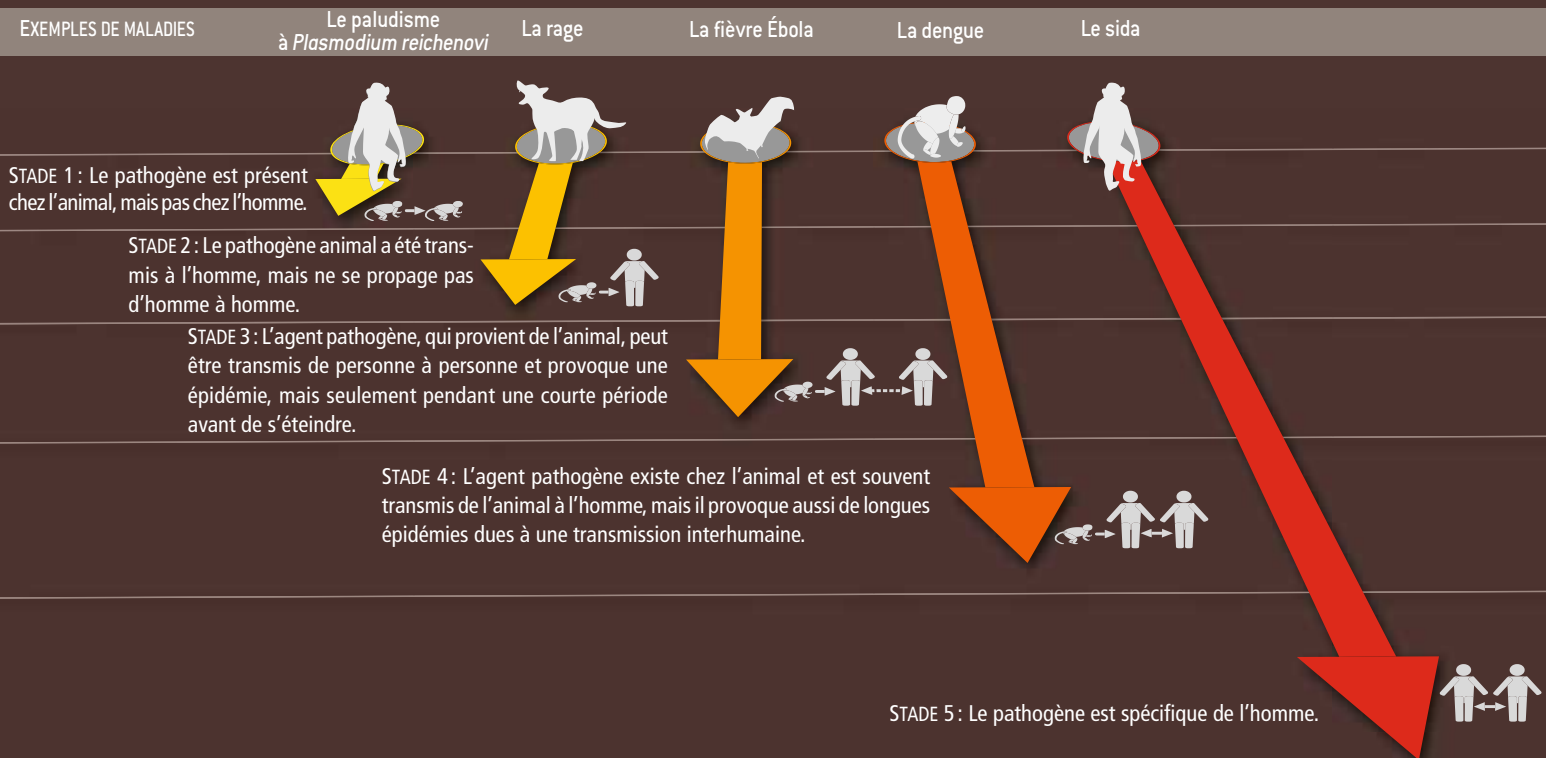


La pandémie : une évolution en cinq étapes

Cinq stades sont nécessaires pour qu'un micro-organisme animal se transforme en un pathogène spécifique de l'homme. Les agents infectieux peuvent rester bloqués dans chacun de ces stades. Ceux des premiers stades, le virus Ébola par exemple, peuvent être très meurtriers, mais ils font peu de victimes, car ils ne peuvent pas se propager chez l'homme. Plus un virus est transmissible chez l'homme, plus il est susceptible de provoquer une pandémie.



immunitaire. Deux de ces virus, le HTLV-1 et le HTLV-2, sont déjà connus, car ils touchent des millions de personnes dans le monde et entraînent des cancers et des maladies neurologiques chez certains malades. Mais HTLV-3 et HTLV-4, que nous avons décrits en 2005, étaient nouveaux. Étant donné la similitude génétique entre le HTLV-3 et son homologue simien, le STLV-3, il semble que ce virus ait été transmis *via* les singes infectés par le STLV-3 et chassés par l'homme. L'origine du HTLV-4 reste inconnue, mais nous découvrirons peut-être son ancêtre primate en explorant davantage ces virus simiesques.

Nous ignorons pour l'instant si le spumavirus ou ces nouveaux virus T-lymphotropiques humains provoquent des maladies chez l'homme. Les virus ne rendent pas toujours malades la personne qu'ils infectent, mais quand c'est le cas et s'ils se propagent d'un individu à un autre, ils n'engendrent pas toujours de pandémies ; la plupart du temps, ils s'éteignent spontanément. Mais comme ces virus sont de la même famille que le VIH, responsable d'une épidémie mondiale, les épidémiologistes doivent les surveiller de près.

Nous avons défini cinq stades permettant la transformation d'un pathogène

Et les animaux de compagnie ?

✓ **Les animaux sauvages et ceux d'élevage ne sont pas les seules sources potentielles d'agents pathogènes humains. Les chiens, les chats et les rats – et d'autres animaux de compagnie – peuvent héberger des agents pathogènes pour l'homme. C'est le cas notamment quand les animaux de compagnie sont au contact d'animaux sauvages porteurs de germes. Ces derniers peuvent passer aux animaux de compagnie, qui les transmettent alors à leurs maîtres.**



animal en un pathogène spécifique de l'homme (voir l'encadré ci-dessus). Dans le premier stade, l'agent infectieux est uniquement présent chez l'animal. Dans le deuxième, il peut être transmis à un homme par un animal. Au troisième stade, le germe se transmet surtout des animaux à l'homme, mais il peut aussi se propager parmi les hommes, avant de disparaître. Quand l'agent infectieux atteint le quatrième stade, il peut persister chez l'homme. Au dernier stade, il est un pathogène exclusif de l'homme et il n'a plus besoin d'hôte animal pour se multiplier et se propager. Les pathogènes des quatrième et cinquième stades peuvent causer des pertes humaines importantes.

Si nous avions observé les chasseurs africains il y a 30 ans, nous aurions peut-être détecté et stoppé le VIH plus tôt, avant qu'il ne devienne pandémique. Aujourd'hui il est trop tard. À présent, la question est : comment empêcher l'attaque de futurs virus ?

Comme il nous est possible d'étudier des populations éloignées, nous espérons étendre nos travaux pour suivre les transmissions des virus animaux aux hommes, partout où c'est envisageable. Avec une surveillance mondiale, nous pourrions



Karl Ammann

- Pays : Cameroun
- Virus déjà observés : VIH
- Population étudiée à la recherche de nouveaux pathogènes : les chasseurs d'animaux sauvages.

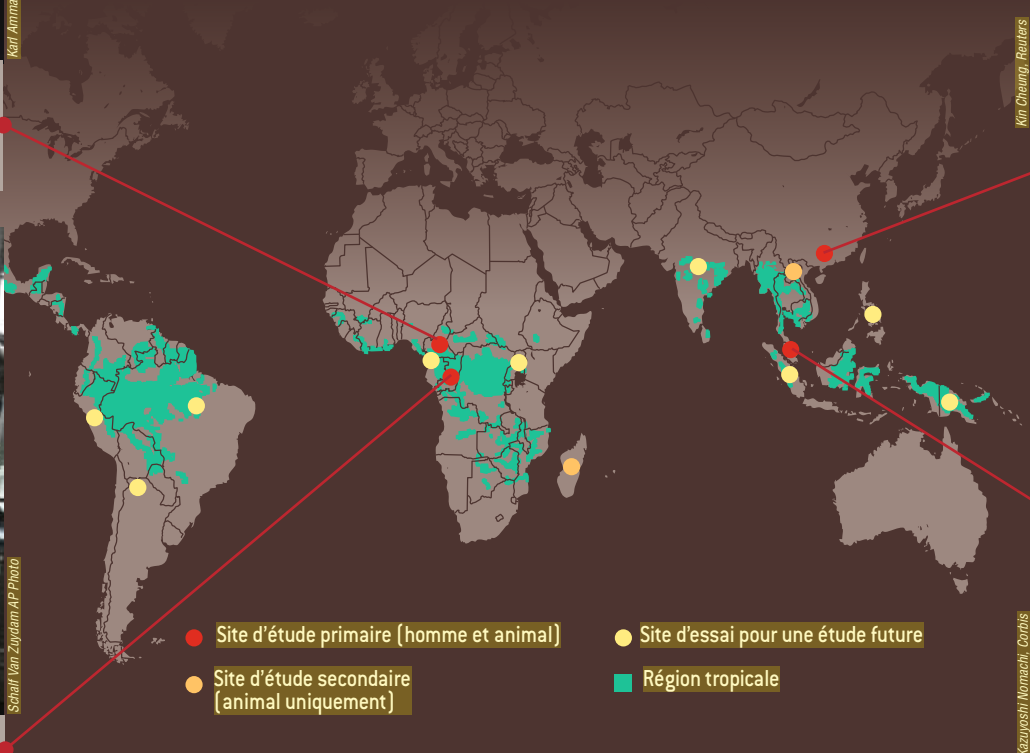


Schell Van Zuydam AP Photo

- Pays : République démocratique du Congo
- Virus déjà observés : le virus de Marburg, le virus de la variole du singe, le virus Ebola
- Population étudiée : les chasseurs d'animaux sauvages.

Un réseau de surveillance mondial

En surveillant les micro-organismes chez les animaux sauvages et les populations exposées à ces animaux, les scientifiques pourraient repérer une maladie infectieuse avant qu'elle ne se répande. De fait, l'auteur vient de créer le *Global viral forecasting initiative* – réseau global de prévision des infections virales. Ce réseau est constitué de 100 scientifiques et responsables de Santé publique (*points rouges et orange*) qui surveillent les agents potentiellement dangereux quand ils passent de l'animal à l'homme. Ce programme se concentre notamment sur les régions tropicales (*en vert*), parce qu'elles abritent une grande variété d'espèces animales et que les hommes sont en contact avec ces animaux. Ce réseau pourrait être étendu à d'autres pays qui présentent une grande biodiversité, tels ceux représentés sur la carte (*points jaunes*).



Kim Chiang Reuters

Kazuyoshi Nomachi Corbis

peut-être déclencher l'alarme avant qu'une maladie infectieuse n'émerge.

En collaboration avec *google.org* et la Fondation Skoll, nous avons créé le *Global viral forecasting initiative* (GVFI, réseau global de prévision des infections virales), un programme où des épidémiologistes, le personnel de Santé publique et des biologistes du monde entier collaborent pour identifier les agents infectieux là où ils émergent et pour les surveiller quand ils passent des animaux à l'homme et se propagent. Ce programme rassemble le maximum d'informations concernant l'ensemble des pathogènes – les virus, les bactéries, les parasites – qui passent des animaux à l'homme.

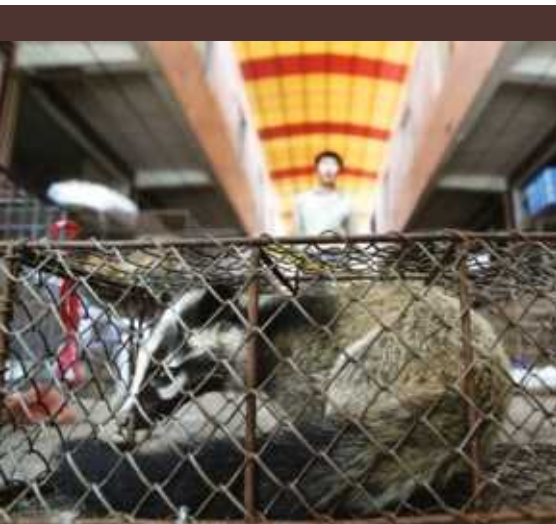
Bien que ces travaux soient récents, notre programme dispose d'une centaine de scientifiques qui suivent des populations ou des animaux sentinelles au Cameroun, en Chine, en République démocratique du Congo, au Laos, à Madagascar et en Malaisie, c'est-à-dire dans toutes les régions favorables à l'émergence de maladies infectieuses (voir l'encadré ci-dessus). On surveille des chasseurs, mais aussi d'autres personnes présentant un risque important de contracter des maladies à partir de la faune, tels les vendeurs sur les marchés en Asie où sont présents des animaux vivants.

Toutefois, la découverte d'un nouveau micro-organisme chez un chasseur n'est

qu'une première étape. Nous devons ensuite déterminer si ce pathogène engendre une maladie, s'il est transmissible d'homme à homme, et s'il a été détecté dans des villes où la densité élevée des habitants favorise sa propagation. L'apparition d'un pathogène dans un centre urbain, loin de sa source, serait un signe inquiétant d'une éventuelle pandémie.

Le sang contaminé

Dans le cas des virus HTLV-3 et HTLV-4, nous vérifions régulièrement si ces virus se retrouvent dans les populations à risque des villes proches des endroits où émer-



- Pays : Chine
- Virus déjà observés : SRAS, H5N1
- Population étudiée : les commerçants sur les marchés.



- Pays : Malaisie
- Virus déjà observé : le virus Nipah
- Population étudiée : les chasseurs d'animaux sauvages.

gent la plupart des maladies infectieuses. Les populations à risque sont par exemple les personnes souffrant de drépanocytose – une maladie héréditaire caractérisée par l'altération de l'hémoglobine, la protéine de transport de l'oxygène dans le sang – qui reçoivent des transfusions sanguines pour traiter leur maladie.

Si nous découvrons des individus infectés dans ces populations, nous devons lancer un programme mondial de surveillance des approvisionnements en sang. De fait, nous tentons de mettre au point de nouveaux tests diagnostiques qui permettent de vérifier la présence de ces virus dans le sang.

Il serait aussi utile de déterminer le mode de transmission d'un agent pathogène : nous saurions alors quelles tactiques adopter pour bloquer sa propagation. Par exemple, si un virus est sexuellement transmissible, les responsables de santé publique pourraient lancer des campagnes d'information recommandant l'utilisation du préservatif.

Les gouvernements peuvent aussi prendre certaines mesures pour éviter que le sang conservé dans les banques ne soit contaminé par de nouveaux virus. Par exemple, après nos découvertes concernant la relation entre l'exposition à des primates non humains et l'apparition de nouveaux virus, le gouvernement canadien a modifié sa politique de don du sang : celle-ci exclut désormais les donneurs ayant eu des contacts avec des primates non humains.

C'est l'affaire de tous

En plus de nos tentatives de prévention, des programmes informatiques tels que *HealthMap* et *Promed* compilent des rapports quotidiens sur les épidémies dans le monde entier, et des systèmes d'alerte sur internet, tels que ceux pilotés par *google.org*, utilisent l'ensemble des données pour prévoir les épidémies de grippe.

De même, on a montré que les systèmes de surveillance des pays concernés et de l'Organisation mondiale de la santé joueront un rôle majeur pour stopper la prochaine épidémie de peste.

Pour notre part, nous aimerions étendre notre réseau de surveillance à d'autres pays, tels le Brésil et l'Indonésie, qui présentent une grande diversité d'espèces animales. Si notre programme réussit à prévenir ne serait-ce qu'une seule pandémie dans les 50 prochaines années, le coût investi sera minime comparé aux bénéfices humains et financiers.

Les hommes essaient de prédire diverses menaces naturelles, tels les ouragans, les tsunamis, les tremblements de terre et les éruptions volcaniques. Nous n'avons aucune raison de croire que prévoir les pandémies est plus difficile. Étant donné les sommes d'argent colossales nécessaires pour stopper une pandémie, les dégâts humains qu'elle engendre, et les conséquences néfastes qu'elle a sur l'économie, il est préférable de la stopper dès son apparition, et ce à moindre coût. Le principe de prévention n'a jamais été plus judicieux. ■

Une transmission à double sens



Wilfried Knechtwist, Getty Images

✓ **Non seulement les pathogènes passent de l'animal à l'homme, mais ils peuvent aussi circuler dans l'autre sens. Les maladies infectieuses que l'homme transmet à l'animal sont par exemple la tuberculose (le bétail est concerné), la fièvre jaune (les singes d'Amérique du Sud), la rougeole (les gorilles) et la poliomyélite (les chimpanzés).**

✓ BIBLIOGRAPHIE

N. Wolfe et al., *Origins of major human infectious diseases*, *Nature*, vol. 447, pp. 279-283, mai 2007.

N. Wolfe et al., *Bushmeat hunting, deforestation, and prediction of zoonotic disease emergence*, *Emerging Infectious Diseases*, vol. 11, pp. 1822-1827, décembre 2005.

N. Wolfe et al., *Emergence of unique primate T-lymphotropic viruses among central african bushmeat hunters*, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, vol. 102, pp. 7994-7999, mai 2005.

N. Wolfe et al., *Naturally acquired simian retrovirus infections in central african hunters*, *Lancet*, vol. 363, pp. 932-937, mars 2004.

✓ SUR LE WEB

Le site du programme *Global viral forecasting initiative* : www.gvfi.org.



La *propulsion* des nanorobots

Thomas Mallouk et Ayusman Sen

L'ESSENTIEL

- ✓ En s'inspirant des moteurs biologiques à l'œuvre dans les cellules, les chimistes mettent au point des machines microscopiques propulsées par des réactions catalytiques.
- ✓ À cette échelle, les nanorobots doivent lutter contre des lois physiques capricieuses : les fluides paraissent aussi visqueux que du miel et l'agitation moléculaire rend les trajectoires chaotiques.
- ✓ Ces nanorobots motorisés pourraient à terme administrer des médicaments, assembler d'autres machines, ou effectuer des opérations de microchirurgie.

Des moteurs catalytiques qui utilisent le fluide environnant comme combustible propulsent aujourd'hui des robots microscopiques. Ils ouvrent la voie à de nombreuses applications.

Imaginez des bistouris, des pelleteuses ou des arcs à souder aussi petits que des bactéries. De minuscules outils robotisés, injectés dans le corps, pourraient localiser et neutraliser les sources de maladie, par exemple les plaques dans les artères ou les dépôts de protéines associés à la maladie d'Alzheimer. Ces nanomachines – des robots à l'échelle du nanomètre – pourraient aussi pénétrer dans les poutres des ponts ou les ailes des avions pour y réparer d'invisibles fissures avant qu'elles ne s'aggravent et provoquent des catastrophes.

Ces dernières années, les chercheurs ont créé tout un ensemble de remarquables structures à l'échelle moléculaire, qui pourraient devenir les composants de ces

minuscules machines. Une voiture moléculaire dotée de quatre fullerènes (des molécules de carbone en forme de ballon de football) en guise de roues, 5 000 fois plus petites qu'une cellule humaine, a ainsi été mise au point.

Mais sous le capot de cette nanoviture, pas de trace de moteur. Elle ne se déplace qu'au gré des collisions aléatoires avec les molécules du milieu environnant, un processus connu sous le nom de mouvement brownien. C'est actuellement le plus grand problème des nanomachines : nous savons les construire, mais pas comment les faire se déplacer.

À l'échelle d'une cellule ou au-dessous, le déplacement pose des défis spécifiques. L'air et l'eau paraissent aussi épais que de la mélasse, et le mouvement brownien s'op-

