

sième réaction est chimique : le mâle augmente sa production de phéromones, qui ont, cette fois, un rôle aphrodisiaque.

Nous avons également découvert que les mâles différencient les chants d'appel d'individus de différentes provenances : les réactions locomotrices et acoustiques des mâles aux vibrations d'appel dépendent de l'origine des deux partenaires ; ainsi, les mâles français répondent mieux et plus rapidement aux femelles françaises qu'à celles de Gualdeloupe, et *vice versa*.

La durée de chaque pulsation et les intervalles entre elles varient selon les

populations. En revanche, la fréquence de ces chants est la même (100 hertz), quelle que soit l'origine des insectes. Cette fréquence de 100 hertz est très proche de la fréquence de résonance des végétaux colonisés par les punaises vertes : les signaux sont ainsi conduits sur de longues distances.

La découverte des interactions entre la chimie et l'acoustique nous a permis de mieux appréhender la complexité des systèmes de communication chez les punaises. La localisation et la reconnaissance du partenaire sexuel sont des étapes primordiales de la phase précopulatoire. Ces comportements sont

à la base des phénomènes de sélection sexuelle : ils déterminent le choix de la femelle par le mâle.

En outre, les variations de ces signaux entre populations géographiquement isolées indiquent probablement une évolution divergente de la communication sexuelle au sein d'une même espèce. La punaise verte est un modèle original pour observer la mise en place de mécanismes qui favorisent l'isolement des populations et donc, peut être, l'apparition de nouvelles espèces.

Nadège MIKLAS et Michel RENOU,
Station INRA de Versailles

Les serpents nageaient...

...quand ils avaient des pattes.

Les serpents semblent l'archétype d'animaux sans pattes. Pourtant certains d'entre eux conservent des vestiges de membres postérieurs, et tous leurs caractères anatomiques montrent que ce sont des vertébrés tétrapodes (ou quadrupèdes) : issus d'animaux à quatre pattes, ils ont perdu celles-ci au cours de leur évolution. Selon cette hypothèse, les paléontologues avaient prédit qu'ils finiraient par trouver des fossiles qui présenteraient des caractéristiques des serpents et de leurs ancêtres, avec, notamment, des pattes bien développées.

On a récemment trouvé de tels fossiles : curieusement, on vient de signaler à très peu d'intervalle, non pas un, mais deux fossiles de serpents munis de pattes... seulement postérieures. Des

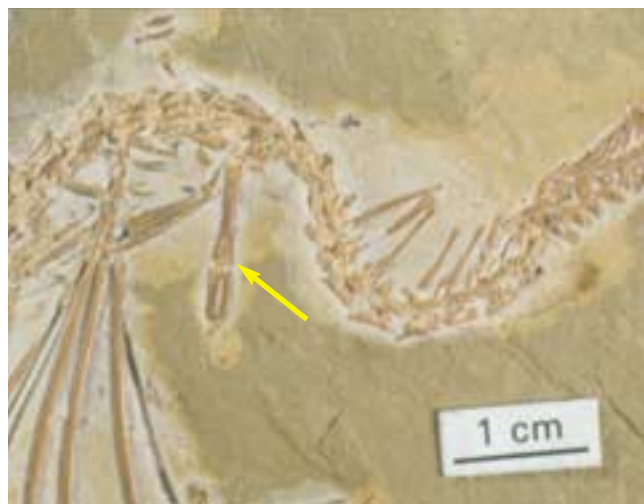
serpents non pas quadrupèdes mais bipèdes ! Ils ont été découverts au Moyen-Orient, dans des dépôts marins déposés au milieu du Crétacé, il y a quelque 95 millions d'années. Le premier, décrit par une équipe menée par Eitan Tchernov, de l'Université de Jérusalem, a été nommé *Haasiophis terrasanctus* ; l'autre, que nous avons étudié, est *Podophis descouensi*.

Ce ne sont pas les premiers serpents à pattes connus, mais leur découverte a déclenché une acerbé polémique. En effet, en 1997, les deux paléontologues Michael Caldwell et Michael Lee avaient réuni deux fossiles incomplets, auparavant énigmatiques, et montré qu'ils appartenaient à une même espèce, reconstituant ainsi le premier serpent à pattes, *Pachyrhachis problematicus*. Également trouvé au Moyen-Orient, il est contemporain des deux fossiles qui viennent d'être trouvés. Ces derniers confirment que M. Caldwell et M. Lee ne se sont pas trompés en reconstruisant *Pachyrhachis* et en le considérant comme un serpent à pattes postérieures.

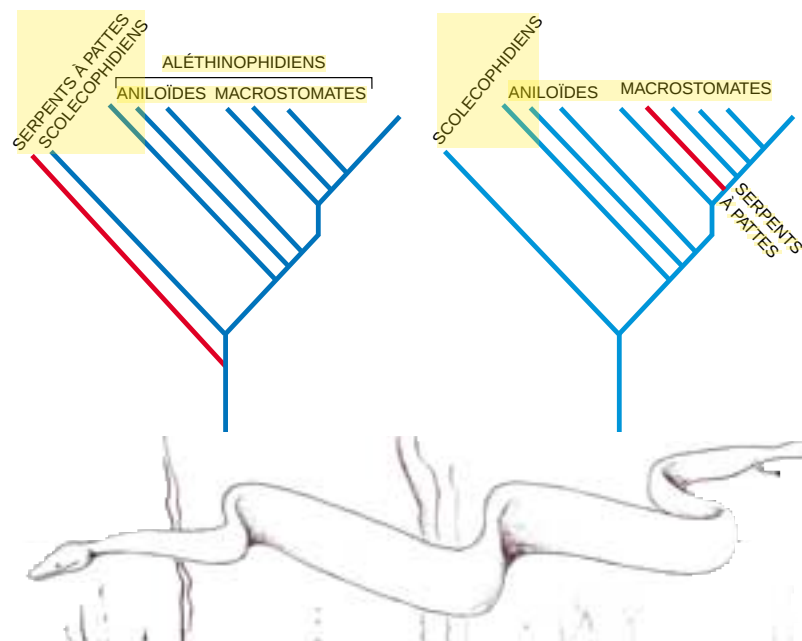
Ces trois animaux ne se distinguent pas notablement des serpents actuels : ils n'ont ni ceinture, ni pattes antérieures. Leur corps était aplati latéralement, comme les serpents marins actuels, et ils avaient une grande bouche. Leurs membres étaient courts (deux centimètres pour une longueur totale de 85 centimètres, chez *Podophis*), dans une position surprenante : très postérieure, à seulement 4,5 centimètres de l'extrémité de la queue, cette dernière étant très courte.

Pour comprendre la polémique, examinons la phylogénie des serpents modernes. Ces derniers se composent de deux groupes issus d'un ancêtre commun inconnu : les aléthiophidiens et les scolécophidiens. Les premiers comprennent les anilloïdes, supposés primitifs, et les macrostomates, supposés évolués. Ces derniers (boas, couleuvres, vipères...) se caractérisent par une très grande ouverture buccale, qui leur permet d'avaler des proies dont le diamètre est supérieur au leur.

M. Caldwell et M. Lee avaient supposé que ces serpents à pattes représentaient



Podophis descouensi, fossile de serpent à pattes (à droite, l'une d'elles est marquée par une flèche jaune) découvert au Moyen-Orient.



Deux arbres généalogiques concurrents des serpents. En bas, reconstitution du serpent à pattes *Podophis descouensi*. On remarque la très petite taille relative des pattes et leur curieuse position, près de l'extrémité caudale.

une branche ancienne, qui s'était détachée du tronc commun des serpents avant que les scolécophidiens et les aléthynophidiens ne s'individualisent. En revanche, E. Tchernov et ses collègues, se fondant surtout sur l'analyse d'*Haasiophis*, dont la bouche

est étonnamment grande, considèrent que ces serpents bipèdes sont des macrostomates, c'est-à-dire des serpents évolués. *Podophis*, lui, semble confirmer l'hypothèse de M. Caldwell et M. Lee : il montre que les serpents bipèdes sont primitifs.

Dans cette hypothèse, les serpents anciens auraient été macrostomates ; la grande bouche des serpents actuels serait une structure anatomique ancienne. Autrement dit, les serpents évolués ne seraient pas ceux que l'on croit.

Dans l'hypothèse inverse, comment les serpents à pattes seraient-ils dérivés de serpents ne possédant plus de pattes ? Autrement dit, soit tous les groupes de serpents autres que les formes bipèdes ont perdu indépendamment leurs pattes postérieures, soit les pattes postérieures sont réapparues chez les serpents bipèdes.

Des caractères anatomiques importants ayant été mal interprétés par E. Tchernov et ses collègues, leur hypothèse semble douteuse, mais le paradoxe subsiste. On devra commencer par revoir les données sur ces trois fossiles. On n'oubliera pas non plus que les serpents bipèdes étaient marins. S'ils sont effectivement primitifs, il s'agit d'un argument qui s'ajoute au fait que les plus proches parents des serpents sont des lézards vanaroïdes du Crétacé, marins eux aussi. Ainsi, on devrait conclure que les serpents sont nés de lézards en milieu marin, alors qu'on pensait naguère qu'ils étaient issus d'animaux fouisseurs.

Jean-Claude RAGE
et François ESCUILLIÉ

Le plomb au service de l'environnement

Pour détecter la contamination des nappes phréatiques par les décharges publiques

Les décharges d'ordures ménagères sont disgracieuses et nauséabondes. On sait moins qu'elles polluent les sols et les eaux : quand l'eau de pluie traverse les déchets, elle en extrait certaines substances solubles (des sels, des composés organiques...) qu'elle emporte avec elle ; ce «lixiviat» passe dans le sol. Aussi, depuis quelques années, on utilise des barrières composées de couches successives d'argile et de matériaux synthétiques, afin de confiner les lixivats. Cependant, en l'absence de barrière ou en cas de fuite, ceux-ci s'infiltrent dans les aquifères (les formations géologiques poreuses) et se mélangent à la nappe phréatique. Pour détecter une éventuelle contamination de ces réserves d'eau, voire leur pollution, on compare les concentrations en

certaines substances chimiques en amont et en aval de la décharge. Les plus utilisées sont les ions chlorures, sulfates et nitrates, ainsi que le carbone présent dans des molécules organiques. Cependant, à cause de leur dilution dans l'eau des aquifères, les concentrations de ces molécules sont parfois inférieures à la limite de détection (en général, un microgramme par litre). En outre, ces traceurs ne sont pas toujours issus de la décharge : le carbone organique est omniprésent dans la nature ; les chlorures viennent parfois du salage des routes, et les sulfates et les nitrates des engrais. Notre équipe a mis au point une méthode à la fois plus fiable et plus sensible de détection des lixivats : nous proposons de mesurer les rapports isotopiques du plomb et du strontium dans les eaux des nappes phréatiques (les isotopes sont des atomes qui ont le même nombre de protons, mais un nombre de neutrons différent : ils n'ont pas la même masse).

Dans les décharges d'ordures ménagères, le plomb est surtout présent dans les circuits électriques et dans les piles, tandis que le strontium vient principalement des objets en plastique, où

il est associé aux carbonates de calcium, qui améliorent leur résistance mécanique. On retrouve ces deux éléments en faibles concentrations dans les lixivats : quelques microgrammes par litre de plomb et jusqu'à un milligramme par litre de strontium.

Chaque minerai de plomb ou de strontium présente une composition isotopique qui dépend de son âge, de sa composition et des conditions où il s'est formé. Les variations de cette composition résultent de mécanismes de fractionnement naturels, lors de la formation du minerai : les rendements des transformations physiques et chimiques des isotopes d'un même élément sont légèrement différents, surtout dans le cas des éléments légers (la différence relative de masse entre les isotopes est plus grande que pour les éléments lourds). Dans les lixivats issus des décharges, les abondances isotopiques relatives résultent de celles des déchets, dont les matériaux ont été fabriqués à partir de minerais variés (il n'y a pas de fractionnement lorsque les lixivats traversent les formations géologiques). Elles sont distinctes des abondances naturelles dans la nappe phréatique, qui sont