

groupes (coléoptères, papillons, insectes vecteurs de maladies, etc.), que l'entomologie est depuis longtemps délaissée par les organismes de recherche, on devine la pénurie d'experts auxquels les instances environnementales voudraient faire appel. «Les entomologistes professionnels sont peu nombreux et ne sont pas très disponibles, et les amateurs [quelques milliers en France] sont vite surchargés», résume L. Leseigneur.

S'ajoutent des problèmes d'ordre scientifique. Prendre en compte les insectes dans l'évaluation écologique d'un milieu, d'accord, mais lesquels ? Faut-il dénombrer uniquement les espèces rares ? Celles qui sont sensibles à la pollution ? Choisir des représentants de tous les groupes d'insectes ? Se limiter au genre ou à la famille, comme le préconise Philippe Richoux (Université de Lyon I), ce qui allégerait le travail d'identification ?

Malgré les nombreuses questions en suspens, des listes d'insectes bio-indicateurs existent, pour les zones humides et les forêts notamment ; d'autres types de milieux pourraient suivre. Par exemple, la présence de certaines guêpes parasites d'insectes nuisibles pourrait être mesurée pour jauger la santé des oliveraies du Midi, comme le montrent des travaux d'André Panis (INRA, Antibes). Toutefois, les connaissances – et donc les listes d'espèces indicatrices de la qualité d'un milieu – sont encore lacunaires. Pour améliorer la situation, il faut, selon Jean-Claude Lefeuvre, écologue au Muséum de Paris, que les entomologistes français «s'organisent et s'insèrent dans les programmes de recherche pluridisciplinaires sur les écosystèmes».

La balle n'est pas seulement dans le camp des entomologistes. Pour ces derniers, une gestion «écologiquement cor-

recte» des milieux (naturels ou non) demande que les acteurs de l'environnement – y compris les forestiers, les agriculteurs, les aménageurs en tous genres – soient conscients de l'importance du rôle des petites bêtes. Malgré quelques progrès, les entomologistes pensent qu'il y a encore fort à faire.

Les enjeux dépassent le cadre de la seule biodiversité. L'exemple de l'Australie est symptomatique : l'introduction, à la fin du XVIII^e siècle, des vaches et des chevaux y a provoqué une catastrophe. Pourquoi ? Parce que les insectes bousiers autochtones sont adaptés aux bouses de kangourous, pas à celles de vaches... Résultat : les bouses, privées de recycleurs, ont recouvert les prairies. En 1978, on estimait la perte associée de pâturages à un million d'hectares par an !

Maurice MASHAAL

Attracteurs d'onde

Dans un milieu stratifié avec un fond incliné, les ondes s'organisent le long de trajectoires fermées.

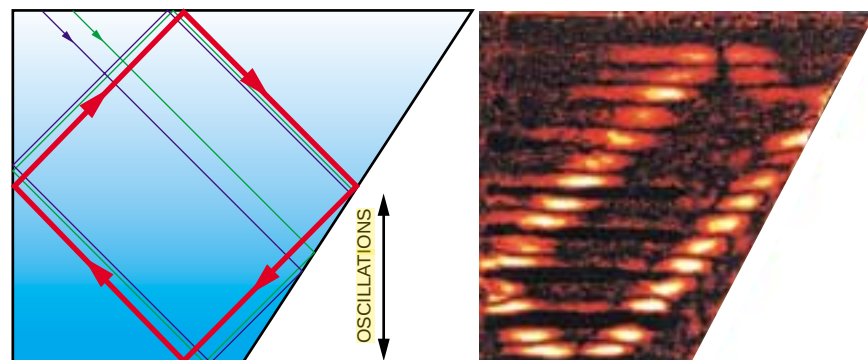
Si la houle agite la surface de l'océan, des ondes dites internes se propagent également sous la surface en raison des variations verticales de la densité de l'eau. Elles pourraient circuler en boucle : dans une cuve avec une paroi inclinée, où les ondes sont excitées par des vibrations, nous observons que les réflexions de ces ondes leur font suivre des trajectoires qui se rapprochent de circuits déterminés, nommés attracteurs.

Les ondes internes sont connues dans l'atmosphère, où elles sont engendrées par le passage des masses d'air sur les reliefs : parfois les nuages se condensent dans les zones d'ascendance et révèlent les crêtes de ces ondes. Ces ondes résultent des variations de densité : comme la densité diminue avec l'altitude, une petite quantité d'air poussée vers le haut a tendance à redescendre, car sa densité est supérieure à celle de la zone où elle arrive ; inversement, une petite quantité d'air poussée vers le bas subit une poussée d'Archimède qui la fait remonter. Toutefois ces rappels engendrent des oscillations, à une fréquence caractéristique de la variation de densité, de la même façon que l'oscillation d'une masse accrochée à un ressort est caractéristique de sa raideur.

Si la masse oscille sur un plan incliné, la fréquence d'oscillation est réduite ; de même, une onde interne a une fréquence réduite quand elle se propage obliquement. Pour une variation de densité donnée, l'angle de propagation dépend uniquement de la fréquence.

Si l'océan ou l'atmosphère semblent des espaces infinis, un bras de mer ou un lac sont des milieux de densité variable (en raison des variations de température ou de salinité), où les ondes sont confinées par réflexion entre la surface et le fond. Généralement, le confinement d'ondes engendre un système d'ondes stationnaires : une corde de violon vibre à une fréquence fondamentale et aux fréquences multiples de cette fréquence fondamentale. En effet, le milieu n'oscille efficacement qu'à des fréquences précises, parce que les ondes résultant des réflexions successives n'interfèrent de façon constructive qu'à ces modes propres d'oscillation.

Lorsque des ondes internes se propagent dans un milieu où la densité varie, à l'intérieur d'une cuve avec une paroi inclinée, cette organisation en modes propres disparaît au profit d'une organisation différente qui résulte des propriétés particulières de réflexion. En effet, la fréquence des ondes qui se réfléchissent sur une paroi fixe est inchangée au cours de la réflexion ; comme l'angle de propagation des ondes internes par rapport à la verticale dépend de la fréquence, cet angle reste donc inchangé ; l'angle de réflexion est alors différent de l'angle d'incidence, et les ondes forment des structures complexes, organisées autour d'un attracteur, un circuit géométrique sur lequel les ondes se focalisent par ré-



Des ondes internes se propagent dans de l'eau salée quand on fait osciller verticalement une cuve où la densité augmente avec la profondeur. La direction de propagation dépend de la fréquence des oscillations : dans le schéma (à gauche), les oscillations excitent uniquement les ondes qui se propagent avec un angle de 45 degrés par rapport à la verticale. Ainsi, deux ondes qui suivent des trajectoires différentes se rapprochent et parcourent l'attracteur (en rouge). Dans les expériences, la fluorescence d'un colorant excité par un laser (à droite) révèle l'attracteur.