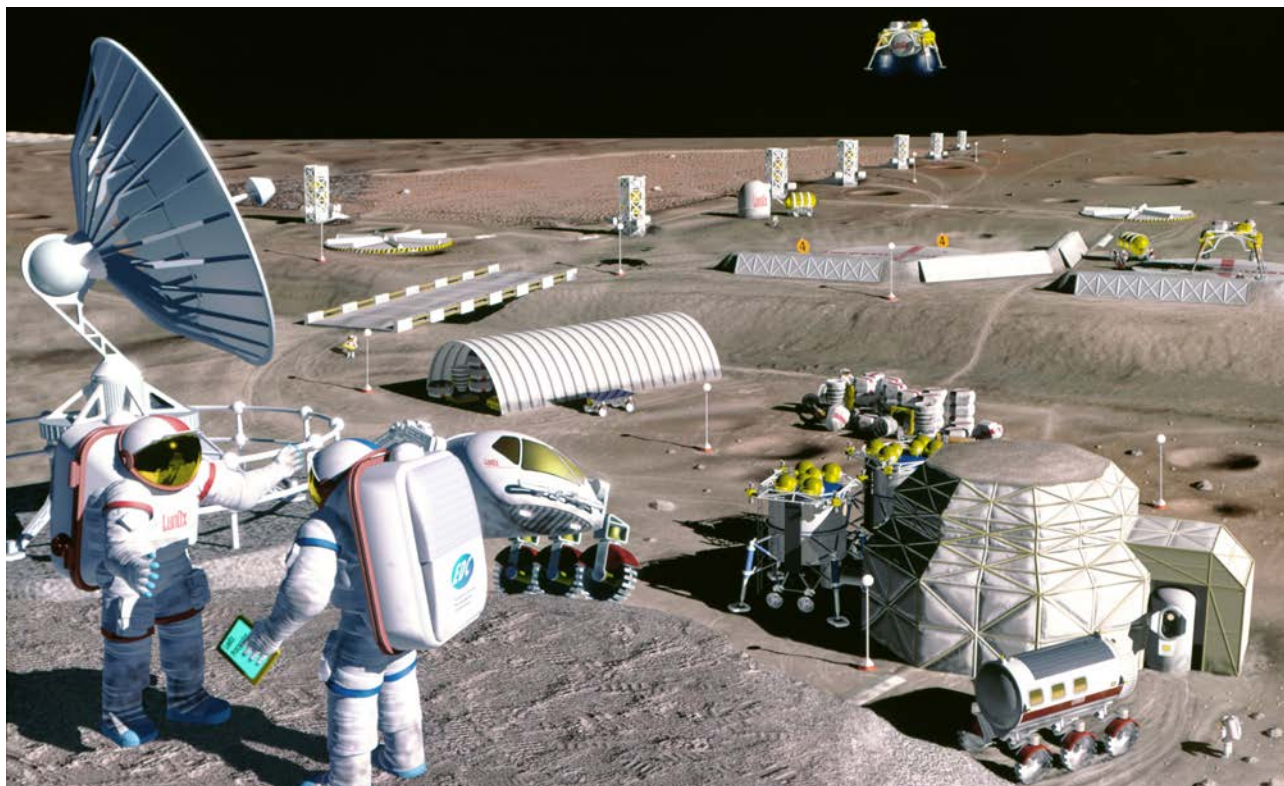




© NASA/SAIC/Pat Rawlings

élément d'interprétation consiste à considérer que le principe de non-appropriation ne s'applique pas à l'appropriation par les personnes privées. Un second consiste à distinguer l'appropriation des corps célestes, qui est interdite, de l'exploitation de leurs ressources naturelles, qui serait licite. D'ailleurs, la loi américaine prend le soin de préciser que le texte ne confère aucun droit de souveraineté, de juridiction ou de propriété sur les corps célestes.

Aucune de ces interprétations n'a été à ce jour validée par la communauté internationale. La réaction de cette dernière sera justement déterminante. Réunis au sein du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique de l'ONU, les États participant à l'aventure spatiale devraient se prononcer sur l'initiative américaine. Le débat est attendu pour le mois d'avril 2016.

Si les autres puissances spatiales, notamment la Russie, le Japon ou la France, restent neutres ou se contentent d'une protestation molle, les États-Unis auront alors réussi leur stratégie juridique. Mais même si la réaction est plus vive, les États-Unis

L'EXPLOITATION MINIÈRE
des corps célestes
tels que la Lune ou les
astéroïdes est désormais
possible pour les entreprises
privées des États-Unis,
en vertu de la nouvelle loi
adoptée unilatéralement
par ce pays.

■ L'AUTEUR



Philippe
ACHILLEAS,
professeur
de droit public
à l'université de
Caen-Normandie,

est directeur de l'IDEST (Institut
du droit de l'espace
et des télécommunications)
à la faculté Jean Monnet,
à Sceaux (université Paris-Sud).

pourront toujours bloquer l'adoption d'un texte faisant état d'une violation du droit international.

À l'évidence, les États-Unis sont en train de faire bouger les lignes comme en 1945, lorsque le président Truman avait unilatéralement étendu la juridiction américaine sur les ressources naturelles de leur plateau continental, situées à l'époque dans les eaux internationales. Cette pratique, reprise par d'autres États, a conduit à une révision du droit international de la mer dans le sens des intérêts économiques des États côtiers.

Dans le contexte actuel de la réduction des budgets publics, chacun sait que l'aventure spatiale ne pourra se poursuivre sans l'apport massif des investisseurs privés. Dès lors, l'idéalisme juridique des années 1960, qui entendait placer l'espace en dehors des intérêts commerciaux, ne devrait pas résister au réalisme. ■



Réagissez au
Point de vue sur
www.pourlascience.fr

ENTRETIEN

Maladie de Lyme : « Les outils pour améliorer le diagnostic sont pourtant là »

La maladie de Lyme pose un problème de santé publique : sous-diagnostiquée, elle laisse de nombreuses personnes aux prises pendant des années avec des douleurs chroniques. Alors que les solutions sont à portée de main !



Muriel VAYSSIER-TAUSSAT, directrice de recherche à l'Inra, dirige l'équipe Vectotiq à l'École vétérinaire d'Alfort (Enva).

Transmise par les tiques, la borréliose de Lyme est une maladie plutôt bien connue, que l'on sait guérir à l'aide d'antibiotiques adaptés. Pour autant, son diagnostic pose de nombreuses difficultés. Selon une estimation de l'Institut de veille sanitaire, la France compte environ 27 000 nouveaux cas par an. Mais, selon les associations de malades, ce nombre est très sous-estimé, divers symptômes invalidants apparaissant parfois longtemps après un test de dépistage négatif. Pourquoi un tel écart ? Pourquoi est-il si compliqué de détecter la maladie de Lyme et quelles solutions sont envisagées pour améliorer le diagnostic ? Éclairage de Muriel Vayssier-Taussat, responsable de l'équipe Vectotiq (UMR BIPAR, Inra-Anses-Enva), à Maisons-Alfort.

POUR LA SCIENCE

Qu'est-ce que la borréliose de Lyme ?

MURIEL VAYSSIER-TAUSSAT : C'est une maladie causée par différentes espèces de bactéries du groupe *Borrelia burgdorferi* (ce groupe d'une vingtaine d'espèces du genre *Borrelia* a été rassemblé sous le nom de la première espèce identifiée comme responsable de la maladie). Aux États-Unis, une seule espèce est présente, *Borrelia burgdorferi* au

sens strict. En France et en Europe, cinq espèces responsables de la borréliose circulent (*Borrelia burgdorferi*, *B. garinii*, *B. afzelii*, *B. valaisiana* et *B. spielmanii*). Ces bactéries sont transmises par des acariens, des tiques du genre *Ixodes*. Différentes espèces de tiques transmettent la maladie de Lyme selon les régions. En France, le vecteur est l'espèce *Ixodes ricinus* ; aux États-Unis, il s'agit d'une cousine proche et, dans le nord de l'Europe, une autre espèce encore sévit.

Les bactéries du groupe existent de manière naturelle chez les animaux sauvages, principalement chez des petits rongeurs et des oiseaux. Insensibles à ces bactéries, ces animaux en constituent des réservoirs sur lesquels la tique se contamine quand elle prend un repas sanguin. Lors d'un autre repas sanguin, elle transmet la bactérie à l'homme ou à d'autres animaux, en particulier domestiques, chez qui cette dernière peut aussi déclencher la maladie.

PLS

Quelle est l'incidence de la maladie ?

M.V.-T. : En France, l'incidence de la maladie est une estimation de l'Institut de veille sanitaire à partir du nombre de cas répertoriés par des médecins sentinelles entre 2009 et 2011. En moyenne, on a ainsi 43 nouveaux cas par an pour 100 000 habitants,

avec des disparités selon les régions. Les régions les plus touchées sont très boisées, avec une forte présence d'animaux sauvages, telles que l'Alsace (plus de 100 nouveaux cas pour 100 000 habitants) et la Meuse. Aux États-Unis, les Centres de contrôle et de prévention des maladies (CDC) estiment selon une méthode similaire que 300 000 nouveaux cas sont diagnostiqués par an, principalement concentrés dans 14 États (en 2014, l'État le plus touché était le Maine, avec 88 nouveaux cas pour 100 000 habitants). En Europe, on compte environ 85 000 nouveaux cas par an. Des disparités existent selon les pays, mais la comparaison des données entre les pays est limitée par la diversité des sources et des périodes d'étude.

PLS

Quels sont les symptômes de la maladie ?

M.V.-T. : Plusieurs jours après la morsure d'une tique infectée apparaît sur la peau une tache rouge qui grossit, atteignant parfois plus de 5 centimètres de diamètre, puis disparaît en quelques jours. Cet érythème migrant est le symptôme classique de la maladie de Lyme. Si une personne s'est aperçue qu'elle a été mordue par une tique, remarque l'érythème et consulte un médecin, celui-ci lui prescrit un traitement antibiotique qui dure environ quinze jours et est très efficace à

cette phase précoce, et la personne guérit en trois semaines à un mois.

PLS

Que se passe-t-il si l'on ne remarque pas l'érythème migrant ?

M. V.-T. : C'est alors que les problèmes surviennent, ou lorsque l'on voit un érythème, mais que l'on ne consulte pas. Celui-ci s'estompant assez vite et n'étant pas accompagné d'autres signes cliniques, on le pense sans gravité. En général, on ne s'aperçoit même pas qu'on est mordu par une tique, car au moment où elle pique, elle injecte des substances anesthésiantes. On peut ainsi rester avec une tique pendant plusieurs jours sans le savoir. On la remarque parfois quand elle grossit, la tique devenant 50 fois plus grosse à l'issue d'un repas.

Or sans le traitement antibiotique précoce, la situation se complique. D'autres symptômes très variés – articulaires, musculaires, neurologiques – apparaissent plusieurs semaines après l'érythème migrant. Le traitement est alors plus compliqué, car les antibiotiques sont beaucoup moins efficaces à ce stade, et le lien n'est pas toujours fait avec la maladie de Lyme. Des personnes souffrent ainsi de problèmes neurologiques, articulaires ou musculaires pendant plusieurs mois, voire des années.

PLS

Comment diagnostique-t-on la maladie lorsque l'érythème migrant a disparu ?

M. V.-T. : On recherche dans le sang de la personne des anticorps spécifiques des bactéries du groupe *Borrelia burgdorferi*, à l'aide de deux tests. Le premier est un test Elisa (*enzyme-linked immunosorbent assay*) : on passe au crible ces anticorps à l'aide d'une réaction immuno-enzymatique (quand un anticorps est reconnu à l'aide d'un antigène spécifique, une réaction enzymatique se déclenche, détectée par spectroscopie). Si ce test est positif, on confirme le diagnostic par un second test plus précis – un Western Blot. On incube le sang avec des bandelettes portant certaines protéines bactériennes contre lesquelles le patient a pu produire des anticorps. Si ces anticorps sont présents dans le sang, ils réagissent avec les bandelettes.

Si ces deux tests sont positifs, un diagnostic est posé sur la maladie de Lyme. Le problème, c'est que beaucoup de personnes se font piquer

par des tiques, ont divers symptômes, mais présentent des tests négatifs et ne sont donc pas diagnostiquées comme ayant la maladie de Lyme. D'où la protestation des associations de malades.

PLS

Pourquoi ces tests ne détectent-ils pas tous les cas ?

M. V.-T. : Pour plusieurs raisons. La première est que plusieurs tests différents sont commercialisés pour détecter la maladie de Lyme et qu'on ne connaît pas leur spécificité et leur sensibilité. Pour avoir une sensibilité optimale en France, il faudrait que les tests Elisa soient fabriqués à partir des cinq espèces de bactéries connues pour y causer la maladie. Mais les fabricants ne sont pas tenus de préciser le contenu de leurs tests. Certains le font, mais pas tous, et les laboratoires



UNE TIQUE *IXODES RICINUS* après un repas sanguin de plusieurs jours. Plus le repas est long, plus le risque de transmission d'agents pathogènes est grand.

d'analyse médicale choisissent ainsi leurs tests sans en connaître les performances.

En France, plus de vingt tests sont disponibles. Ils fonctionnent plus ou moins bien, mais quand vous allez dans un laboratoire pour un diagnostic, vous ne savez pas lequel est utilisé. Il y a un réel besoin de clarifier tout ça. C'est une des recommandations de l'avis donné par le Haut conseil de la santé publique en 2014, en réponse à une saisine de la Direction générale de la santé : faire un tri dans tous les tests commercialisés pour déterminer lesquels sont les plus spécifiques et les plus sensibles pour détecter la maladie. L'Agence nationale de sécurité du médicament

(ANSM) mène en ce moment cette étude et devrait donner ses résultats en 2016.

PLS

Existerait-il d'autres tests plus efficaces, utilisés ailleurs, par exemple ?

M. V.-T. : Les associations de malades utilisent beaucoup le test de la goutte épaisse : on prend du sang au bout du doigt, on le met entre lame et lamelle et en regardant au microscope sur fond noir, on verrait les bactéries. Avec Christian Perronne, infectiologue à l'hôpital de Garches, nous avons voulu savoir si cette approche fonctionnait. Nous avons comparé selon ce protocole le sang d'individus sains et d'autres dont on savait qu'ils avaient la maladie. Résultat : on distinguait très bien des bâtonnets hélicoïdaux qui ressemblaient aux *Borrelia*, mais à la fois chez les individus sains et chez les malades. Le test n'est donc pas spécifique.

Nous ne savons pas si ces bâtonnets sont des bactéries, mais ce ne sont pas des *Borrelia*, car nous avons essayé de les identifier par des tests spécifiques mettant en évidence l'ADN des *Borrelia*, sans succès. Il s'agit peut-être d'autres bactéries : lorsqu'on mange, certaines bactéries du tube intestinal passent la barrière intestinale et se retrouvent de façon transitoire dans le sang, notamment des bactéries qui ressemblent aux *Borrelia*.

PLS

Quelles sont les autres raisons de la difficulté à diagnostiquer la maladie ?

M. V.-T. : Un autre problème est que les tiques ne transmettent pas que *Borrelia*, mais aussi beaucoup d'autres bactéries, des parasites, des virus. Or à l'heure actuelle, lorsque vous êtes piqué par une tique, le seul test qu'effectue le médecin est celui de *Borrelia*. Si vous êtes infecté par un autre agent pathogène, vous serez négatif pour la maladie de Lyme, mais quand même infecté par autre chose.

PLS

A-t-on déjà détecté d'autres maladies transmises par des tiques ?

M. V.-T. : Les symptômes à eux seuls ne permettent pas de reconnaître une maladie, car ils ne sont pas très spécifiques : état grippal, douleurs musculaires, fatigues intenses... En revanche, on sait que certaines bactéries hébergées par

les tiques causent des maladies chez l'homme, telles *Anaplasma phagocytophilum*, responsable de l'anaplasmose granulocytaire, ou celles du genre *Bartonella*, responsables de la bartonellose. Récemment, nous avons recherché la présence de tels agents pathogènes chez environ 60 patients séronégatifs pour la maladie de Lyme, mais qui se souvenaient d'avoir été piqués par une tique et présentaient des symptômes tels que de grosses fatigues, des douleurs musculaires ou des problèmes neurologiques. Dans le sang de 10 % d'entre eux, nous avons détecté des bactéries *Bartonella*. La bartonellose est une maladie que l'on sait traiter, mais les médecins ne pensent pas à rechercher d'autres agents pathogènes que *Borrelia*.

PLS

Certaines maladies seraient-elles donc transmises sans érythème migrant ?

M. V.-T. : En effet. Les *Bartonella* ne donnent pas d'érythème migrant, donc on peut passer complètement à côté. Il y a aussi d'autres bactéries – les *Rickettsia* –, des virus, des parasites... Nous travaillons beaucoup sur les tiques et sur l'identification de ce qu'elles peuvent transmettre. À l'aide des méthodes nouvelles de séquençage à haut débit, on séquence sans *a priori* le génome des microorganismes portés par les tiques – leur pathobiome. On sait maintenant de manière assez globale ce que les tiques véhiculent. On s'est ainsi aperçu que 80 % de ces microorganismes étaient inconnus. Mais ce n'est pas parce que ces microorganismes sont dans les tiques qu'ils sont transmis et pathogènes. À l'heure actuelle, nous caractérisons ces microorganismes et essayons de voir si on les trouve chez des patients et s'ils peuvent être transmis par des tiques.

PLS

Comment améliorer le diagnostic ?

M. V.-T. : Avec le répertoire des pathogènes transmissibles par les tiques, on peut imaginer un test qui permet de détecter tous ces microorganismes en une seule fois. Des techniques sont disponibles pour cela, comme la détection sur puces à ADN. Cela commence à se faire en médecine vétérinaire. Avec une jeune entreprise, nous mettons au point des tests de diagnostic à haut débit qui permettent de détecter tous les agents pathogènes potentiels transmis par les tiques, avec l'idée de les développer

pour les animaux : bovins, chevaux, chiens. Des tests similaires pourraient être conçus dans un avenir proche pour l'homme. Une réflexion est aussi menée à l'échelle européenne pour harmoniser les procédures de diagnostic, car actuellement chaque pays a ses propres règles d'identification.

PLS

N'y a-t-il pas aussi un manque d'information ?

M. V.-T. : Il y a en effet une méconnaissance de la maladie dans le monde médical. Par exemple, il existe des cas de borréliose de Lyme à peu près partout, même en Corse et dans le sud de la France, mais les médecins n'y connaissent pas cette maladie, car historiquement, elle est du nord-est de la France. On pense aussi que les tiques sont inactives en hiver, alors que dès qu'il y a un redoux, on peut être mordu. De plus, les tests sérologiques sont parfois faits trop tôt, lors de l'érythème, ce qui ne sert à rien car l'organisme n'a pas eu le temps de fabriquer des anticorps, et les tests sont négatifs. Les associations de patients demandent d'ailleurs que les maladies transmises par les tiques soient plus enseignées dans le cursus médical.

C'est aussi à nous, chercheurs, d'écrire des articles de vulgarisation destinés à la presse médicale. Le public doit aussi être plus informé, car la prévention est une façon très efficace de diminuer le nombre de maladies à tiques : à chaque fois que l'on se promène dans un endroit susceptible d'avoir des tiques, il faut s'examiner et enlever les tiques le plus tôt possible, car les risques de transmission augmentent avec la durée d'attachement de la tique. En général, la tique ne transmet pas tout de suite l'agent pathogène...

PLS

Quand peut-on espérer avoir une meilleure détection des maladies à tiques ?

M. V.-T. : Les laboratoires de recherche ont déjà beaucoup d'outils en main qui pourraient être utilisés pour développer des tests diagnostiques, ce qui est fait d'ailleurs en santé animale. Après, il faut que des entreprises privées souhaitent développer ces tests chez l'homme. Y a-t-il un marché ? Ce n'est pas mon domaine. Notre mission n'est pas de commercialiser des kits de diagnostic. Mais les outils sont là, prêts à être utilisés. ■

Propos recueillis par Marie-Neige CORDONNIER

■ BIBLIOGRAPHIE

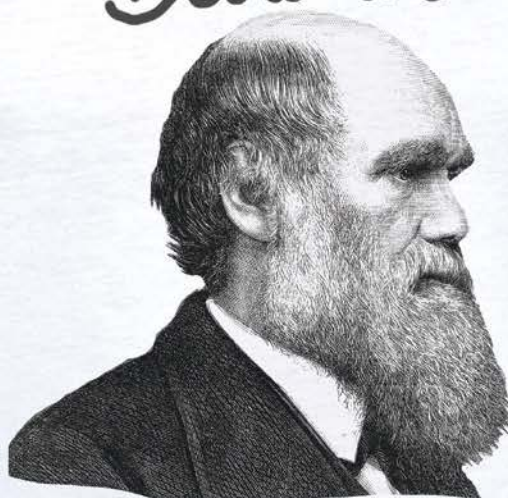
M. Vayssier-Taussat *et al.*, **Emerging horizons for tick-borne pathogens : from the 'one pathogen-one disease' vision to the pathobiome paradigm**, *Future Microbiology*, prépublication en ligne, 10.2217/fmb.15.114, 2015.

M. Vayssier-Taussat *et al.*, **How a multidisciplinary 'One Health' approach can combat the tick-borne pathogen threat in Europe**, *Future Microbiology*, vol. 10, pp. 809-818, 2015.

M. Vayssier-Taussat, **Microorganismes transmis par les tiques : une association de malfaiteurs ?**, *Feuilles de Biologie*, n° 326, septembre 2015.

Haut conseil de la santé publique, **Borréliose de Lyme**, Rapport du groupe de travail, 28 mars 2014 : <http://bit.ly/1QiXalH>

je descends de
Darwin



cité
des sciences &
de l'industrie

**DARWIN
L'ORIGINAL**

JUSQU'AU 31 JUILLET 2016

L'EXPO

M Porte de la Villette - réservation conseillée : cite-sciences.fr - #Darwin

EN COLLABORATION AVEC



MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

AVEC LE SOUTIEN DE

Slate.fr

SCIENCE & VIE



arte



Le Point

