

signes cliniques de la maladie. Les globules rouges infectés risquent d'obstruer les vaisseaux sanguins et de déclencher des embolies responsables de coma et de décès.

Quelques-uns des mérozoïtes se transforment en gamétocytes, lesquels infecteront les moustiques sains qui piqueront le patient. Ce dernier ressent une forte fièvre, des frissons et des tremblements. Il présente des épisodes de rémission qui correspondent aux premières phases du développement d'une nouvelle génération de parasites.

Ce sont les Chinois qui ont découvert les propriétés d'*Artemisia annua* L., ou *Qinghao* : les infusions des sommités fleuries de cette variété d'armoise soulagent les fièvres. Ils ont ensuite découvert que la plante est efficace contre le paludisme. En 1972, ils en ont extrait le principe actif, qinghaosu ou artémisinine.

Ensuite, ils ont fait l'hémisynthèse de plusieurs dérivés actifs, dont l'artéméther. Ce dernier est commercialisé en Chine depuis 1987. L'artémisinine est le chef d'une toute nouvelle famille chimique. Cette molécule tue la forme schizonte du parasite.

Depuis 1990, les Laboratoires *Rhône-Poulenc Rorer* ont obtenu les autorisations de mise sur le marché de cette molécule dans plus de 35 pays d'endémie palustre. Elle est commercialisée dans 25 pays d'Asie, d'Afrique et d'Amérique du Sud. La plupart des cas de paludisme infantile surviennent en Afrique, mais les parasites y sont encore généralement sensibles à la quinine.

L'artéméther, classé parmi les médicaments essentiels par l'Organisation mondiale de la santé, est aussi efficace que la quinine (selon certaines études, il serait même plus actif). Il fait baisser la

fièvre et élimine les parasites plus rapidement que les antipaludiques usuels.

En outre, il est administré par voie intramusculaire pendant trois ou cinq jours, tandis que l'administration de quinine se fait par voie intraveineuse pendant une dizaine de jours. Le traitement par la quinine exige un suivi hospitalier rigoureux, car plusieurs complications, notamment une hypoglycémie grave, risquent de survenir.

Pour que les parasites ne deviennent pas résistants à l'artéméther comme ils le sont à la quinine – auquel cas on serait totalement démuni devant cette maladie –, les experts ont décidé de réserver cette molécule aux cas graves ou résistants aux autres médicaments antipaludiques. C'est notamment le cas des personnes atteintes de neuropaludisme, une atteinte cérébrale fatale dans plus de 20 pour cent des cas.

Les insectes judiciaires

Les insectes sont de précieux témoins judiciaires.

Lorsque l'on découvre un corps en forêt, les gendarmes cherchent à dater la mort grâce aux mouches qui colonisent le cadavre. Leur cycle de ponte n'était connu que sur des morceaux de viande en laboratoire. La décomposition d'un porcelet dans une forêt de la région parisienne a permis d'étudier *in situ* la faune nécrophage.

Un corps sans vie intéresse les insectes nécrophages, à la recherche d'un organisme capable d'assurer la subsistance de leurs larves. Ces travailleurs de la mort, attirés par l'odeur de la matière animale morte, se succèdent au rythme des modifications du substrat nourricier et en fonction des conditions exté-

rieures. Avec les bactéries spécialisées, diverses escouades d'insectes accélèrent la dégradation de la matière organique et assainissent l'environnement.

Au laboratoire d'entomologie de la gendarmerie nationale, Jean-Marc Vian et Bernard Chauvet ont observé le cycle de ponte des mouches et l'évolution de la faune nécrophage sur un cadavre de porcelet. Ce cadavre de 25 kilogrammes, tué d'un coup sur la tête pour éviter les plaies, a été placé dans une forêt d'Île-de-France début août 1996. Il était dans une cage afin d'éviter que les mammifères n'interfèrent avec l'expérience en mangeant le porcelet. Chaque jour, les entomologistes ont observé le développement des pontes et l'état de décomposition du porcelet.

Dès les premiers jours, les mouches à viande, les *Lucilia Caesar*, arrivent (voir la figure 1). Ces grosses mouches bleues pondent des paquets d'une centaine



1. Dix-sept heures après la mort, les *Lucilia Caesar* apparaissent. Sur la gauche, près des plis de la peau, des paquets d'œufs blancs ont été pondus (flèches vertes). Près de la bouche, on observe les premières larves.

d'œufs dans les plis et les orifices naturels humides du corps. À leur naissance, les asticots s'enfoncent en tous sens sous la peau et aspirent les liquides résultants de la transformation des tissus organiques. Après dix jours (voir la figure 2), le cadavre paraît recouvert de larves. Il



2. Dix jours après la mort, les larves remplissent le cadavre. Elles vont sortir du substrat et s'enterrer.



3. Onze jours après la mort, toutes les larves ont quitté le cadavre du porcelet : il ne reste que le squelette et des lambeaux de peau.

en est aussi rempli et le lendemain, ces larves ont quitté le cadavre et se sont enfouies dans le sol. Il ne reste que le squelette et des lambeaux de peau qui disparaîtront en quelques mois.

La connaissance du cycle de ponte dans un habitat naturel permet d'adapter les cycles théoriques : aujourd'hui on date la mort avec une précision de deux jours, si la mort remonte à moins de six mois, et de une semaine, si la mort est antérieure. Outre son apport technique, cette expérience enseigne aux enquêteurs à rechercher des asticots autour du cadavre alors même que celui-ci en est exempt : ces précieux indices pour l'enquêteur ont pu en effet s'enfoncer dans le sol à l'entour.

Le prix immérité

Le problème à n -corps est résolu, mais trop tard.

En 1885 trois géants des mathématiques, Karl Weierstrass, Charles Hermite et Gösta Mittag-Leffler établirent une liste des problèmes mathématiques qui leur semblaient importants. Celui qui en résoudrait un seul recevrait 2 500 couronnes d'or à l'occasion du soixantième anni-

versaire du Roi de Suède, en 1889. Parmi ces problèmes, figurait le problème à n -corps : étant donné les positions et les vitesses initiales de n objets qui s'attirent selon la loi de la gravitation, par exemple les planètes du Système solaire, il fallait prédire leurs positions et leurs vitesses après un temps quelconque.

Après plus d'un siècle de recherches, le problème formulé par Weierstrass a été résolu par Wang Qiu-Dong en 1991. Personne ne s'en aperçut avant que Florin Diacu de l'Université de Colombie Britannique ne proclame sa pertinence dans le *Mathematical Intelligencer*.

Weierstrass était convaincu qu'il n'existait pas de solution analytique. Une solution analytique est une formule ne contenant qu'un nombre fini de termes, comme l'équation de l'ellipse, la solution du problème à deux corps (le mouvement de la Terre autour du Soleil). Weierstrass demandait aux concurrents non pas une telle formule, mais un série unique comportant un nombre infini de termes, et dont la somme donnerait la réponse avec autant de précision qu'on le désirait. Il fallait que la série solution converge pour toutes les valeurs du temps. Ainsi, la série $1 - a^2 + a^4 - a^6 + \dots$ converge si et seulement si a est compris entre -1 et $+1$.

Les collisions étaient une difficulté majeure. Si deux particules entrent en collision, alors les trajectoires indépen-

dantes n'existent plus et ces événements singuliers faisaient obstacle à la convergence des séries. Wang introduisit une dilatation temporelle, qui fait que le temps s'écoule plus vite à mesure que deux objets se rapprochent, et ainsi les collisions ne se produisent qu'après un temps infini. Ayant repoussé le problème jusque dans l'éternité, la série de Wang converge toujours.

Malheureusement la solution est de peu d'intérêt pratique car il faut additionner un nombre énorme de termes pour avoir une solution très approximative. Et Wang ne gagnera pas le prix : il a été décerné à Henri Poincaré qui avait montré qu'il ne pouvait exister de solutions pour des temps infinis.

L'article de Poincaré était brillant et allait mettre «sur orbite» ce que l'on désigne aujourd'hui par la théorie du chaos. Toutefois Poincaré n'était pas tatillon, et son article était truffé d'erreurs. À tel point qu'il dut être retiré de la vente par Mittag-Leffler et réimprimé, aux frais de Poincaré...

Il n'empêche : pour ce fait d'armes, Poincaré obtint injustement un prix qu'il méritait certainement mille fois pour sa vision de l'imprévisibilité du problème à n corps. Car outre le problème posé par les collisions, il subsiste la sensibilité aux conditions initiales découverte par Poincaré, sensibilité qui impose une précision initiale infinie si l'on veut prédire les mouvements des planètes à l'infini.

Christoph PÖPPE



Laure Graudon/Art Resource

Les mouvements des planètes, représentés ici sur une peinture de tapisserie du XVIII^e siècle, est le plus fameux exemple du problème à n -corps.



Collection Viollet

Henri Poincaré (1854-1912) a gagné le prix du roi de Suède en 1889 sur la base de son mémoire sur le problème à n corps. Une de ses affirmations n'a été infirmée qu'après un siècle.