

Mâles trompés

Des chimistes créent des molécules qui perturbent le comportement des papillons et protègent les cultures.

Au printemps, dans les cultures maraîchères et horticoles, les noctuelles potagères (*Mamestra brassicae*), des papillons nocturnes, rejouent l'éternel épisode de la reproduction : les femelles libèrent une substance olfactive, nommée phéromone, qui attire les mâles, parfois distants de plusieurs centaines de mètres, et qui les guide vers leur promise. Hélas, par leur appétit, les chenilles qui naissent de cette union nuisent aux cultures, et les exploitants, peu sensibles au romantisme, s'ingénient à se débarrasser de ces insectes.

Pour leur venir en aide, les équipes d'Angel Guerrero, du Conseil supérieur d'investigations scientifiques (CSIC) de Barcelone, et de Michel Renou, de la Station INRA de Versailles, ont mis au point des paraphéromones, c'est-à-dire des substances proches des phéromones de ces papillons, qui désorientent les mâles.

Comment fonctionnent les phéromones naturelles ? La femelle qui désire attirer un mâle libère ces molécules volatiles que le vent transporte. Au gré des courants d'air se forme ainsi un panache de phéromones dont la concentration diminue avec la distance à la femelle. Lorsque ces molécules entrent en contact avec l'antenne d'un mâle, elles pénètrent par des pores à l'inté-

rieur de poils sensitifs nommés sensilles. Là, dans une liqueur sensillaire, elles se fixent à des protéines qui les véhiculent au cœur de la sensille. Les complexes phéromone-protéine se lient alors aux sites récepteurs des neurones olfactifs. L'influx nerveux déclenché renseigne l'insecte sur les désirs d'une femelle éloignée. Enfin, le complexe se dissocie et une enzyme dégrade la phéromone : la protéine est de nouveau disponible pour véhiculer une nouvelle molécule. Ces réactions ont duré quelques millièmes de seconde.

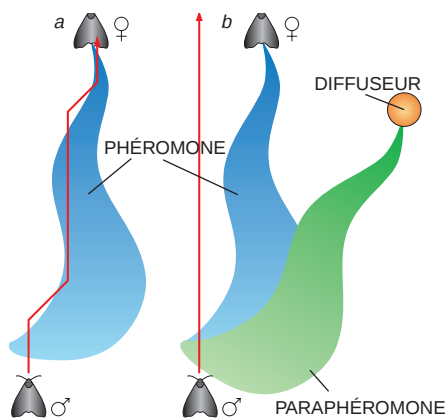
Par l'odeur alléché, le mâle entreprend de remonter le panache de phéromones jusqu'à sa belle. En détectant les variations de concentration de phéromones dans l'air, il ajuste en permanence sa direction.

La plupart des phéromones sont de longues chaînes de carbone (entre 10 et 20) dont l'extrémité porte un groupe chimique nommé acétate ($-\text{COCH}_3$). Les chimistes du CSIC ont remplacé le groupe acétate du principal constituant de la phéromone des noctuelles potagères par un groupe trifluorométhylcétone, où trois atomes de fluor se sont substitués aux atomes d'hydrogène de l'acétate. Les paraphéromones de synthèse sont reconnues par les protéines de la liqueur sensillaire, mais ne déclenchent pas la stimulation du neurone sensoriel. La détection de la phéromone est ainsi bloquée et le mâle ne peut plus s'orienter : il manque son rendez-vous (voir la figure).

Placées dans des diffuseurs, ces paraphéromones complèteraient et renforceraient l'emploi de phéromones naturelles dans les stratégies de lutte par confusion sexuelle.



La noctuelle potagère (*Mamestra brassicae*) est un papillon nocturne (à gauche) dont les chenilles ravagent les cultures maraîchères. La femelle attire le mâle par des substances volatiles nommées phéromones qu'il détecte par les poils, ou sensilles, de ses antennes (au centre, en haut). Les phéromones forment un panache (en bleu) où la concentration diminue à mesure que l'on s'éloigne de la femelle. Sensible aux variations de concentration, le mâle rejoint la femelle (a). Exposé à des paraphéromones, c'est-à-dire à des molécules proches des phéromones naturelles (en vert), libérées par un diffuseur (en orange), un mâle ne perçoit plus les variations de concentrations : il manque son rendez-vous avec la femelle (b).



BRÈVES

L'âge des clones

Quand la brebis clonée Dolly est née, les biologistes ont craint qu'elle soit fausement jeune, parce que les extrémités de ses chromosomes, les télomères, semblaient anormalement courtes, comme chez les animaux âgés. Robert Lanza et ses collègues de la Société *Advanced Cell Technology*, ont montré que des bovins clonés avaient, au contraire, des télomères plus longs que la normale, et que leurs cellules se divisaient plus que des cellules normales, dans des cultures.



Des fils très solides

Souvent, dans les scénarios de conquête spatiale, les ingénieurs imaginent l'utilisation de câbles très fins et très résistants, constitués de nanotubes de carbone. Ces câbles pourraient, telles des frondes géantes, envoyer des charges en orbite ou servirait dans de gigantesques ascenseurs. Comment caractériser leur résistance à la traction ? Jusqu'ici, uniquement par des moyens indirects ou théoriquement. Toutefois une équipe de physiciens vient de mesurer la résistance d'une corde tressée avec des centaines de nanotubes, et en a déduit la résistance par nanotube : elle est dix fois supérieure à la résistance de l'acier ou des fibres de carbone.

Par Bérिंग et Panama...

On a découvert des mollusques qui vivaient dans l'océan Pacifique Nord il y a 5,5 millions d'années. Or leurs ancêtres ont aussi habité l'Atlantique Nord. Selon une équipe américaine, ils auraient migré de l'Atlantique Nord vers le Pacifique par le détroit de Bérिंग, alors ouvert. Par ailleurs, on trouve, dans l'Atlantique Nord, des fossiles (3,6 millions d'années) de mollusques originaires du Pacifique Nord. À cette époque, l'isthme de Panama était déjà formé : on en déduit que les mollusques du Pacifique sont remontés vers le Nord, entraînés par un courant contraire à celui qui avait apporté les mollusques de l'Atlantique. Diverses espèces marines ont migré entre les deux océans au gré des mouvements tectoniques.

Moustiques et femmes enceintes

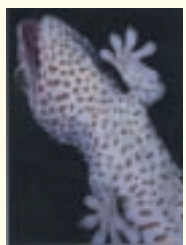
Une étude réalisée en Gambie sur 72 femmes, dont 36 enceintes, montre que ces dernières attirent deux fois plus les moustiques que les autres, à cause des modifications physiologiques et comportementales qui accompagnent leur nouvel état : une femme enceinte expire un volume d'air supérieur à la normale et la température de son abdomen augmente de 0,7 °C, de sorte que sa peau dégage plus de substances volatiles. Les moustiques les repèrent plus facilement. Les femmes enceintes doivent redoubler de vigilance vis-à-vis des moustiques, vecteurs du paludisme dans cette région.

Le champ de la vie

Alors que les molécules chimiques peuvent exister en deux variétés, images l'une de l'autre dans un miroir, les molécules de la vie existent uniquement en une variété. Quel mécanisme a-t-il favorisé ou engendré cette sélection ? Au Laboratoire des champs magnétiques intenses de Grenoble, des physiciens ont réalisé une réaction chimique où l'une de ces deux variétés était produite en plus grande quantité. Comment ? À l'aide d'un champ magnétique statique et de lumière. Ainsi, à une époque de l'histoire de la vie, le champ magnétique aurait pu influencer sur la production des molécules de la vie. Cette découverte relance le débat sur l'origine de la vie. Le champ magnétique terrestre a-t-il été suffisamment important pour favoriser l'émergence de ces molécules ?

Défi à la pesanteur

Le gecko est un lézard tropical qui fait mieux que Spiderman : il marche sur les murs et les plafonds, la tête en bas, aussi facilement que nous marchons sur le sol. Son secret ? Ses



coussinets plantaires comportent des rangées de poils minuscules, ramifiés, composés de kératine, la même protéine que celle des cheveux humains ou des plumes des oiseaux. Une équipe de l'Université de Portland a mesuré, par microscopie à force atomique, les forces que ces poils exercent sur les surfaces contre lesquelles ils se collent. Cette adhérence est due à des forces dites de Van der Waals, et la bonne adhérence résulte de la ramification des poils, les divers segments qui les constituent s'alignant parallèlement au support.

Les problèmes du XXI^e siècle

L'auditoire du Collège de France, un concentré de talents mathématiques, plus le Ministre de la recherche, célébraient le 24 mai, le centenaire des problèmes posés par le mathématicien David Hilbert au Congrès des mathématiciens de Paris. La commémoration était solennelle et les participants étaient émus d'entendre la profession de foi de Hilbert «...Il n'y a pas d'ignorabimus en mathématiques, nous devons savoir, nous saurons», depuis devenu célèbre. Hilbert (*en médaillon*) se trompait, car il a été démontré qu'il existe des propositions indécidables en mathématiques. Il aurait répondu que savoir que l'on ne pourra pas tout savoir est quand même savoir.

Les 23 problèmes posés par Hilbert ont inspiré et guidé les mathématiciens durant tout le xx^e siècle. Douze ont été résolus, huit étaient assez généraux pour qu'ils soient encore des sujets d'intérêt, et l'une des questions non résolues, l'hypothèse de Riemann, reste le plus important problème ouvert des mathématiques. Hilbert avait dit que s'il se réveillait après plusieurs millénaires de sommeil, la première chose qu'il demanderait est : la conjecture de Riemann a-t-elle été démontrée ?

Cette hypothèse est l'un des sept problèmes que les conseillers mathématiciens de l'Institut de mathématiques fondé par Landon Clay ont choisi de poser pour célébrer le nouveau millénaire. Tout mathématicien qui résoudra l'un de ces problèmes sera récompensé par un prix d'un million de dollars.

La tradition des prix à sujet imposé avait presque disparu, et c'était dommage, car certains d'entre eux ont, par le passé, notablement contribué à l'avancement des mathématiques. Ainsi, le prix du roi Oscar de Suède, à la fin du xix^e siècle, a vu le succès des idées de Poincaré sur le problème des trois corps en interaction gravitationnelle, problème qui a inspiré de nombreux continuuateurs de Poincaré. Les idées mathématiques avancées par Poincaré restent d'actualité : une de ses conjectures est encore ouverte et constitue l'un des prix Clay. Notons que, signe



des temps, un génèreux industriel a remplacé un royal mécène.

On a quelquefois opposé les mathématiciens qui résolvent des problèmes à ceux qui construisent des théories, les découvreurs aux inventeurs de mathématiques. Ainsi Alexandre Grothendieck est renommé pour être un *theory builder* et son élève Pierre Deligne un *problem-solver*. Michael Atiyah, médaille Fields comme ces deux mathématiciens cités, illustre la différence en expliquant que, confronté à une «vallée mathématique» qu'il faut franchir, Grothendieck construit des strates de théories jusqu'à ce que la vallée soit comblée par les connaissances, tandis que Deligne lance un pont à travers la vallée. La métaphore est saisissante ; toutefois, pour résoudre les problèmes, il faut des

théories sur lesquelles s'appuyer, et ces théories progressent par l'effort commun de la communauté mathématique. Alain Connes pense que les théories nécessaires à la résolution des problèmes posés embelliront le paysage mathématique.

Les mathématiciens ne se préoccupent, comme d'ailleurs nombre de scientifiques, que de ce qui les intéresse.

Parmi les théorèmes démontrés, la société reconnaîtra les siens, c'est-à-dire ceux qui sont utiles, mais les mathématiciens se targuent de leur incapacité à identifier, positivement ou négativement, les parties inutiles des mathématiques. Leur «égoïsme» produit un bien commun d'un grand intérêt social : par un miracle que nul n'explique, des préoccupations d'intellectuels qui n'ont rien à voir avec la réalité fécondent les sciences. Et les grandes civilisations ont toutes encouragé les mathématiques qui contribuent à leur pérennité glorieuse : les Grecs sont renommés pour leur culture et non pour leur réussite économique.

Le congrès de 1900 réunissait 226 mathématiciens seulement, alors que, dans un congrès de mathématiques annuel aux États Unis, plus de 5 000 mathématiciens sont représentés. En 1900, l'intégralité du savoir mathématique tenait dans 80 volumes, il en faudrait 10 fois plus aujourd'hui... Alors pourquoi sept problèmes seulement ? Parce qu'il était plus noble de limiter le nombre des problèmes et de leur attribuer une grosse récompense ? Un million de dollars est une somme et, 23 millions de dollars, cela faisait beaucoup...