

Les termitières, engrais naturels

Les excréments des termites qui se nourrissent d'humus fertilisent les sols tropicaux.

Dans les milieux tempérés, on ne compte que cinq espèces de termites, considérés comme nuisibles, car ils rongent le cœur du bois et endommagent les charpentes des maisons. En revanche, dans les milieux tropicaux, on dénombre plus de 2 300 espèces de termites, dont plus de la moitié sont des termites humivores, c'est-à-dire vivant dans le sol et se nourrissant des matières organiques qu'il contient. Plus de 10 000 termites par mètre carré colonisent parfois le sol des forêts. Quel est l'impact de ces insectes sur les écosystèmes tropicaux ? À l'Institut de recherche pour le développement de Dakar, nous avons montré que les termites humivores participent au maintien de la fertilité des sols.

Nous avons mesuré les concentrations en carbone, en azote et en phosphore au voisinage des termitières d'une espèce qui vit dans les savanes arides tropicales du Sénégal (*Cubiterme niko-loensis*). Les concentrations en carbone et en azote sont cinq à sept fois supérieures à celles du sol environnant. Les termites mangent le sol, puis le broient dans leur gésier. Le broyat tra-

verse le tube digestif, où il subit une attaque basique (le pH est compris entre 10 et 12). La matière organique du sol est principalement constituée de macromolécules, qui sont dégradées. Les bactéries découpent les protéines dégradées en fragments encore plus petits qui, mélangés à des particules minérales dans les excréments, servent de matériau de construction pour les termitières. C'est là que se concentrent les matières organiques que les termites ont ingérées.

De plus, dans les termitières, les concentrations en bactéries sont dix fois supérieures à la normale, et ces communautés bactériennes sont plus variées que celles du sol des savanes qui les entoure. Ce sol est pauvre en matière organique laquelle est, de surcroît, sous forme de macromolécules que les bactéries ne peuvent pas directement utiliser. Afin de survivre dans ce type de sol, la plupart des bactéries adoptent une forme « dormante ». La seule présence de nourriture, apportée par les vers de terre, dans les milieux tempérés, et par les termites dans les milieux tropicaux, notamment dans les savanes arides, suffit à les « réveiller ».

Ainsi, les termites humivores participent à la fertilisation des sols pauvres et arides des savanes, favorisent le développement de la faune microscopique, piègent la matière organique dans les termitières, la rendant plus accessible aux plantes, et favorisent la résistance des sols à l'érosion et au lessivage : ces insectes ont un rôle bénéfique dans les écosystèmes tropicaux.

Alain BRAUMAN, IRD Sénégal

Quand les poissons avaient des dents...

Les conodontes, enfin classés dans la famille des poissons.

Les conodontes sont des petits fossiles phosphatés en forme de denticules âgés d'environ 206 à 500 millions d'années. Grâce à leur évolution rapide, on les utilise en biostatigraphie, c'est-à-dire qu'ils permettent de dater les roches qui les contiennent. Les conodontes ne sont que des constituants isolés d'organismes que mangeaient des animaux plus imposants. À qui appartenaient ces denticules ? Trois paléontologues britanniques, Peter Donoghue, Philip Forey et Richard Aldridge, ont déterminé les liens de parenté des conodontes en rassemblant toutes les connaissances déjà acquises.

Au fil du temps, on les a affiliés à toutes les branches de l'arbre de l'évolution. Puis, dans les années 1980, on a découvert que les conodontes formaient l'appareil masticateur d'un animal qui ressemblait à une petite anguille. Ainsi, les conodontes (le nom des fossiles est devenu celui des animaux) étaient des chordés, des animaux qui ont, à un moment de leur vie, une baguette squelettique axiale, au-dessus du tube digestif. Ils avaient deux gros yeux, des poches branchiales, une musculature du tronc développée, une notochorde, ancêtre de la colonne vertébrale ainsi qu'une nageoire caudale. Toutefois, les chordés représentent un vaste ensemble comprenant les tuniciers, les myxines et les lamproies (les seuls poissons actuels sans mâchoires), ainsi que tous les autres vertébrés ; la place des conodontes au sein de cet ensemble demeurait imprécise, malgré la découverte de nouveaux spécimens complets. Pourquoi la question préoccupe-t-elle les paléontologues ? Si les conodontes sont de vrais vertébrés, leur appareil masticateur pourvu de dents expliquerait l'origine de certains os et des dents.

Cette étude repose sur une analyse cladistique, une méthode qui regroupe



Dents de conodontes (1,2 millimètre de hauteur).



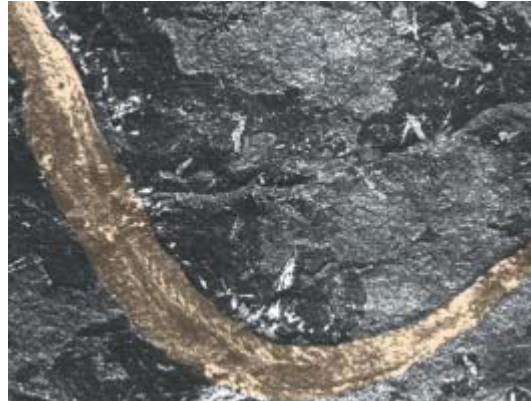
Une termitière de l'espèce *Cubiterme nikoloensis* dans la savane. Elle mesure environ 50 centimètres de diamètre.

les organismes selon la distribution la plus parcimonieuse de leurs caractères évolués. L'équipe britannique a comparé toutes les données accumulées sur ordinateur, puis a confronté les résultats aux concepts et théories existants. Leur conclusion est sans appel : les conodontes sont plus proches des poissons sans mâchoire fossiles et des vertébrés à mâchoire qu'ils ne le sont des actuelles lampiroies et myxines. Ils sont donc plus évolués qu'on ne le supposait et peuvent être considérés comme de vrais poissons. Une des consé-

quences de cette découverte est que les constituants des denticules, l'émail et la dentine, sont probablement communs aux conodontes et aux vertébrés plus évolués. Ainsi, de façon un peu schématique et à l'inverse du modèle généralement admis, le squelette superficiel des poissons, les os dermiques et les écailles seraient dérivés d'éléments utiles à la nutrition : certains os du crâne, carapaces et autres écailles des vertébrés dériveraient... de dents.

Lionel CAVIN

Musée des Dinosaures – Espéraza



Un conodonte (36 millimètres de longueur), l'ancêtre des anguilles, notamment, dont les dents servent à dater des fossiles.

Nouvelles armes contre le paludisme

Des molécules constituées de deux sous-unités actives sur une même cible ont été synthétisées.

Le paludisme reste un fléau qui touche des centaines de millions de personnes dans le monde et fait deux millions de victimes par an, essentiellement dans les pays en développement. C'est la troisième cause de décès par infection après la tuberculose et le SIDA. De surcroît, la maladie est en expansion parce que le parasite résiste de plus en plus aux substances antipaludiques classiques et que les insectes vecteurs de la maladie échappent de plus en plus aux insecticides. Enfin, en raison du réchauffement de la planète, des régions jusqu'alors épargnées, tels le Sud de l'Europe et des États-Unis, risquent d'être touchées d'ici 10 à 12 ans. Cette évolution aura peut-être pour conséquence que les pays riches, se sentant davantage concernés, investiront plus de moyens pour mettre au point de nouveaux traitements. Une nouvelle classe de molécules est en cours d'élaboration par Bernard Meunier, Anne Robert et leurs collègues du Laboratoire de chimie de coordination du CNRS, à Toulouse. Les nouvelles molécules agissent sur les souches résistantes aux molécules antipaludiques classiques.

La maladie est due à un parasite du genre *Plasmodium*, et le plus dangereux est *Plasmodium falciparum*. Le parasite est injecté à l'homme, sous forme d'un sporozoïte, par la piqûre d'un moustique Anophèle femelle contaminé. Les sporozoïtes se réfugient d'abord dans le foie où ils se développent avant de se répandre sous

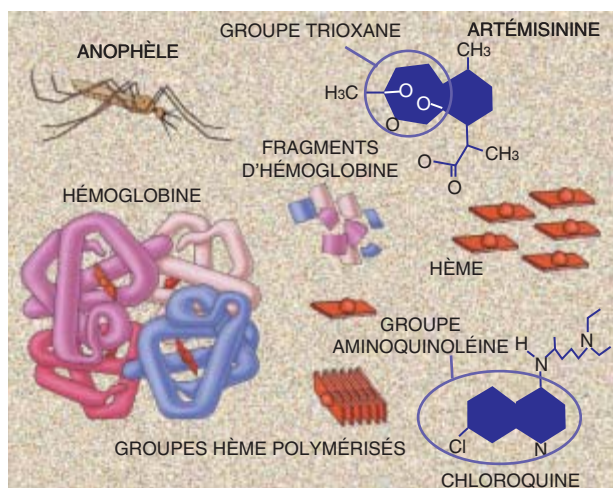
forme de mérozoïtes dans l'organisme. Ces derniers envahissent les globules rouges où ils se multiplient. Les globules rouges finissent par exploser sous l'effet de la pression exercée par ces innombrables parasites. Ces destructions massives de globules rouges correspondent aux épisodes fébriles qui accompagnent la maladie et qui surviennent environ toutes les 48 heures. Quelques mérozoïtes se transforment en gamétocytes qu'un nouveau moustique vecteur absorbe lorsqu'il pique une personne contaminée. Et le cycle infectieux continue.

Pour se multiplier, le parasite a besoin de protéines. Où trouve-t-il la «matière première» pour les fabriquer ? Il découpe l'hémoglobine de la personne infectée et se sert des maillons constitutifs de cette protéine pour reconstruire ses propres protéines. Toutefois, à chaque stratégie gagnante s'oppose souvent une contre-attaque de l'organisme menacé : lorsque la chaîne d'hémoglobine est découpée, il reste un résidu, l'hème, que le parasite n'utilise pas, mais qui est dangereux : il

peut déclencher un stress oxydatif mortel pour le parasite. Nouvelle riposte du parasite : il parvient à déclencher la polymérisation des résidus hème, qui une fois assemblés perdent leurs propriétés oxydantes. L'homme riposte à son tour en empêchant cette polymérisation.

C'est précisément le mode d'action des médicaments antipaludiques : ils empêchent la polymérisation de l'hème. La chloroquine, substance apparentée à la quinine, extraite de l'écorce de quinquina, empêchent cette polymérisation grâce à une motif aminoquinoléine. Une autre substance antipaludique, l'artémisinine agit par un motif trioxane. Depuis quelques années, B. Meunier et ses collègues s'intéressent à l'artémisinine : des extraits de feuilles de cette armoise sont utilisés dans la médecine traditionnelle chinoise pour traiter les crises de paludisme. Toutefois, le rendement d'extraction du principe actif est faible et sa synthèse chimique coûteuse.

Étant donné que la chloroquine a été efficace, mais que certaines souches de parasites lui échappent et que l'artémisinine est également efficace, mais difficile à extraire et à synthétiser, l'équipe de Toulouse a eu l'idée d'assembler en une même molécule les deux groupes qui empêchent la polymérisation de l'hème. Ils ont ainsi élaboré une nouvelle classe de molécules à «deux têtes», les trioxaquinés qui contiennent à la fois un groupe trioxane et un groupe aminoquinoléine. Dans ces molécules chimiques, on constate une synergie entre le groupe actif de la chloroquine qui pénètre facilement dans les globules rouges et celui de l'artémisinine qui a une activité élevée sur les souches résistant à la chloroquine. Ces molécules ne sont activées que par l'hème libre, de sorte que même si elles pénètrent dans tous les globules rouges, elles n'agissent que dans les cellules infectées.



Le moustique anophèle, vecteur du paludisme, découpe en morceaux l'hémoglobine de la personne infectée. Il y prélève les éléments nécessaires à la fabrication de ses propres protéines. Pour se défendre contre le résidu hème qui produit des réactions oxydantes nocives pour le parasite, ce dernier en déclenche la polymérisation, de sorte que le pouvoir oxydant de l'hème est inhibé. L'artémisinine et la quinine empêchent cette polymérisation : l'hème libre détruit les cellules infectées.