à la lumière, qui est décomposée comme par un prisme. Ce bel aspect irisé a justifié son utilisation en bijouterie ou dans la confection de petits objets de luxe. Bien que les matières plastiques aient aujourd'hui quasiment fait disparaître cet artisanat, des boutons, fabriqués par millions il y a un siècle seulement, sont encore taillés dans cette matière.

La perle, sous-produit de la coquille

Parfois un corps étranger, grain de sable ou débris quelconque, s'introduit par hasard entre le manteau et la coquille d'un mollusque. La chair meurtrie réagit en sécrétant de la nacre. Couche après couche, une perle va apparaître puis grossir. La plupart, surtout les plus petites, sont irrégulières, reflet de la forme du corps étranger qui a déclenché le processus de sécrétion. Beaucoup de bivalves peuvent produire des perles, mais les plus belles sont l'œuvre des huîtres.

La chance pour qu'une huître européenne produise une belle perle est infime. L'huître perlière la plus renommée, la méléagrine, vit dans les eaux chaudes de la mer Rouge jusqu'au sud du Japon. Ces régions fournissent depuis l'Antiquité la majorité des perles fines des bijoutiers. Même dans ces endroits favorisés, il fallait pêcher en apnée au moins 300 huîtres pour espérer trouver une seule perle vendable. Aujourd'hui, les Japonais ont mis au point une méthode de production de perles à la demande avec des huîtres d'élevage, d'où le terme de « perle de culture ».



Une huître perlière.

LES DÉFAUTS DE LA CUIRASSE

Certaines espèces de mollusques (moules par exemple) restent fixées. Pour celles qui se déplacent dans l'eau, le poids de la coquille n'est pas un problème grâce au fameux principe d'Archimède. Il n'existe pas de bivalves terrestres, mais certains gastéropodes ont conquis avec succès les terres émergées. Les escargots ont conservé leur coquille, qui s'est allégée pour être transportée à la seule force de leurs muscles. On peut d'ailleurs constater que celle-ci est très fine, car elle se brise facilement sous la pression des doigts.

Dans presque toutes les mers, des prédateurs ont évolué pour venir à bout des coquilles les plus coriaces. Les murex bénéficient d'un odorat performant pour repérer les proies vivantes alentour. Ces gastéropodes marins se nourrissent principalement de bivalves, dont ils forent la coquille à l'aide de leur langue râpeuse, la radula, et d'une sécrétion acide qui finit de ramollir la couche calcaire. Un certain nombre de mollusques ne possèdent qu'une coquille résiduelle ou en sont totalement dépourvus, comme les pieuvres, les holothuries ou les

limaces. C'est qu'ils ont acquis d'autres moyens de défense : nuage d'encre masquant une fuite rapide grâce à un « moteur à réaction » chez les pieuvres, sécrétion de substances toxiques chez les holothuries aux somptueuses couleurs d'avertissement, ou peau racornie et mucus répulsif chez les limaces. Ces espèces s'allègent à la fois d'un poids contraignant et d'une sécrétion en continu qui mobilise d'importantes ressources énergétiques.

RECYCLAGE PROFITABLE

Quand un mollusque meurt, ses tissus disparaissent très rapidement mais sa coquille est presque inusable. Les bancs de calcaire constitués de coquilles fossiles en sont la preuve. Ces habitations vacantes attirent des squatteurs, les pagures. Ces crustacés voisins des crabes, dont le représentant le plus commun sur nos côtes est le bernard-l'hermite, font ainsi l'économie d'une carapace protectrice sur leur abdomen, caché dans la coquille. Seuls leur tête et leur thorax sont recouverts d'une couche épaisse et solide de chitine. Leur abdomen long et mince, en spirale, a la même forme que le corps d'un gastéropode extrait de sa coquille : il est préadapté à l'espace courbé qu'il va occuper. Inconvénient du système, les pagures doivent régulièrement abandonner leur coquille pour une plus grande au fur et à mesure de leur croissance.

La coquille du murex présente de nombreuses excroissances pour le protéger des prédateurs.



Le coquillage de tous les records

Il existe une dizaine d'espèces de bénitiers, qui peuplent les côtes et les récifs coralliens de la mer Rouge, d'Asie du Sud, d'Australie et de certaines îles d'Océanie. La plus grande espèce, le bénitier géant (*Tridacna gigas*), peut dépasser 1,40 m de large pour un poids de 250 kg. Comme les huîtres, les bénitiers peuvent produire des perles. Mais elles sont à l'échelle de leur taille, puisque la plus grosse connue pèse plus de 7 kg !

Ces coquillages sont très appréciés des plongeurs, car leur épais manteau de couleur vive, qui dépasse des coquilles entrouvertes, dessine sur les fonds marins de spectaculaires ondulations. Partiellement enterrés à la verticale dans les sédiments, les rochers ou les massifs coralliens, ils maintiennent leur coquille entrouverte pour recevoir la lumière nécessaire aux zooxanthelles présentes dans leurs tissus, avec lesquelles ils vivent en symbiose. Ces algues microscopiques apportent à leurs hôtes des substances nutritives, produites par photosynthèse à partir du gaz carbonique, du phosphore et de l'azote dissous dans l'eau.

Aujourd'hui, les bénitiers sont menacés d'extinction, car leur grand muscle servant à fermer les coquilles, comestible, est très apprécié des gourmets. En Australie, ces coquillages sont élevés pour satisfaire ce marché et diminuer la pression de prélèvement sur les populations sauvages.

Bénitiers encastrés
dans une roche sous-marine.





UNE RENAISSANCE ORGANISÉE

2

Une zygène de la filipendule (*Zygaena filipendulae*) venant d'émerger de son cocon parcheminé.

Nous connaissons tous la soie en tant que tissu raffiné et luxueux. Ce dernier provient du fil sécrété par une chenille pour fabriquer un abri protecteur à la chrysalide, ce stade immobile, donc très vulnérable, qui précède le papillon. Comment les Chinois de l'Antiquité ont-ils eu l'idée de domestiquer le bombyx du mûrier (*Bombyx mori*) pour produire ce tissu ? Dans leur religion primitive, la métamorphose du papillon est apparue comme le modèle d'une nouvelle naissance, du passage d'une vie à une autre. Se vêtir de soie, c'était s'enfermer dans un cocon et donc espérer renaître, comme la chenille, sous une autre forme.

UN MOMENT DÉLICAT

Les papillons appartiennent au groupe des insectes à métamorphose complète. Entre leurs stades larvaires et l'adulte existe un stade intermédiaire : la nymphe, appelée « chrysalide » chez les Lépidoptères. De ce stade immobile émergera le papillon adulte après quelques jours, quelques semaines, quelques mois, voire quelques années pour le grand paon de nuit (*Saturnia pyri*).

Peu avant sa dernière mue, la chenille, parvenue à la fin de son développement larvaire, cesse de manger et se met à la recherche d'un emplacement convenable pour se nymphoser. À l'intérieur de son corps, d'importants changements sont en cours. La chenille choisit au mieux un emplacement où se fixer, abrité autant que possible des dangers contre lesquels elle ne pourrait se défendre, car la chrysalide ne pourra pas bouger. Elle construit son cocon en excréant un fil unique et continu par la bouche, qu'elle accroche le plus souvent à un support (mur, herbe...). Puis elle s'enferme dans un espace un peu plus grand que son corps en décrivant avec sa tête d'amples mouvements en huit.

La solidité du cocon repose sur la composition chimique de la soie — quasiment identique chez tous les insectes et les araignées —, et surtout sur l'épaisseur et la régularité du fil émis, variables selon les espèces et selon les parties du cocon. Fibre naturelle la plus résistante que l'on connaisse, cette substance isole aussi remarquablement contre le froid et le chaud. Un fil de soie est composé principalement de deux protéines : la fibroïne, âme du fil, et la séricine, collante, qui l'enveloppe. Dans nos tissus en soie manufacturés, seule reste la fibroïne, la séricine ayant été éliminée par lavage.

Page de gauche

Vue au microscope électronique d'un détail du cocon du papillon comète de Madagascar (*Argema mittrei*). On peut observer l'enchevêtrement en plusieurs couches du fil unique de soie autour de l'un des nombreux trous destinés à protéger la chrysalide de la noyade lors des fortes pluies quotidiennes.



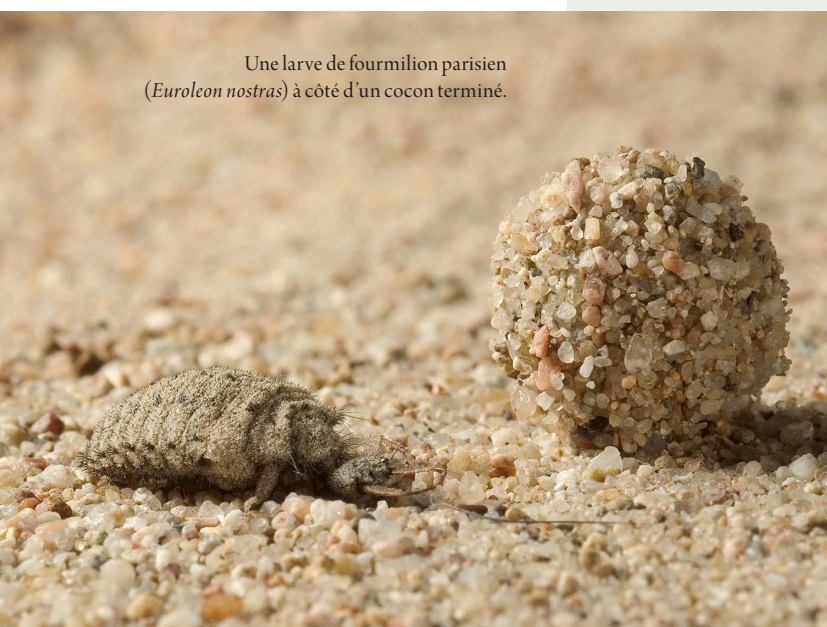


Un papillon comète de Madagascar venant d'émerger de son cocon.

STRATÉGIES MINIMALISTES

Une minorité d'espèces, en particulier les papillons de jour, ne fabriquent pas de cocon pour la chrysalide, qui repose quelquefois sur le sol sans être fixée. Toutefois, celle-ci est généralement attachée à un support par le bout de l'abdomen, soit la tête en bas, soit dressée et maintenue par quelques fils de soie formant ceinture. Ces dispositions visent à faciliter l'émergence du papillon, mais n'assurent aucune protection. Aussi la plupart des chrysalides de papillons de jour arborent-elles des teintes vives, prévenant les prédateurs potentiels qu'elles contiennent des molécules toxiques et sont donc inconsommables. Ou bien elles présentent des formes bizarres leur permettant de se confondre avec leur support.

Les chrysalides des papillons nocturnes, au contraire, se passent de ces artefacts car elles sont presque toujours dissimulées dans un cocon. Celui-ci peut être confectionné et installé à la surface du sol, parmi les débris végétaux ou sous une pierre ou un abri quelconque. De nombreuses espèces construisent leur cocon en hauteur, parmi des rameaux, des feuilles, dans une anfractuosité d'écorce ou de rocher, ou sous la mousse recouvrant un tronc d'arbre. Certaines l'enferment même dans une feuille pliée ou roulée. D'autres le suspendent aux branches de la plante nourricière, où il ressemble à un fruit. Chez d'autres espèces encore, la chenille s'enterre. Elle utilise ses pattes pour s'enfoncer dans le sol, et s'y façonne une cavité qu'elle revêt généralement d'un tissu de soie formant une enveloppe plus ou moins mélangée de terre.



Une larve de fourmilion parisien (*Eurolcon nostras*) à côté d'un cocon terminé.

La sphère du fourmilion

De nombreux insectes filent un cocon pour se protéger au moment de la nymphose, comme les guêpes, les fourmis, les chrysopes, ainsi que leurs cousins les fourmilions. Chez ceux-ci, contrairement aux chenilles, la larve stocke la soie dans son intestin, et les deux derniers segments abdominaux servent de filières.

Au terme de sa croissance, la larve tisse un cocon en deux couches. La couche extérieure est enchâssée de grains de sable et autres matériaux et débris divers ramassés à proximité immédiate. Cette disposition assure un camouflage parfait au cocon, qui se fond dans l'environnement. À l'intérieur se trouve le cocon proprement dit, qui est sphérique. Peu avant l'éclosion, la nymphe peut enfin se mouvoir. Grâce à ses mandibules à bords taillés en scie, elle découpe dans la paroi une rondelle, qui tombe et ouvre le passage au fourmilion adulte.