

Les forêts et les maladies infectieuses émergentes chez l'homme

B.A. Wilcox et B. Ellis

Compte tenu du lien étroit entre les forêts, les pathogènes et le développement de la civilisation, la déforestation et les autres changements d'affectation des terres jouent un rôle majeur dans l'émergence des maladies.

Les maladies infectieuses ont toujours tenu une place importante dans la vie des hommes. Elles ont eu une influence significative sur la biologie et la société humaines, et ont même parfois déterminé le cours des principaux événements historiques.

Sur le plan écologique, les maladies infectieuses peuvent être considérées comme une extension des relations hôte-parasite. Elles sont aussi inhérentes à tout écosystème que les relations prédateur-proie ou plante-herbivore. En effet, les virus, les bactéries ou les protozoaires responsables de maladies sont souvent appelés indistinctement «microparasites» dans l'épidémiologie des maladies infectieuses. En outre, une infection par un microparasite ne provoque pas nécessairement une maladie. Le plus souvent, l'hôte et le microparasite coexistent pacifiquement car les génotypes hautement pathogènes susceptibles de détruire l'hôte sont éliminés, tout comme les hôtes sensibles dépourvus d'immunité acquise ou innée (résistance héréditaire). Ainsi, l'émergence d'une maladie dans une population humaine est un phénomène transitoire et, sous sa forme la plus sévère, elle est en général la conséquence d'une instabilité ou d'un changement social et environnemental rapide.

Les premiers pathogènes responsables de fléaux tels que la variole seraient nés en Asie tropicale, au début de l'histoire de l'élevage et lorsque les forêts ont commencé à être défrichées à grande échelle, au profit de cultures permanentes et d'établissements humains (McNeil, 1976). La densité et la promiscuité croissantes des hommes, des animaux domestiques et de la faune sauvage, ajoutées à un climat chaud et humide, étaient des conditions idéales pour l'évolution, la survie et la transmission des pathogènes, il y a plusieurs millénaires comme aujourd'hui.

Le concept de maladies infectieuses

émergentes (MIE) a été inspiré par divers facteurs: l'apparition de nouveaux pathogènes comme le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) et le virus Ebola; l'évolution de variantes de microbes connus, plus virulents ou plus résistants aux médicaments; l'expansion géographique et l'augmentation des foyers d'épidémie, qu'il s'agisse de maladies causées par ces agents ou de maladies plus anciennes comme le paludisme et la dengue. Enfin, plus récemment, la diffusion spectaculaire du virus responsable du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) a renforcé ce concept.

La récente recrudescence de maladies infectieuses, qui a commencé à attirer l'attention de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et des principales institutions sanitaires nationales dans les années 80, est souvent attribuée à l'accroissement considérable de la population humaine et de sa mobilité, ainsi qu'aux changements sociaux et environnementaux consécutifs à la seconde guerre mondiale. En fait, de telles transitions provoquent depuis l'Antiquité d'importantes aggravations des maladies infectieuses au niveau régional, mais ce qui change aujourd'hui, c'est la rapidité, l'échelle et la dimension mondiale de la transition, et le fait que celle-ci se produise à l'époque de la biomédecine moderne et des programmes de santé publique. Un excès de confiance dans la première et un déploiement inadéquat des seconds ont largement favorisé la diffusion des MIE, en particulier dans les régions tropicales en développement.

D'après un nombre croissant d'études spécialisées, les principaux facteurs contribuant à la prolifération des maladies infectieuses seraient les changements dans le couvert végétal et l'utilisation des terres, notamment les variations du couvert forestier (en particulier la déforestation et la fragmenta-

Bruce A. Wilcox et Brett Ellis travaillent au Center for Infectious Disease Ecology, Asia-Pacific Institute for Tropical Medicine and Infectious Diseases, University of Hawaii, Manoa, Etats-Unis.



L'expansion dans la forêt, impliquant un contact plus fréquent avec la faune sauvage, expose les hommes à des pathogènes qui leur sont étrangers et est une cause fréquente d'épidémies – par exemple de fièvre jaune, dans le cas de ce village adjacent à une forêt au Kenya

tion des forêts), ainsi que l'urbanisation et l'intensification de l'agriculture. En effet, l'augmentation actuelle coïncide avec la croissance accélérée des taux de déforestation tropicale enregistrée depuis plusieurs décennies. Aujourd'hui, la déforestation et les maladies infectieuses émergentes demeurent dans une large mesure associées aux régions tropicales mais leurs effets s'étendent à toute la planète. Comme ces deux problèmes sont intimement liés au développement économique, à l'utilisation des terres et à la gouvernance, ils doivent être résolus par une approche intersectorielle.

Le présent article fournit une vue d'ensemble du rôle des forêts et de la déforestation dans les MIE. Il met en relief les principales maladies associées aux forêts et fait brièvement le point sur ce que l'on sait aujourd'hui des mécanismes par lesquels la conversion et l'altération des forêts favorisent les MIE. Pour finir, il identifie les mesures de gestion des ressources forestières qui doivent être prises pour ralentir leur diffusion.

ASSOCIATION DES MALADIES INFECTIEUSES ÉMERGENTES AVEC LES FORÊTS

En tout, environ les trois quarts des MIE reconnues étaient jadis, ou sont actuellement, des zoonoses, c'est-à-dire qu'elles se transmettent de l'animal à l'homme

(Taylor, Latham et Woolhouse, 2001). Comme on pouvait s'y attendre, il a été établi que les ascendants des pathogènes responsables de ces maladies remontent en général à la faune sauvage. Les pathogènes dont l'émergence est actuellement directement associée aux forêts (voir les exemples dans le tableau) représentent environ 15 pour cent des MIE, dont le nombre est estimé à 250 (Despommier, Ellis et Wilcox, 2006). Quelques MIE actuellement non associées aux forêts sont nées d'un cycle selvatique mais se sont depuis «échappées» et ne se maintiennent que par transmission d'homme à homme, ou suivant un cycle homme-vecteur-homme, indépendant des forêts. Les deux principales MIE de cette catégorie sont le VIH et la dengue, qui se sont affranchis de leurs cycles de transmission par les primates dans les forêts africaines et ont fini par se propager à toute la planète, il y a une vingtaine d'années dans le cas du VIH, et il y a plusieurs siècles dans le cas de la dengue. D'autres maladies, comme la tuberculose, les hépatites A/B/C/E/G, la plupart des maladies sexuellement transmissibles, les infections opportunistes de sujets immunodéprimés (à cause du VIH, par exemple), et des infections toujours plus nombreuses causées par des bactéries résistantes aux agents antimicrobiens, peuvent le plus souvent être attribuées aux bouleversements sociaux et écologiques associés à l'urbanisation effrénée des dernières décennies.

En ce qui concerne les MIE actuellement associées aux forêts, leur émergence découle d'une combinaison de

causes directes, notamment la déforestation et les autres changements d'affectation des terres, les contacts plus fréquents des populations humaines avec des agents pathogènes forestiers auxquels elles n'avaient jamais été exposées auparavant et l'adaptation de ces agents. Bon nombre de ces maladies peuvent être transmises entre hôtes primates non humains ou insectes vecteurs, et font intervenir divers hôtes intermédiaires potentiels, y compris des animaux domestiques. De manière inquiétante, après une première apparition locale, un certain nombre de ces maladies ont démontré qu'elles pouvaient se propager à toute une région ou à toute la planète et devenir une grave menace pour les humains et les populations animales domestiques et sauvages.

Bien que l'on ait identifié peu de parasites ou de pathogènes de plantes infectant les animaux, notamment les hommes, l'impact des maladies émergentes des végétaux sur les populations végétales suscite aussi de plus en plus de préoccupations. Le problème des MIE a en effet deux faces: l'impact des maladies provenant des forêts, mais aussi l'impact des maladies sur les forêts, en particulier sur la faune sauvage et sur la végétation qu'elles abritent (Ostfeld, Keesing et Eviner, 2006).

Ce ne sont pas les forêts ou la déforestation en elles-mêmes qui sont responsables de l'émergence de maladies infectieuses associées aux forêts ou de la tendance globale à leur augmentation partout dans le monde; les causes de ces maladies sont bien plus complexes.

Exemples de maladies infectieuses émergentes associées aux forêts

Agent/maladie	Répartition	Hôtes et/ou réservoirs	Exposition	Mécanismes d'émergence possibles
Virus				
Fièvre jaune	Afrique Amérique du Sud	Primates non humains	Vecteur	Déforestation et expansion des habitats humains à la lisière des forêts Chasse Collecte de bois et d'eau Domestication des vecteurs et du pathogène
Dengue	Intertropicale	Primates non humains	Vecteur	Adaptation du moustique vecteur et du pathogène Urbanisation et inefficacité des programmes de lutte contre le vecteur
Chikungunya	Afrique Océan Indien Asie du Sud-Est	Primates non humains	Vecteur	Domestication du pathogène et du vecteur
Oropouche	Amérique du Sud	Primates non humains Autres	Vecteur	Déplacement en forêt Changements dans la composition des vecteurs
VIS	Intertropicale	Primates non humains	Directe	Déforestation et expansion des populations humaines dans la forêt Chasse et abattage des animaux sauvages des forêts Adaptation du pathogène
Ebola	Afrique	Primates non humains Chauves-souris	Directe	Chasse et abattage d'animaux Exploitation forestière Foyers en bordure des forêts Agriculture Altération de la faune naturelle
Virus de Nipah	Asie du Sud	Chauves-souris Cochons	Directe	Elevages porcins et production de fruits en bordure de forêt
SRAS	Asie du Sud-Est	Chauves-souris Civettes	Directe	Récolte, commercialisation et mélange de chauves-souris et de mouffettes tachetées Commerce de viande de brousse pour la consommation humaine
Rage	Mondiale	Canins Chauves-souris Autres animaux sauvages	Directe	Expansion des populations humaines dans la forêt
Fièvre pourprée des montagnes Rocheuses	Amérique du Nord	Tiques invertébrées	Vecteur	Expansion des populations humaines dans la forêt Activités récréatives en forêt
Protozoaires				
Malaria	Afrique Asie du Sud-Est Amérique du Sud	Primates non humains	Vecteur	Déforestation, altération des habitats favorable à la reproduction des moustiques Expansion des populations humaines dans la forêt, malaria de primates non humains chez l'homme
Leishmaniose	Amérique du Sud	Nombreux mammifères	Vecteur	Expansion des populations humaines dans la forêt, Domestication de vecteurs zoophiles Altération des habitats, construction d'habitations en bordure des forêts Déforestation Domestication des cycles zoonotiques par des travailleurs non immuns
Maladie du sommeil	Afrique occidentale et centrale	Humains	Vecteur	Expansion des populations humaines dans la forêt, incidence de la maladie associée aux lisières de forêt
Bactéries				
Babésiose	Amérique du Nord Europe	Humains Faune sauvage	Vecteur	Maladie souvent rencontrée chez les tiques dans les zones forestières
Maladie de Lyme	Mondiale	Humains Cerfs Souris	Vecteur	Association possible avec la déforestation et avec la fragmentation des habitats Travailleurs forestiers plus exposés à la maladie
Leptospirose	Mondiale	Rongeurs	Indirecte	Altération et inondation des bassins versants
Helminthe				
<i>Eccinococcus multilocularis</i>	Hémisphère Nord	Renards Rongeurs Petits animaux	Directe	Déforestation Augmentation des renards et des rongeurs hôtes Transmission du pathogène aux chiens Expansion des populations humaines dans la forêt, exposition d'une population sensible

Le principal facteur est la croissance exponentielle de la population, de la consommation et de la création de déchets depuis plusieurs décennies, qui a amené avec elle l'urbanisation, l'expansion et l'intensification de l'agriculture, ainsi que l'altération des habitats forestiers, le tout se traduisant par une transformation de l'environnement régional (voir l'encadré). Le processus d'émergence des maladies semble généralement associé à une combinaison de ces facteurs environnementaux. Mais le facteur commun est le changement – un changement social et écologique relativement brusque ou épisodique, qui se reflète le plus souvent dans des variations du couvert végétal et de l'utilisation des terres (urbanisation non planifiée et conversion des forêts), dans l'intensification de l'agriculture (barrages, projets d'irrigation, fermes-usines, etc.) et dans le déplacement et la migration des populations.

Les migrations et réinstallations épidémiques des populations, associées à la construction de routes et à l'ouverture de nouveaux axes de transport, ainsi qu'au défrichement et à la fragmentation des forêts, peuvent être considérés comme des facteurs locaux ou régionaux de l'émergence de maladies. Ces changements peuvent avoir des conséquences catastrophiques, surtout s'ils ne sont pas planifiés et s'ils résultent d'une instabilité politique ou économique, voire d'un conflit armé. L'exemple le plus frappant est celui du SIDA, qui est né dans la forêt tropicale (Sharp *et al.*, 2001) et s'est étendu à toute une région en butte à des changements de ce type et manquant d'infrastructures de santé publique, notamment de systèmes de surveillance et de traitement des maladies.

Comme le SIDA, la plupart des MIE d'origine forestière sont causées par des virus, même si certaines sont provoquées par des bactéries, des protozoaires, des helminthes (vers) et des champignons. Habituellement, ces maladies ne sont considérées comme des priorités de recherche que quand elles deviennent une menace pour les populations nanties, de sorte que l'on sait généralement très peu de choses sur leur distribution et leur biologie. Alors que la médecine tropicale avait toujours été orientée vers la compréhension de l'histoire naturelle et de

l'écologie des maladies, cette approche a été abandonnée avec l'avènement de la biomédecine moderne et la croyance erronée selon laquelle les maladies infectieuses avaient été vaincues par la science (Gubler, 2001). Le plus grand défi actuel pour la recherche vient du manque de communication entre les spécialistes des différentes disciplines – chercheurs spécialisés dans les maladies infectieuses, experts de la faune sauvage, environnementalistes et spécialistes des sciences sociales. Les problèmes sont bien sûr aggravés par l'accroissement du nombre et de la densité des populations pauvres qui vivent sans eau potable, sans hygiène et sans infrastructures de santé publique adéquates, dans les pays en développement.

Maladies transmises par des vecteurs et zoonoses forestières

La fièvre jaune est la maladie dont l'association avec les forêts a été la plus étudiée (Monath, 1994). Le virus responsable de la fièvre jaune se maintient dans un cycle de transmission entre des singes arboricoles et des moustiques selvatiques. L'expansion des établissements humains dans la forêt est une fréquente cause de poussées épidémiques. Ainsi, le premier foyer de fièvre jaune au Kenya (de 1992 à 1993) s'est vérifié dans un village où les seules personnes atteintes ont été celles qui récoltaient le bois de feu et l'eau, ou qui chassaient éventuellement dans la forêt. Des épidémies beaucoup plus importantes se produisent quand le cycle de transmission quitte le couvert forestier et s'étend à des zones péri-urbaines et urbaines où la densité beaucoup plus élevée d'hommes et de moustiques leur permet de se développer considérablement (Sang et Dunster, 2001). C'est ce qui s'est produit au Soudan en 2005, où l'épidémie a probablement été exacerbée par le déplacement de populations fuyant le conflit armé et le retour des soldats embusqués dans les zones forestières. Des facteurs environnementaux, notamment des précipitations anormales, ont probablement aussi favorisé la propagation de la maladie. Leur aptitude à évoluer afin de s'adapter rapidement permet aux virus de se transmettre facilement dans des cycles domestiques et péri-domestiques.

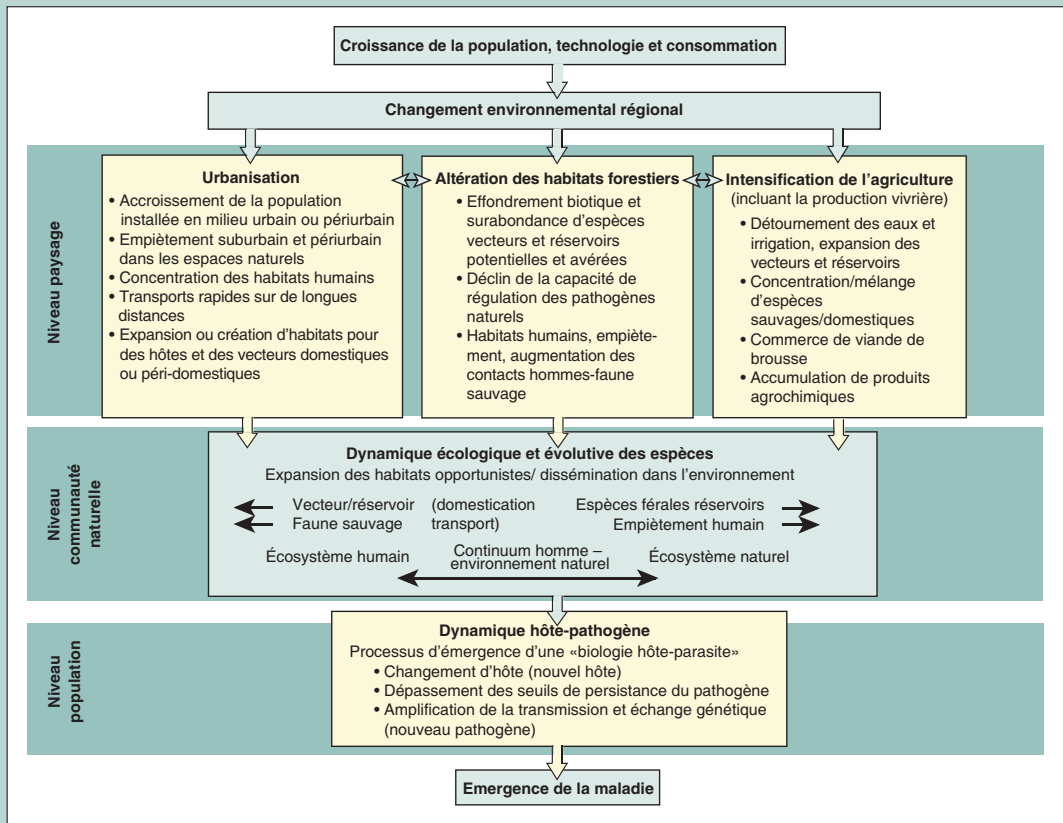
La fièvre hémorragique de la dengue,

causée par un type de virus de la dengue, est très similaire à la fièvre jaune par son écologie, au moins jusqu'à présent (Monath, 1994). A l'origine maladie selvatique, avec un ensemble similaire d'hôtes primates, de moustiques vecteurs et de niche écologique, elle a acquis un cycle domestique il y a plusieurs siècles au moins. Elle est récemment devenue l'une des maladies émergentes à diffusion la plus rapide du monde, avec 50 millions à 100 millions de personnes infectées chaque année (Holmes et Twiddy, 2003). On estime que la clé du succès de l'agent pathogène de la dengue est son adaptation au moustique domestique *Aedes aegypti*, qui lui a permis de devenir endémique dans un nombre croissant de villes et de zones péri-urbaines environnantes, en particulier en Asie et en Amérique latine (Moncayo *et al.*, 2004).

Les origines zoonotiques de la malaria, une maladie beaucoup plus ancienne responsable d'un bien plus grand nombre de décès et de handicaps que toute autre maladie infectieuse (300 millions à 500 millions de cas par an, et jusqu'à 2,7 millions de décès), sont moins évidentes (Mu *et al.*, 2005). Dans de nombreuses régions, elle est cependant transmise par des moustiques des forêts. D'après des recherches récentes, l'incidence accrue de la maladie dans certaines régions d'Afrique, d'Amérique du Sud et d'Asie du Sud-Est serait liée à la déforestation (Vittor *et al.*, 2006; Walsh, Molyneux et Birley, 1993). La construction de routes, l'abattage d'arbres, la réduction de l'ombre et l'accroissement du stockage de l'eau se sont avérés favoriser la reproduction et un développement plus rapide des larves de moustiques (Afrane *et al.*, 2005; de Castro *et al.*, 2006). Autre fait préoccupant, une forme de malaria auparavant détectée chez des primates non humains a récemment été découverte chez l'homme en Asie du Sud-Est (Jongwutiwes *et al.*, 2004; Singh *et al.*, 2004).

Un certain nombre d'autres MIE importantes d'origine zoonotique ne semblent pas faire intervenir de moustiques vecteurs, bien que leurs cycles de transmission ne soient pas encore connus de façon certaine. Il s'agit des virus chikungunya, Oropouche et Ebola et du virus de l'immunodéficience simienne

Schéma causal de l'écologie des maladies infectieuses



L'accroissement démographique, combiné à l'augmentation de la consommation des ressources et de la production de déchets, provoque un changement environnemental régional, reflété par les tendances en matière d'utilisation des terres et les variations du couvert forestier. Bien que le déroulement varie d'une région à l'autre, le changement comprend trois processus caractéristiques liés à l'utilisation des terres, à savoir l'urbanisation, l'intensification de l'agriculture (y compris la production et la distribution de produits alimentaires) et l'altération des habitats forestiers.

Les trois catégories d'utilisation des terres – habitat urbain, agricole et naturel – représentent un continuum d'écosystèmes suivant un gradient allant de domestique à naturel (de gauche à droite sur le graphique). Trois tendances écologiques sont associées à ces changements : domestication (ou péri-domestication) des vecteurs et des réservoirs ; invasion de l'habitat domestique

par des espèces sauvages opportunistes, par exemple certains rongeurs et arthropodes hématophages (moustiques, tiques, mouches etc.) ; et invasion de l'habitat naturel par des espèces férales telles que cochons, chèvres, rats, souris, chiens et chats. Ces espèces deviennent des réservoirs de pathogènes, surtout dans les forêts perturbées et fragmentées adjacentes aux habitats humains. La convergence d'hôtes et de réservoirs humains et animaux et d'espèces vecteurs à l'intérieur des écosystèmes, de même que les mouvements, les déplacements et les mélanges à travers le continuum d'écosystèmes, affectent la dynamique hôte-pathogène de plusieurs manières qui favorisent l'émergence de maladies, ainsi :

- Les pathogènes ont plus de possibilités de changer d'hôte (notamment de s'adapter à un nouvel hôte).
- La transmission est amplifiée et la possibilité d'une évolution plus rapide est

accrue, avec des cycles de transmission multiples et interdépendants.

- Le taux d'infection des pathogènes dépasse le seuil requis pour produire une épidémie ou une maladie endémique, en raison des densités de population sans précédent du vecteur, du réservoir et des populations humaines sensibles.
- En évoluant, les agents pathogènes augmentent leur caractère pathogène et infectieux et leur capacité à éviter d'être détectés par le système immunitaire, aussi les possibilités d'interaction des cycles d'infection endémique et des souches pathogènes, ainsi que la densité et la variabilité génétique des populations de pathogènes, sont-elles accrues.

Sources : Wilcox et Colwell, 2005 ; Wilcox et Gubler, 2005.

(VIS). Les conséquences dramatiques de l'apparition des deux derniers ont été sous les yeux de tous au cours des dernières décennies. Le VIH est un VIS zoonotique. On a récemment constaté que les VIS étaient communs chez les singes du vieux monde (Galat et Galat-Luong, 1997). La chasse, l'abatage ou l'achat illégal de ces animaux posent un grand problème, non seulement parce qu'ils mettent en péril la conservation, mais aussi parce qu'ils accroissent le risque d'émergence de maladies (Wolfe *et al.*, 2005).

Beaucoup de foyers de virus Ebola se sont déclarés dans des zones situées en marge des forêts, où les populations humaines augmentent et entrent en contact avec des pathogènes qui leur sont étrangers, notamment du fait de leur proximité plus grande avec la faune sauvage. On en a déduit que des mécanismes associés à des changements d'affectation des terres agricoles situées en bordure de forêts et à des altérations de la faune naturelle pourraient entrer en jeu dans leur apparition (Morvan *et al.*, 2000; Patz *et al.*, 2004). On a aussi suggéré récemment que les chauves-souris pourraient être le réservoir du virus Ebola et que les singes pourraient contracter la maladie plus ou moins comme les hommes (Leroy *et al.*, 2005). Les roussettes, des chauves-souris frugivores, sont aussi des hôtes importants d'autres maladies infectieuses émergentes, dont les virus de Nipah et du SRAS (Field *et al.*, 2001; Lau *et al.*, 2005).

Maladies d'origine hydrique

Les maladies d'origine hydrique sont une autre catégorie de maladies infectieuses indirectement associées aux forêts ou à leur gestion. La faune sauvage des forêts peut intervenir ou non dans leurs cycles naturels, mais leur transmission (aussi bien entre animaux hôtes que vers l'homme) est facilitée par l'altération de la qualité et des régimes des eaux de surface, qui peut être liée à la déforestation des montagnes et à une gestion inappropriée des bassins versants (notamment à cause du surpâturage, de l'élimination de la végétation ripicole et de la canalisation des cours d'eau). Les pathogènes d'origine hydrique comprennent les virus entériques rotavirus et norovirus et les bactéries *Campylobacter* spp. et

Vibrio cholerae, qui provoquent des millions de décès chaque année, en particulier parmi les nourrissons. La bactérie *Vibrio cholerae*, qui vit en symbiose (association réciproquement profitable) avec des crustacés marins et d'estuaire, est responsable de 1 million à 2 millions de cas de choléra chaque année selon les estimations (OMS, 2006). Tous ces pathogènes sont présents aussi bien à l'intérieur des terres que dans les eaux côtières de surface, en particulier (mais pas uniquement) dans l'eau contaminée par des excréments humains ou animaux. Les autres MIE généralisées qui sont transmises par l'eau impliquent des protozoaires appartenant aux genres *Cryptosporidium* et *Giardia* qui, avec *Campylobacter* spp., sont maintenus par les ongulés sauvages. Avec la leptospirose, l'une des MIE zoonotiques les plus répandues du monde pouvant avoir pour hôtes naturels ou accidentels pratiquement toutes les espèces de mammifères, ces pathogènes sont souvent associés à des bassins versants boisés écologiquement perturbés, abritant des populations denses de cochons et de rats. Des épidémies de leptospirose se sont déclarées avec une fréquence accrue dans le monde, dans des zones rurales et urbaines exposées aux inondations et ayant des infrastructures de drainage et d'assainissement insuffisantes, conditions assez typiques de tous les environnements urbains, péri-urbains et ruraux pauvres des régions développées et en développement (Vinetz *et al.*, 2005; Wilcox et Colwell, 2005).

LES MÉCANISMES D'ÉMERGENCE DES AGENTS PATHOGÈNES HUMAINS

Le rôle des forêts et de leur gestion dans l'émergence de maladies infectieuses humaines semble impliquer trois dynamiques distinctes mais interdépendantes :

- le changement d'affectation des terres et l'expansion des populations humaines à l'intérieur des zones forestières, qui ont pour effet d'exposer des populations humaines et des populations d'animaux domestiques immunologiquement naïves (c'est-à-dire n'ayant jamais été en contact avec la faune microparasite) à des pathogènes naturellement présents dans la faune et la flore sauvages;

- le défrichement et la perturbation des forêts, qui accroissent la quantité ou favorisent la dispersion des pathogènes, influant ainsi sur l'abondance et la distribution des hôtes et des vecteurs;
- l'altération de fonctions éco-hydrologiques telles que l'infiltration, le débit de pointe et le ruissellement, qui facilite la survie et le transport de pathogènes d'origine hydrique dans les bassins versants.

Ces changements sont souvent liés au défrichement des forêts et au développement des habitats de lisière qui s'accompagnent d'un morcellement du paysage forestier et d'une perturbation de la structure verticale et de la diversité au sein des peuplements forestiers. L'accroissement de la densité de certains hôtes et vecteurs de pathogènes étend en effet l'habitat de ces derniers et augmente la prévalence de l'infection chez les hôtes. L'augmentation du nombre d'hôtes et/ou de vecteurs et de leur taux d'infection a pour effet d'accroître non seulement la fréquence de leurs contacts avec les hommes mais aussi la probabilité que l'hôte ou le vecteur soit infectieux. Elle permet surtout à l'agent pathogène de persister indéfiniment et à la maladie de devenir endémique.

L'un des exemples les mieux documentés de ce processus est celui de la maladie de Lyme, une MIE causée par une bactérie spirochète des zones tempérées du genre *Borrelia*, transmise par les tiques. L'écologie de son émergence dans le nord-est des États-Unis a fait l'objet d'études approfondies, qui ont permis de comprendre ce qu'elle implique sur le rôle de la gestion des forêts dans la maladie en général (Allan, Keesing et Ostfeld, 2003). La maladie de Lyme comprend un cycle selvatique complexe dans lequel le vecteur donne la préférence à différentes espèces d'animaux hôtes durant les divers stades de son cycle vital. L'abondance du pathogène semble être essentiellement fonction de l'abondance de deux espèces animales qui prolifèrent dans les paysages forestiers morcelés, à savoir la souris à pattes blanches, qui fait office de «super propagateur», et le cerf de Virginie, hôte optimal pour les tiques adultes. Ces espèces sont adaptées aux lisières des forêts et elles ont moins de prédateurs dans ces

- Galat, G. et Galat-Luong, A.** 1997. Circulation des virus en milieu tropical, socio-écologie des primates et équilibres des écosystèmes. *Cahiers Santé*, n° 7.
- Gubler, D.J.** 2001. Prevention and control of tropical diseases in the 21st century: back to the field. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 65(1): v-xi.
- Holmes, E.C. et Twiddy, S.S.** 2003. The origin, emergence and evolutionary genetics of dengue virus. *Infection, Genetics and Evolution*, 3(1): 19-28.
- Jongwutives, S., Putaporntip, C., Iwasaki, T., Sata, T. et Kanbara, H.** 2004. Naturally acquired *Plasmodium knowlesi* malaria in human, Thailand. *Emerging Infectious Diseases*, 10(12): 2211-2213.
- Lau, S.K., Woo, P.C., Li, K.S., Huang, Y., Tsai, H.W., Wong, B.H., Wong, S.S., Leung, S.Y., Chan, K.H. et Yuen, K.Y.** 2005. Severe acute respiratory syndrome coronavirus-like virus in Chinese horseshoe bats. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(39): 14040-14045.
- Leroy, E.M., Kumulungui, B., Pourrut, X., Rouquet, P., Hassanin, A., Yaba, P., Délicat, A., Paweska, J.T., Gonzalez, J.P. et Swanepoel, R.** 2005. Fruit bats as reservoirs of Ebola virus. *Nature*, 438(7068): 575-576.
- McNeill, W.H.** 1976. *Plagues and peoples*. Garden City, New York, Etats-Unis, Anchor Press/Doubleday.
- Monath, T.P.** 1994. Yellow fever and dengue – the interactions of virus, vector and host in the re-emergence of epidemic disease. *Seminars in Virology*, 5(2): 133-145.
- Moncayo, A.C., Fernandez, Z., Ortiz, D., Diallo, M., Sall, A., Hartman, S., Davis, C.T., Coffey, L., Mathiot, C.C., Tesh, R.B. et Weaver, S.C.** 2004. Dengue emergence and adaptation to peridomestic mosquitoes. *Emerging Infectious Diseases*, 10(10): 1790-1796.
- Morvan, J.M., Nakoune, E., Deubel, V. et Colyn, M.** 2000. Ecosystèmes forestiers et virus Ebola. *Bulletin de la Société Pathologique Exotique*, 93(3): 172-175.
- Mu, J., Joy, D.A., Duan, J., Huang, Y., Carlton, J., Walker, J., Barnwell, J., Beerli, P., Charleston, M.A., Pybus, O.G. et Su, X.Z.** 2005. Host switch leads to emergence of *Plasmodium vivax* malaria in humans. *Molecular Biology and Evolution*, 22(8): 1686-1693.
- Organisation mondiale de la santé (OMS).** 2006. *Cholera surveillance and number of cases*. Disponible sur Internet: www.who.int/topics/cholera/surveillance/en/index.html
- Ostfeld, R.S., Keesing, F. et Eviner, V., éd.** 2006. *Ecology of infectious disease: effects of ecosystems on disease and of disease on ecosystems*. Princeton, New Jersey, Etats-Unis, Princeton University Press. (sous presse).
- Patz, J.A., Daszak, P., Tabor, G.M., Aguirre, A.A., Pearl, M., Epstein, J., Wolfe, N.D., Kilpatrick, A.M., Foufopoulos, J., Molyneux, D. et Bradley, D.J.** 2004. Unhealthy landscapes: policy recommendations on land use change and infectious disease emergence. *Environmental Health Perspectives*, 112(10): 1092-1098.
- Sang, R.C. et Dunster, L.M.** 2001. The growing threat of arbovirus transmission and outbreaks in Kenya: a review. *East African Medical Journal*, 78(12): 655-661.
- Sharp, P.M., Bailes, E., Chaudhuri, R.R., Rodenburg, C.M., Santiago, M.O. et Hahn, B.H.** 2001. The origins of acquired immune deficiency syndrome viruses: where and when? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 356: 867-876.
- Singh, B., Kim Sung, L., Matusop, A., Radhakrishnan, A., Shamsul, S.S., Cox-Singh, J., Thomas, A. et Conway, D.J.** 2004. A large focus of naturally acquired *Plasmodium knowlesi* infections in human beings. *Lancet*, 363(9414): 1017-1024.
- Taylor, L.H., Latham, S.M. et Woolhouse, M.E.** 2001. Risk factors for human disease emergence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences*, 356(1411): 983-989.
- Vinetz, J.M., Wilcox, B.A., Aguirre, A., Gollin, L.X., Katz, A.R., Fujioka, R., Maly, K., Horwitz, P. et Chang, H.** 2005. Beyond disciplinary boundaries: leptospirosis as a model of incorporating transdisciplinary approaches to understanding infectious disease emergence. *Ecohealth*, 2: 291-306.
- Vittor, A.Y., Gilman, R.H., Tielsch, J., Glass, G., Shields, T., Lozano, W.S., Pinedo-Cancino, V. et Patz, J.A.** 2006. The effect of deforestation on the human-biting rate of *Anopheles darlingi*, the primary vector of falciparum malaria in the Peruvian Amazon. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 74(1): 3-11.
- Walsh, J.F., Molyneux, D.H. et Birley, M.H.** 1993. Deforestation: effects on vector-borne disease. *Parasitology*, 106 (Suppl.): S55-S75.
- Wilcox, B.A. et Colwell, R.R.** 2005. Emerging and reemerging infectious diseases: biocomplexity as an interdisciplinary paradigm. *EcoHealth*, 2(4): 244-257.
- Wilcox, B.A. et Gubler, D.J.** 2005. Disease ecology and the global emergence of zoonotic pathogens. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 10(5): 263-272.
- Wolfe, N.D., Daszak, P., Kilpatrick, A.M. et Burke, D.S.** 2005. Bushmeat hunting, deforestation, and prediction of zoonoses emergence. *Emerging Infectious Diseases*, 11(12): 1822-1827. ♦