



Les Amis du Muséum National d'Histoire Naturelle

Publication trimestrielle

N° 211 - Septembre 2002

La nacre, de l'huître ou biomatériau



© Hugel / Pinctada maximo (Pinctada)

Les différentes parties de la coquille sont élaborées par certaines cellules du manteau. Une couche de nacre blanche tapisse l'intérieur des deux valves de la coquille, recouverte, vers l'extérieur, d'une couche de calcite puis du périostacum. Le manteau de l'huître et la coquille délimitent un compartiment liquide, la cavité extrapalléale. Dans le fluide extrapalléale transitent les éléments primordiaux nécessaires à l'élaboration de la coquille, ions et composants organiques.

La nacre et l'os, un mariage de raison

Evelyne LOPEZ, Sophie BERLAND, Sandrine BORZEIX,
Muséum national d'histoire naturelle,
laboratoire de physiologie générale et comparée, CNRS UMR 8572

Les Mayas, 2000 ans avant J.C., utilisaient déjà la coquille de mollusques bivalves pour remplacer les dents manquantes. La radiographie de crânes amérindiens Mayas, retrouvés en Amérique Centrale, dans le Honduras, a permis de constater la parfaite conservation de "dents" implantées, faites en nacre, et surtout l'exceptionnelle soudure de leur racine avec l'os maxillaire. Les Mayas furent ainsi les premiers anciens à utiliser une structure coquillière, la nacre, pour ses exceptionnelles qualités physiques, notamment de résistance et de dureté, mais également pour ses propriétés biomimétiques de tissus minéralisés complexes tels que ceux des dents et des os des vertébrés. Ces précieuses radiographies de crânes mayas nous ont permis de supposer que la nacre, aussi appelée mère de la perle, recèle un large potentiel d'activité biologique. Un vaste programme de recherche est engagé depuis 1992 (Brevet CNRS/MNH, 1995) pour caractériser la compatibilité biologique entre la nacre et le tissu osseux. Cette reconnaissance entre nacre et os reflète-t-elle une unité fondamentale de potentialités partagées par les structures minéralisées ?

La nacre et l'os des vertébrés : genèse du cristal dans un écran de matrice organique

La biominéralisation est le résultat de l'association synergique et interactive d'un minéral et d'une matrice organique. Les cristaux formés par les processus métaboliques du "vivant" sont différents de ceux qui se font spontanément dans la nature à partir de réactions purement physico-chimiques. En microscopie électronique, l'architecture rappelle la régularité de construction d'un mur de briques. Les "briques"

sont constituées d'une multitude de biocristaux de carbonate de calcium, cristallisés sous forme d'aragonite, assemblés entre eux par une matrice organique qui conditionne le système de cristallisation.

Quand la nacre de *Pinctada maxima* agit sur des cellules humaines

Une lésion de la nacre au sein de la coquille entraîne la libération de "messagers" qui trouvent des cellules cibles réparatrices. Quelle est la nature de ces messagers ? Peut-il exister une analogie avec ce qui est observé dans l'os qui a,

SOMMAIRE

Evelyne LOPEZ, Sophie BERLAND, Sandrine BORZEIX, La nacre et l'os, un mariage de raison	33
Franck DESCHANDOL, L'estuaire de la Seine : faune et flore	36
Jean-Luc SANCHEZ, Les plantes myrmécophytes amazoniennes	37
Christiane DOILLON, Visite du Parc Floral de la Source (Orléans)	40
Echos	41
Nous avons lu pour vous	46
Programme des conférences et manifestations du quatrième trimestre 2002 et début 2003	48

Les opinions émises dans cette publication n'engagent que leur auteur

Les Amis du Muséum national d'histoire naturelle

Bulletin d'information de la Société des Amis du Muséum national d'histoire naturelle et du Jardin des Plantes
57, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05
Tél./Fax : 01 43 31 77 42
E-mail : amis.du.museum@wanadoo.fr
Secrétariat ouvert de 14 h à 17 h
sauf dimanche, lundi et jours fériés
Rédaction : Jacqueline Collot, Jean-Claude Juppy
Le numéro : 4 € - Abonnement annuel : 13 €
Imprimé sur papier 100% fibres recyclées



Les plantes myrmécophytes amazoniennes

Jean-Luc SANCHEZ, voyageur naturaliste néotropicaliste

Dans la forêt équatoriale, les stratégies liées à la survie sont nombreuses et les interactions indispensables à la pérennisation des espèces.

C'est dans les forêts tropicales ombrophiles que la concentration animale et végétale est la plus intense. Cette explosion de vie entraîne inévitablement une compétition farouche entre les êtres vivants. Dans ces écosystèmes complexes, le rôle du soleil est aussi indispensable pour la biocénose que la pluie et l'humidité persistante. Afin de permettre à leur espèce de se pérenniser, les habitants de ces modes presque impénétrables, et encore mystérieux aux yeux des hommes, doivent s'adapter en permanence à un environnement hostile, où la concurrence est impitoyable.

Dans l'univers luxuriant de la "rain forest" (la "forêt de la pluie"), les interactions entre les êtres vivants (facteurs biotiques) sont légion, entraide et rivalité s'y exerçant sans cesse. Les plantes agissent les unes sur les autres, modifiant constamment leur biotope, la croissance de certaines favorisant ou inhibant en effet celle des autres. L'action des micro-parasites (champignons, bactéries), des arthropodes et des vertébrés traduit cette lutte pour la vie, tant pour les plantes que pour les animaux qui leur sont inféodés. Selon le type de profit ou de nuisance qu'elles impliquent entre les espèces concernées, les scientifiques parlent de symbiose, d'antibiose ou de parasitisme.

Afin d'organiser leur survie, ces êtres vivants ont élaboré de nombreuses stratégies, même si certaines paraissent plus efficaces que d'autres, mettant en exergue une fois encore le génie inventif de la nature. Chez les végétaux, par exemple, certaines plantes herbacées, notamment les

Araceae terrestres, ont élargi la surface de leur feuillage afin de capter davantage de rayons salvateurs du soleil. Les lianes, quant à elles, par la loi du phototropisme positif (attraction vers la lumière), se servent d'autres plantes comme supports afin de se hisser vers la canopée. Certaines autres, comme des Bromeliaceae, des Araceae et des Orchidaceae, ont opté pour une vie épiphyte en se développant sur d'autres végétaux, sans qu'il y ait cependant entre eux la moindre relation trophique. Cette relation trophique existe chez les plantes parasites et saprophytes. Citons par exemple les plantes achlorophylles, dont certaines s'apparentent à des épiphytes, qui se caractérisent par l'absence de feuillage, incapables donc de réaliser la photosynthèse, et qui s'alimentent aux dépens d'un support mort. Ces plantes jouent de ce fait un rôle important, comme les autres organismes saprophages (champignons, bactéries, microarthropodes) et les termites humivores, dans le recyclage de la matière organique des forêts tropicales. Citons encore, pour les para-

sites, les célèbres "figuiers étrangeurs" (*Ficus* spp. - Moraceae), aux étreintes mortelles pour leurs malheureuses victimes.

Il existe aussi de multiples interactions entre les plantes et les animaux. Certains spécialistes parlent d'association lâche lorsque l'espèce animale n'est pas indispensable à la plante et d'association étroite lorsque la présence de cette espèce animale favorise la croissance de la plante. Les plus connues des associations positives (symbiotiques) sont la pollinisation et la reproduction des plantes par dissémination du pollen et des graines grâce à l'action des animaux. Il s'agit de deux phénomènes où les insectes, les oiseaux et les chauves-souris jouent un rôle prépondérant, qu'ils soient pollinisateurs (hyménoptères, colibris et chauves-souris nectarivores) ou disséminateurs (granivores et frugivores). La dissémination des graines, lorsqu'elle est assurée par les fourmis, est appelée myrmécochorie. Il existerait près de 2 800 espèces de plantes myrmécochores, aussi bien en zones tempérées qu'en zones tropicales.

Duroia hirsuta Rubiaceae (Nanay, Pérou)



Les myrmécodomaties ou maisons de fourmis

L'une des plus remarquables des interactions faune-flore est précisément celle qui concerne les associations symbiotiques plantes-fourmis. On parle alors de plantes myrmécophytes voire plus rarement, ouvrant alors la voie à un vaste débat de spécialistes, de plantes myrmécophiles et donc de myrmécophilie végétale, parallèlement à la myrmécophilie animale, car nombreuses sont les espèces animales vivant dans les fourmilières (au même titre que certaines autres vivant dans les termitières, dites termitophiles). Un fait est cependant acquis, de nombreuses plantes ont su attirer les fourmis en leur offrant gîte et nourriture, tirant ainsi profit de leur agressivité naturelle à défendre leur colonie, lesquelles, agissant de la sorte, protègent également la plante hôte.

Les plantes hôtes bénéficient de la protection assurée par les fourmis contre les défoliateurs (mammifères et insectes phytophages, "fourmis champignonnistes" du genre *Atta*, d'Amérique tropicale) ou contre les plantes parasites qui peuvent proliférer comme par exemple les plantules des épiphytes, certaines allant jusqu'à puiser leurs nutriments dans les rejets de la colonie. En contrepartie, elles offrent aux fourmis de la nourriture sous forme de substances nutritives qu'elles produisent et/ou toutes sortes d'abris préformés. Ces refuges naturels sont nommés domaties et plus spécifiquement myrmécodomaties lorsqu'elles sont habituellement occupées par les fourmis. Elles se localisent soit dans les poches foliaires, soit dans les parties renflées des tiges et des épines, soit encore dans les entre-nœuds creux des branches et des troncs de certains arbres. Elles constituent ainsi un repère idéal pour certaines espèces de fourmis, qui trouvent là un endroit propice pour construire leur nid en carton et pour protéger leur colonie.

Le mutualisme plantes-fourmis regroupe en fait de multiples formes. Certaines sont probablement encore à découvrir. D'autres ont des mécanismes fort complexes, ce qui conduit parfois les scientifiques à émettre des hypothèses divergentes sinon contradictoires quant à leur mode de fonctionnement.

Les plantes myrmécophytes dénombrées dans le monde, qu'elles soient myrmécodomatiques (offrant des abris préformés aux fourmis), myrmécotrophiques (offrant de la nourriture) ou myrmécoxéniques (s'il s'agit des deux à la fois) comptent plusieurs centaines d'espèces, toutes tropicales, réparties en près de quarante familles, dont un peu moins de la moitié recensée pour l'Amérique tropicale. Parmi les plus remarquables de ces végétaux, on rencontre des fougères, des orchidées et des broméliacées épiphytes, mais aussi, et le plus fréquemment, des plantes arbustives et des arbres.

Pour un naturaliste, c'est en Amazonie (*Hylaea amazonica*) et dans les forêts des Guyanes que les plantes myrmécophytes sont parmi les plus intéressantes à observer. Certaines vivent isolément comme les *Triplaris* (Polygonaceae) et les *Tillandsia* épiphytes (Bromeliaceae), d'autres constituent des peuplements plus ou moins importants comme les *Cecropia* spp. (Cecropiaceae), certaines Rubiaceae (*Duroia* spp., *Remijia* spp.), Melastomataceae (*Tococa guianensis*, *Tococa* spp., *Clidemia* spp.) ou encore des Boraginaceae (*Cordia nodosa*, *Cordia* spp.). Sans pour autant en tirer des conclusions, toutes possèdent un point commun, car elles poussent essentiellement dans des zones ripicoles (en bordure ou peu éloignées des berges) ou non loin de zones paludicoles (marais) de basse Amazonie, soumises à des inondations saisonnières ou ponctuelles, pauvres en nutriments pour les plantes, et où il est difficile pour les fourmis d'établir leurs nids au niveau tellurique (sol).

Les cultivars du diable

L'expression "cultivar du diable" est une traduction de l'espagnol "cultivar del diablo", qui dérive de "supay"



Cordia nodosa

chacra", termes quechua utilisés en Amazonie occidentale ("supay" signifiant "diable" et "chacra" signifiant "abattis"). Parallèlement aux abattis, zones d'agriculture sur brûlis, il existe dans les profondeurs de la selva des clairières naturelles. Il ne faut toutefois pas les confondre avec celles provoquées par la chute de grands arbres, qui occasionnent de la sorte des trouées nommées en français "chablis", ou dues à l'action anthropique. Il s'agit en effet de trouées où ne poussent que de rares plantes arbustives, spécifiques à ces lieux et formant un milieu homogène. Fait surprenant, et ce contrairement aux "chablis", il n'existe dans ces zones aucune plante herbacée malgré la lumière qui irradie le sol. Ce phénomène, relativement fréquent dans les forêts primaires péruviennes et équatoriennes, est interprété par les populations locales comme le signe du diable, le "supay". C'est pourquoi ils nomment de tels endroits les "supay chacras" ou "chacras del diablo", qu'on pourrait traduire en français par "clairières du diable". Les chasseurs refusent de s'y arrêter et *a fortiori* d'y dormir, craignant les "tunchis" (les "esprits des morts"), maîtres incontestés des lieux, qui manifestent leur présence par des sifflements inquiétants.

Les plantes poussant dans les "cultivars du diable" sont des *Duroia hirsuta* (connues localement sous le nom

de "huitillo del supay" ou de "tuwa abillu"), dont les peuplements sont parfois associés à ceux de *Tococa* spp., notamment *Tococa guianensis* ("yura hormiguera" au Pérou, mélange de quechua et d'espagnol signifiant étymologiquement "plante fourmilère"), *Cordia nodosa* et *Cordia alliodora* (nommées "añallo caspi", du quechua signifiant "bois des fourmis" ou "araña caspi" - *Cordia nodosa* est



Tococa guianensis

appelée en Guyane française "bois-fourmi" ou "lamoussé fourmi").

L'autre particularité de ces plantes est qu'elles sont toutes myrmécophytes. C'est dans ce type de relations avec les fourmis que l'on peut sans doute expliquer la présence des "supay chacras". Plusieurs hypothèses ont été avancées. La première consiste à impliquer les fourmis, appartenant à plusieurs genres comme *Allomerus*, *Crematogaster*, *Solenopsis* ou encore *Azteca*, dans la formation même de telles clairières, en ne laissant subsister que les plantes précitées. La seconde tend à considérer que ce sont des micro-organismes associés aux fourmis qui inhiberaient le développement des autres végétaux. La troisième, enfin, veut que ce soient des substances chimiques émises par les racines de *Duroia* qui seraient toxiques pour les plantes concurrentes. Parmi ces explications, le rôle des plantes semble le plus crédible, sans écarter toutefois d'autres modes d'action liés à la présence des fourmis.

Les jardins de fourmis

Un autre aspect du mutualisme plantes-fourmis observé en Amérique tropicale et notamment en Amazonie est celui lié aux "jardins de fourmis" (dont certains sont nommés "ninhos de tracuá" au Brésil). Cette interaction complexe, qui n'a pas révélé encore tous ses mystères aux biologistes, peut être considérée comme une merveille de l'évolution. Il semblerait que l'association symbiotique qui en résulte soit obligatoire pour les deux groupes. Il s'agit en l'occurrence de véritables nids de fourmis suspendus, parfois à hauteur d'homme, parfois bien plus haut. Certains d'entre eux forment des boules de terre noire, dont la taille est sensiblement égale à celle d'un ballon de football. Selon les observations réalisées, ces nids sont initialement construits en carton ; sur ceux-ci germent ensuite diverses graines de plantes épiphytes apportées par les fourmis elles-mêmes, plantes dont les racines, en se développant, vont former la structure interne de l'ensemble et assurer sa consolidation, tandis que les feuilles amortissent l'impact de la pluie et protègent ainsi la colonie contre les intempéries. Ces plantes épiphytes, à croissance rapide et de petite taille, bénéficiant d'excellentes conditions de développement (bon ensoleillement, substrat fertile), appartiennent notamment aux familles des Araceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Gesneriaceae, Orchidaceae, Piperaceae, Solanaceae et autres. L'humus, qui permet ensuite aux plantes de puiser leurs éléments nutritifs, notamment des produits azotés, comme les premières graines qui ont permis leur germination, est également apporté par les fourmis. Les plantes profiteraient également de l'humus provenant de la décomposition du nid et des déchets accumulés par les fourmis. En échange de ce "terrain fertile" et du



Jardin de fourmis sur arbuste
Misahuelli - Equateur

fait que les fourmis assurent la dispersion de leurs graines et donc leur multiplication, les épiphytes produisent à leur tour des substances nutritives pour ces fourmis qui les protègent également de l'attaque des défoliateurs. Les fourmis se nourrissent ainsi de la pulpe des fruits, de l'arille des graines, mais aussi de sécrétions produites par des glandes à la base des feuilles, les nectaires extrafloraux (organes sécrétant du nectar).

D'autres observations ont aussi démontré que les "jardins de fourmis" pouvaient être habités par deux ou plusieurs espèces de fourmis, généralement mordeuses et agressives, dans de nombreux cas simultanément par *Camponotus femoratus* (qui ne vivrait que dans les "jardins de fourmis") et par *Crematogaster parvibotica*, cette dernière espèce, plus petite en taille, nichant dans les petites galeries de la première. Dans ce dernier cas, les fourmis coexistent pacifiquement et ce phénomène est connu sous le nom de parabiose. Divers arthropodes myrmécophiles ont également été répertoriés dans ces mêmes nids.

Devant tant d'ingéniosité déployée par la nature, il est permis de penser que, dans les années futures, d'autres découvertes en ce qui concerne les associations plantes-fourmis viendront enrichir les connaissances actuelles et exciter encore davantage en ce domaine la curiosité des scientifiques naturalistes.

Résumé de la conférence présentée le 19 janvier 2002 à la Société des Amis du Muséum national d'histoire naturelle.

**La Société des Amis du Muséum National d'Histoire Naturelle
et du Jardin des Plantes**

57 rue Cuvier - 75005 PARIS - Tél. 01 43 31 77 42

Le Président, M. Yves LAISSUS, Inspecteur Général des Bibliothèques, et les Sociétaires de l'Association vous prient de leur faire l'honneur d'assister à la conférence de :

Jean-Luc SANCHEZ

Voyageur naturaliste néotropicaliste

Les plantes myrmécophiles amazoniennes et les architectes de la forêt pluviale

Avec diapositives

le samedi 19 janvier 2002 à 14 h 30

dans l'amphithéâtre de paléontologie, galerie de paléontologie
2 rue Buffon, 75005 PARIS

Métro : Gare d'Austerlitz

INVITATION pour deux personnes

SOCIÉTÉ DES AMIS DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
ET DU JARDIN DES PLANTES

57, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05

Fondée en 1907, reconnue d'utilité publique en 1926, la Société a pour but de donner son appui moral et financier au Muséum, d'enrichir ses collections et de favoriser les travaux scientifiques et l'enseignement qui s'y rattachent.



*Meilleurs vœux
pour l'année 2002*

**PROGRAMME
DES CONFÉRENCES
ET**

**MANIFESTATIONS
DU PREMIER
TRIMESTRE 2002**

Les conférences
ont lieu
dans l'amphithéâtre
de paléontologie,
galerie de paléontologie,
2 rue Buffon,
75005 PARIS

**Assemblée
générale de la
Société des amis
du Muséum,
samedi
6 avril 2002**

JANVIER

Samedi 12
14 h 30

Les Angiospermes parasites : biologie, impact économique et méthodes de lutte, par Georges SALLÉ, professeur de l'université Pierre et Marie Curie. Avec diapositives.

Samedi 19
14 h 30

Les plantes myrmécophiles amazoniennes et les architectes de la forêt pluviale, par Jean-Luc SANCHEZ, voyageur naturaliste néotropicaliste. Avec diapositives.

Samedi 26
14 h 30

Le commerce va-t-il faire disparaître la faune sauvage, par Jean-Patrick LE DUC, adjoint au chef de la Mission des Affaires Internationales du Muséum. Avec diapositives, projections de photographies numérisées et rétroprojections.

FÉVRIER

Samedi 2
14 h 30

La pollution atmosphérique régionale : explications, modélisation, tendances, par Robert VAUTARD, directeur de recherche au CNRS. Avec rétroprojections.

Samedi 9
14 h 30

Forêts, changements globaux et puits de carbone, par Bernard SAUGIER, professeur à l'université Paris-Sud (Orsay), membre de l'Académie d'agriculture de France. Avec rétroprojections.

Samedi 16
14 h 30

Origine et domestication des blés cultivés, par Jacques DE BUYSER, maître de conférence, laboratoire de morphogenèse végétale expérimentale, université Paris XI. Avec rétroprojections.

MARS

Samedi 9
14 h 30

L'évolution des siréniens (mammifères marins) au début du Tertiaire, par Claire SAGNE, docteur en paléontologie. Avec diapositives et rétroprojections.

Samedi 16
14 h 30

Plantes utiles, arbres sacrés : les Japonais et leur environnement végétal, par Jane COBBI, chargée de recherche au CNRS (UMR 8073, Civilisation japonaise). Avec diapositives et rétroprojections.

Samedi 23
14 h 30

Rôle des pratiques agricoles traditionnelles des Ntumu du Sud Cameroun sur l'écosystème forestier, par Stéphanie CARRIERE, chargée de recherche à l'IRD, docteur ès sciences. Avec diapositives et rétroprojections.