

La fièvre de la vallée du Rift

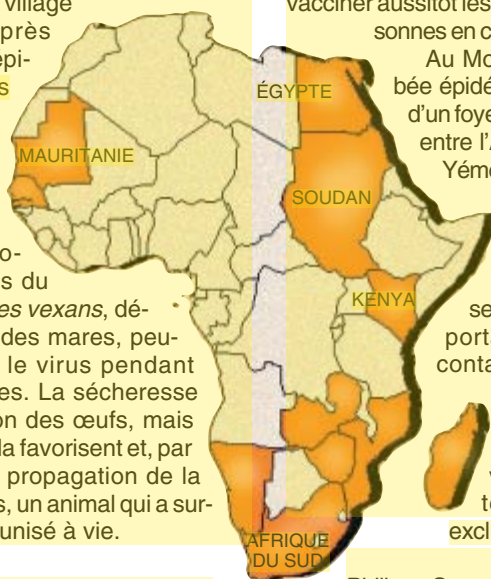
La modélisation, associée à la télésurveillance, améliore la détection des foyers à risques.

Une maladie émergente vient de toucher le Moyen-Orient et a fait plus de 200 victimes en Arabie saoudite et au Yémen depuis quelques mois. Le responsable, l'agent de la «fièvre de la vallée du Rift», ne sévisait, jusqu'à présent, qu'en Afrique, où il continue ses ravages. Comme on ne peut vacciner tous les habitants des zones à risques, ni, *a fortiori*, ceux des régions qui étaient jusqu'alors épargnées, on essaie de prévoir les prochaines zones touchées en modélisant les épidémies. Ainsi, les autorités sanitaires pourraient prendre à temps les mesures de protection des populations menacées.

L'agent pathogène, un arbovirus (un virus transmis par plusieurs espèces de moustiques) atteint d'abord les ruminants : il tue la quasi-totalité des embryons en cours de gestation et les jeunes. Les hommes sont contaminés à leur tour, soit par contact avec le sang d'un animal malade sur une plaie, soit par inhalation d'aérosol contenant le virus, ou encore par piqûre de moustique. La maladie se manifeste par des symptômes fiévreux, parfois suivis d'hémorragies mortelles.

En Afrique, l'émergence et la propagation des épidémies semblent aléatoires. La transhumance et le commerce du bétail facilitent l'apparition de nouveaux foyers ; parfois, la fièvre réapparaît dans un même village des années après une première épidémie, tandis qu'elle semble définitivement éradiquée dans d'autres zones. Selon les épidémiologistes, les œufs du moustique *Aedes vexans*, déposés au bord des mares, peuvent héberger le virus pendant plusieurs années. La sécheresse bloque l'éclosion des œufs, mais de fortes pluies la favorisent et, par conséquent, la propagation de la maladie. De plus, un animal qui a survécu reste immunisé à vie.

Principales zones africaines d'endémie.



Nous avons considéré que les œufs des moustiques *Aedes vexans* sont les uniques réservoirs du virus, et que l'immunité acquise par un troupeau décroît à mesure que les bêtes meurent. Nous avons ensuite élaboré un modèle qui prévoit l'évolution d'un foyer épidémique en fonction de l'alternance des périodes pluvieuses et sèches. Nos résultats semblent concorder avec les cycles épidémiques observés dans les villages de la région de Saint-Louis, au Sénégal, au cours des 20 dernières années.

Nous nous sommes également intéressés à la propagation des épidémies en considérant que chaque village est couplé aux autres par des liens qui représentent la transhumance et le commerce du bétail. Plus les échanges entre deux villages sont denses, plus le risque de propagation du virus est important. Nous attribuons à chaque connexion entre villages un coefficient proportionnel au risque de propagation. Aujourd'hui, nous évaluons ces interactions entre villages, au Sénégal.

Une fois ce modèle au point, il sera couplé à une télésurveillance par satellite, destinée à suivre l'évolution de la maladie, dans le cadre du projet Emercase. Comme les systèmes de télésurveillance des satellites visualisent le niveau des mares, on pourrait prévoir l'émergence d'une épidémie plus ou moins grave selon la date du dernier épisode de la fièvre. Si la précédente épidémie est récente, les bêtes sont encore immunisées et le nouvel épisode de fièvre ne sera pas grave. Inversement, si le bétail n'est plus immunisé, l'épidémie fera des ravages. Puis l'épidémie touche les villages limitrophes, et ceux avec lesquels les échanges sont fréquents. Le modèle évaluera les villages à risques et on pourra lancer des «alertes précoces» afin d'y vacciner aussitôt les troupeaux et les personnes en contact avec les bêtes.

Au Moyen-Orient, la flambée épidémique semble issue d'un foyer unique à la frontière entre l'Arabie saoudite et le Yémen. Elle résulterait non pas de fortes pluies, puisqu'il n'y avait pas de moustiques infectés jusqu'à présent, mais plutôt de l'importation de bétail contaminé. Cette émergence de la fièvre au Moyen-Orient indique que la propagation du virus au bassin méditerranéen n'est pas exclue.

Marc DUBOIS (CEA)
Philippe SABATIER (INRA, ENV-Lyon)

BRÈVES

Un hominidé de six millions d'années

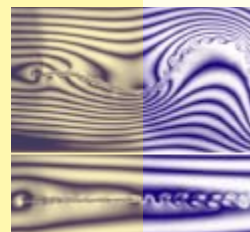
Des ossements d'hominidés vieux de six millions d'années ont été mis au jour dans le Nord-Ouest du Kenya. Jusqu'à cette découverte, les fossiles humains les plus anciens dataient de 4,5 millions d'années et avaient été découverts en Éthiopie. Les paléontologues français et kenyans ont trouvé des morceaux de mâchoire, des dents, des os de bras et de jambe, ainsi qu'un doigt, dispersés sur trois sites. Ces restes appartenaient à au moins cinq individus, dont un jeune âgé de six ans. Ces hominidés grimpaient aux arbres avec agilité, mais se déplaçaient déjà en position debout lorsqu'ils étaient au sol. L'un des fémurs porte des traces de morsures : l'hominidé a dû être tué et dévoré par un grand carnassier.

L'Univers se rafraîchit

Lorsque l'Univers n'avait que trois milliards d'années, sa température était comprise entre 6 et 14 kelvins (-267 et -259 °C), d'après les astrophysiciens du Centre de Pune en Inde. Ils ont déduit ce résultat de leur observation de la lumière, absorbée par un nuage de gaz très éloigné de la Terre, venant d'un quasar. Cette absorption dépend de la température du nuage, qui reflète la température à laquelle se trouvait l'Univers quand la lumière en est partie (il y a 12 milliards d'années). Aujourd'hui, l'Univers a 15 milliards d'années et sa température est de 2,73 kelvins. Ces résultats confortent la théorie du Big Bang, selon laquelle l'Univers s'est refroidi depuis sa formation.

La taille critique du drapeau

Les mouvements d'un drapeau dans le vent et ceux d'un poisson dans le courant se ressemblent, mais on les comprend mal. Pour les étudier, des physiciens de l'Université de New York ont accroché un filament souple dans un flux laminaire (sans turbulence) de savon liquide. Ils ont observé que des filaments courts (dont la longueur est inférieure à une valeur critique) restent droits dans le courant. Quand la longueur dépasse la valeur critique, le filament se met à ondoyer comme un drapeau. Ce résultat contredit l'opinion selon laquelle les drapeaux sont toujours instables. Gageons que les poissons sont tous au-dessus de leur taille critique!



Caméra cachée

Le tube digestif est en contact avec l'extérieur, mais son examen n'est ni aisé, ni agréable. L'endoscopie, qui consiste à introduire une mini caméra placée à l'extrémité d'un dispositif qui, d'une part, éclaire la zone observée et, d'autre part, enregistre les images, est souvent mal tolérée. Fondée sur le même principe, mais d'un usage notablement plus aisé, des «pilules» de un centimètre sur trois contiennent une caméra, des piles et un dispositif de repérage. La caméra ultra sensible fonctionne même dans des conditions de faible luminosité. Les patients avalent une caméra le matin, laquelle est récupérée quelques heures plus tard «naturellement». Pour le moment la méthode est validée par des coloscopies. Le dispositif en cours d'évaluation a révélé des lésions intestinales que les méthodes classiques n'avaient pas repérées.

Gaz de billes

Mêmes les «gaz de billes» ressemblent aux gaz parfaits. On obtient de tels «gaz» en faisant vibrer une boîte transparente remplie de billes d'acier ; l'épaisseur de la boîte photographiée par la caméra excède de peu le diamètre des billes (un millimètre). Les physiciens de l'Université du Massachusetts ont mesuré à l'aide d'une caméra rapide la distribution des vitesses de ces billes. Elle ressemble à celle que vérifient les gaz parfaits, la loi de Maxwell. Maxwell avait précisément fait l'hypothèse que les molécules d'un gaz parfait se comportent comme des billes. Des gaz de billes aux gaz parfaits, une seule différence, un exposant dans la loi de Maxwell!



D. Peebles, Corbis

Singes dactylographes

Pour illustrer l'impossible «retour en arrière» des phénomènes physiques, Émile Borel évoque une armée de singes dactylographes qui, tapant au hasard sur leur machine à écrire, reconstitueraient une œuvre littéraire, voire «la copie exacte des livres de toute nature et de toutes langues conservés dans les plus riches bibliothèques du monde». Cette comparaison a été décrite par d'autres. Joseph de Maistre, en 1814, dans son *Essai sur les principes générateurs de la révolution française*, mentionne des lettres lancées en l'air qui reconstitueraient Athalie, la pièce de Racine et cite Cicéron dont, semble-t-il, l'idée proviendrait.

Premières orbites autour d'un trou noir

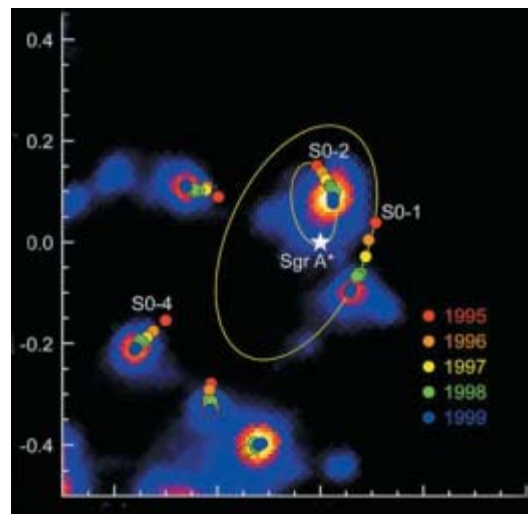
Les astrophysiciens précisent la position et la valeur de l'énorme masse qui se trouve au centre de la Voie lactée.

La présence d'un trou noir au centre de notre Galaxie est de plus en plus probable. Située dans la constellation du Sagittaire, cette région intrigue depuis longtemps les astrophysiciens de par son exceptionnelle concentration stellaire, laquelle indique la présence d'un puissant centre d'attraction. Pour connaître sa nature, plusieurs équipes internationales scrutent la région depuis dix ans, et mesurent les vitesses apparentes des astres qui y gravitent. Pour la toute première fois, les astrophysiciens ont réussi à mesurer l'accélération exercée par le trou noir sur certaines étoiles.

La première vitesse apparente d'une étoile, la vitesse radiale, est sa vitesse d'éloignement ou de rapprochement. Les astrophysiciens la déduisent des déformations du spectre de l'astre, dont ils choisissent l'une des raies d'émission pour en mesurer le décalage en fréquence. Nommé «décalage Doppler», ce dernier est proportionnel à la vitesse de l'émetteur de la raie. La mesure est difficile, car les poussières interstellaires obscurcissent le centre de la Galaxie dans le visible comme dans l'infrarouge proche. Seuls les spectres de quelques dizaines d'étoiles, particulièrement brillantes, sont utilisables.

Le second type de vitesse apparente est la composante perpendiculaire à la vitesse radiale. Nommée «vitesse sur le plan du ciel», elle est aussi difficile à mesurer tant le champ observé est encombré. Seules 190 étoiles très brillantes se distinguent assez pour pouvoir être suivies dans le temps. Deux techniques donnent aux astrophysiciens la résolution spatiale nécessaire : le «recentrage à pose courte» et l'optique adaptative. La première consiste à enregistrer très vite des images, sans laisser le temps à la turbulence atmosphérique de les brouiller puis à les additionner ; dans la seconde technique, des miroirs sont déformés pour compenser l'effet de cette turbulence.

L'ensemble de ces mesures révèle l'extrême agitation stellaire du centre galactique. Mesurées par rapport au centre d'attraction, les vitesses des étoiles rapides qui y gravitent dépassent



On déduit des trajectoires ellipsoïdales des étoiles du centre de la Galaxie que ces dernières gravitent autour d'une masse de quelque trois millions de fois celle du Soleil. Un trou noir?

sent le millier de kilomètres par seconde. Pour comparaison, le Soleil et son cortège de planètes orbitent dans la Galaxie à quelque 220 kilomètres par seconde. Pour les astrophysiciens, seule la présence d'une petite zone extrêmement dense peut être à l'origine d'une agitation pareille. Les trajectoires stellaires observées sont explicables si l'on suppose que cette zone est quasi ponctuelle et que sa masse est d'environ trois millions de masses solaires. Si c'est vraiment le cas, il s'agit probablement d'un trou noir. Quelle serait sa position? Les analyses les plus récentes livrent une distance du centre galactique au Soleil de l'ordre de 25 000 années-lumière.

L'hypothèse de la présence d'un trou noir au centre galactique a été encore confortée par l'équipe d'Andrea Ghez, de l'Université de Californie, qui, grâce au puissant télescope Keck d'Hawaii, a mesuré l'accélération de certaines étoiles brillantes proches. A. Ghez et ses collègues ont ainsi montré que les vecteurs de plusieurs accélérations stellaires pointent dans la direction du trou noir présumé! La méthode de l'équipe livre des résultats sur la position du trou noir quatre fois plus précis que les estimations antérieures. De plus, chance supplémentaire, l'ellipse que décrit l'une des étoiles étudiées, S0-1, indique une période orbitale de 15 ans. Pour la première fois, les astrophysiciens vont assister au cours de leur vie à plusieurs révolutions d'une étoile gravitant autour d'un trou noir de trois millions de fois la masse solaire!

Christophe PICHON
Observatoire de Strasbourg