

Dans le cas de l'encre du chêne, maladie infectieuse due à un champignon parasite, le réchauffement climatique semble bien responsable de la progression de cette maladie chez certaines espèces d'arbres, par exemple le chêne rouge d'Amérique et le chêne pédonculé. Au moyen de simulations numériques, permettant de modéliser la survie hivernale de l'agent pathogène en fonction de la température de son microhabitat (le phloème des arbres infectés, c'est-à-dire le tissu qui conduit un type de sève), des chercheurs de l'INRA et de Météo-France ont établi que ce champignon devrait se déplacer progressivement vers l'Est de la France, entraînant un accroissement du potentiel d'expansion de cette maladie sur la majorité du territoire d'ici la fin du XXI^e siècle.

Au contraire, d'autres travaux ont mis au jour une influence favorable du changement climatique sur la santé des plantes. C'est le cas d'une étude réalisée dans le cadre du projet *Climator* (2007-2010) sur trois maladies affectant des cultures annuelles : la septoriose du blé, la rouille brune du blé et le botrytis de la vigne – causées par des champignons pathogènes également. Des modèles numériques prenant en compte l'évolution de la température et du taux d'humidité de l'air ont permis d'estimer la durée au cours de laquelle de l'eau est présente à la surface des feuilles de blé, notamment. En effet, l'infection par le micro-organisme responsable de la maladie de la rouille brune requiert la présence d'eau liquide sur les feuilles pendant une durée minimale qui dépend de la température.

Pour les régions de Dijon et de Colmar, les simulations indiquent que la durée des périodes où l'infection sévit devrait diminuer d'environ 30 pour cent d'ici la fin du siècle, ce qui conduirait à une baisse des risques d'infection du blé par les spores de la rouille brune. Toutefois, pour connaître précisément la durée des infections, il faudrait considérer aussi l'influence du changement climatique sur la dynamique

des cultures, ainsi que l'avancée prévisible des dates de semis, ce qui n'a pas encore été réalisé. Même si ces travaux préliminaires sont encourageants, ils demandent à être confortés et élargis à d'autres maladies fongiques dont souffrent les cultures.

Citons maintenant un exemple chez l'animal, l'huître de Virginie, implantée sur les côtes atlantiques d'Amérique du Nord. Son évolution confirme le lien simple et direct entre le changement climatique et le développement d'une épidémie. Ainsi, l'élévation de la température des eaux de surface a favorisé la survie hivernale d'un

parasite responsable d'une maladie infectieuse, la perkinsose : depuis la fin des années 1940, l'aire de répartition de cette maladie a progressé de plus de 500 kilomètres vers le Nord.

Le rôle de la température

En termes d'impact du changement climatique, les experts s'accordent à dire que les variations de température joueront un rôle important sur le développement des maladies infectieuses. En influant sur le métabolisme des parasites et des organismes hôtes, ces variations conditionnent les vitesses de développement et, par conséquent,



Les campagnes de vaccination contre la grippe, qui touche plusieurs millions de Français chaque hiver, ont permis de diminuer notablement le nombre de décès de personnes fragiles.

Le paradoxe de la mortalité hivernale

En France, la canicule de 2003 a entraîné la mort d'environ 15 000 personnes, sans compter ses conséquences sur les écosystèmes et les infrastructures. Malgré cet épisode, le taux de mortalité dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord est beaucoup plus élevé en hiver que durant toute autre saison.

Selon une revue réalisée en 2012 par Patrick Kinney et ses collègues de l'Université Columbia, à New York, on meurt généralement plus en hiver dans les pays tempérés, telle la France. Dans un contexte de hausse globale des températures, cette mortalité hivernale pourrait même augmenter au sein des populations qui vivent dans les pays chauds. Pour expliquer ces effets encore mal compris, on évoque, tour à tour, des complications cardio-vasculaires, mais aussi inflammatoires après des infections respiratoires, comme c'est le cas avec la grippe.

Avant toute généralisation, précisons qu'il existe d'importantes disparités géographiques globales et locales dans les manifestations de cette mortalité hivernale. Par ailleurs, les chercheurs ne disposent que d'un petit nombre de données écologiques et épidémiologiques fiables, qui seraient pourtant indispensables pour prévoir les conséquences sanitaires du changement climatique, identifier les populations les plus vulnérables et définir les mesures de prévention et d'adaptation les mieux adaptées.

interviennent sur l'expansion ou la diminution des aires de répartition.

La température est plus facile à utiliser que d'autres variables physiques pour tester des scénarios de changement climatique. Cette variable d'état ne dépend pas de l'étendue du système considéré, et connaît des fluctuations beaucoup moins rapides que celles de la pluie, variable de flux cumulative. Par ailleurs, la température influe sur la vitesse de tout processus biologique, alors que la pluie agit plus spécifiquement, par exemple, sur l'infection fon-

Les maladies et leurs vecteurs

Examinons à présent le cas des maladies à transmission vectorielle, telles que le paludisme, la dengue ou la fièvre jaune. Ces systèmes infectieux plus complexes se propagent d'un individu hôte à un autre par l'intermédiaire de vecteurs, de petits arthropodes qui se nourrissent de sang : moustiques, moucheron, poux, punaises, tiques, etc. Chez l'homme, les maladies vectorielles sont responsables de près d'un quart des épidémies émergentes recensées dans le monde. Puisque les vecteurs ne régulent pas

Le changement climatique influe aussi sur la répartition des espèces « réservoirs » qui hébergent l'agent pathogène. Ainsi, en Amérique du Nord, l'aire de répartition de la souris à pattes blanches, principal réservoir de la bactérie *Borrelia burgdorferi* responsable de la maladie de Lyme, a progressé de 10 kilomètres par an vers le Nord.

Depuis les années 2000, la prédiction des changements d'aires de répartition des vecteurs est devenue un champ de recherche particulièrement actif, grâce à l'essor de la modélisation des niches écologiques, décrites par un ensemble de paramètres biologiques et physico-chimiques. Cependant, bien que la présence d'un vecteur soit indispensable à la diffusion de ce type de maladies, elle ne constitue pas une condition suffisante pour qu'une épidémie se développe. Même si le rôle direct du changement climatique est en cause dans les modifications des aires de répartition de certains vecteurs, il est difficile de mettre en évidence son rôle dans l'augmentation de la prévalence de ces maladies dans des régions où elles étaient déjà présentes.



Causée par un champignon pathogène, la maladie de la rouille brune du blé se manifeste à la surface des feuilles par de petites pustules orangées contenant des spores.

gique des plantes et la dispersion des spores et bactéries.

Même s'il est admis que la fréquence des événements extrêmes va augmenter, par exemple la fréquence des épisodes pluvieux de longue durée, le caractère intermittent de la pluie et les incertitudes sur les données à l'échelle de la journée rendent difficile l'obtention d'une répartition de la pluie par heure. C'est un enjeu pour la recherche météorologique, car il nous faut parfois ces données à une échelle temporelle très inférieure à la journée. Les sécheresses estivales plus longues constituent d'autres événements extrêmes, qui pourraient limiter, voire arrêter, la progression de mycoses fongiques transmises par l'air ou dans le sol, notamment chez les plantes-hôtes qui résisteront à la sécheresse.

leur température interne, les conditions météorologiques conditionnent leur développement, leur survie, leur fécondité et leur dispersion. Elles déterminent aussi la croissance du parasite et, dans une moindre mesure, les interactions du vecteur et de son agent pathogène, ainsi que du vecteur et de l'hôte.

Dans le contexte actuel du changement climatique, les maladies vectorielles sont observées avec attention par les épidémiologistes. Dans l'hémisphère Nord, la répartition de certains vecteurs, telle la tique *Ixodes ricinus*, est d'ores et déjà modifiée. Vectrice de nombreuses maladies, la maladie de Lyme et l'encéphalite à tique notamment, cette tique a progressé vers le Nord de la Suède. En 16 ans, l'aire de la zone où elle est présente a doublé (voir l'illustration page ci-contre).

Le rôle de l'homme

La situation se complique encore quand on tient compte des activités humaines. La fièvre catarrhale ovine, ou maladie de la langue bleue, illustre les liens complexes et parfois trompeurs entre le changement climatique et la propagation d'une épidémie. La fièvre catarrhale touche les ruminants, mais pas l'homme. Cette maladie vectorielle est causée par un virus, qui est lui-même transmis par des petits moucheron piqueurs du genre *Culicoides*. Des épidémies de fièvre catarrhale étaient recensées en Afrique du Nord, où le virus était véhiculé par une variété de moucheron (*Culicoides imicola*), dont la présence n'avait jamais été enregistrée sur le continent européen.

Or, dans les années 1980 et 1990, cette espèce a été détectée de plus en plus au Nord de son aire de répartition connue : en Italie, Sardaigne,