

# La santé des forêts est-elle menacée par de nouvelles maladies ?

Les arbres, depuis la nuit des temps, sont exposés à une grande diversité d'agents pathogènes (= organismes à l'origine de maladies). Les forêts d'aujourd'hui sont donc composées de populations d'arbres qui ont survécu à ces maladies, en particulier grâce aux effets de la sélection naturelle. Les derniers siècles, et encore plus les dernières décennies, ont conduit à des changements anthropiques majeurs (transfert et sélection d'espèces ou provenances, pratiques sylvicoles, changement climatique, etc.). Comme pour les populations humaines et animales, ces changements ont conduit à l'émergence de nouvelles maladies dans les populations végétales, en particulier en forêts. Comment expliquer ces émergences ? Que peut-on prédire pour l'avenir ?

## La résistance aux maladies : des mécanismes qui résultent de l'évolution et qui sont sensibles aux effets de l'environnement

Pour comprendre l'émergence de maladies, il est important de revenir brièvement sur la façon dont les arbres résistent aux maladies. Les plantes en général, y compris les arbres, ne disposent pas comme les mammifères de cellules de défense mobiles et d'un système d'immunité adaptative avec effet mémoire (anticorps). La résistance des plantes repose donc sur la première ligne de défense, également présente chez les animaux, constituée par l'immunité dite innée. Le système immunitaire inné assure la reconnaissance des agents infectieux par des récepteurs situés à l'extérieur et à l'intérieur des cellules. La liaison entre un récepteur de la plante et une molécule produite par le pathogène va entraîner toute une cascade de signaux dans la cellule végétale qui vont aboutir à la synthèse de molécules de défense à effet local ou transportées par la sève. Dans le cas d'une résistance totale, ces molécules vont aboutir à la neutralisation du pathogène. Il existe toutefois une gradation de l'efficacité de la résistance, avec parfois seulement des effets de réduction de l'infection. Un point crucial dans ce système réside dans la reconnaissance entre des molécules de la plante et des molécules du pathogène (effecteurs) comme facteur de déclenchement des réactions de défense. Au cours de l'évolution, les parasites produisant des effecteurs légèrement modifiés qui ne pourront plus s'ajuster aux récepteurs de la plante vont être favorisés puisqu'ils échapperont à la reconnaissance et donc aux réactions de défense. De façon réciproque chez les plantes, des récepteurs modifiés, capables de reconnaître ces nouveaux effecteurs, vont être sélectionnés, et ainsi de suite... Cette coévolution va ainsi aboutir à une grande diversité de récepteurs chez les plantes et des effecteurs chez les pathogènes. Cette diversité aboutit à un équilibre dynamique entre populations de plantes (arbres) et de pathogènes, avec des niveaux de maladie variables dans le temps et dans l'espace mais rarement extrêmes. En plus des caractéristiques des populations d'arbres et de pathogènes, l'expression des symptômes va dépendre de facteurs stochastiques (hasard) et environnementaux (densité des arbres, diversité spécifique, température, etc...), qui vont par exemple influencer sur la dispersion du pathogène, son taux de multiplication, l'efficacité des réactions de défense. On parle souvent du « triangle épidémique » pour illustrer les interactions complexes entre hôtes-pathogènes-environnement dans l'expression d'une maladie (fig. 1).

## Quels sont les facteurs d'émergence des maladies ?

L'émergence de maladies (apparition de nouvelles maladies) n'est pas récente mais a connu une accélération dans les dernières décennies, à l'échelle mondiale, aussi bien pour les populations humaines (SIDA, SRAS, grippe H1N1, Coronavirus Covid-19), qu'animales (encéphalopathie spongiforme bovine, grippe aviaire) ou végétales (rouille du soja aux Etats-Unis, flavescence dorée de la vigne en Europe).

Les forêts n'échappent pas à ce phénomène. Une étude rétrospective montre que pour la période 1824-1976, le temps de retour entre deux nouvelles maladies forestières signalées France était de 10 à 11 ans en moyenne. Le rythme a doublé depuis 1976. Quelles sont les causes de ces émergences et de cette accélération ? En conformité avec le concept triangle, l'analyse des causes d'émergence de maladies fait apparaître trois grands types de facteurs, liés (1) aux agents pathogènes, (2) aux populations hôtes, (3) à l'environnement, en particulier tel que modifié par les activités humaines. Dans le cas des maladies des arbres par exemple, l'analyse de la littérature et de la base de données du Département Santé des Forêts (cf fiche 2.10) montre que les parasites d'origine exotique (= hors d'Europe) représentent la principale cause de nouvelles maladies. On peut citer de nombreux exemples comme l'oïdium des chênes, apparu en 1907, la maladie du chancre du châtaignier, apparue en 1956, ou plus récemment la chalarose des frênes, causés par des champignons d'origine asiatique (fig.2). L'introduction de nouvelles espèces d'arbres ou leur plantation en dehors de leur zone d'origine peut également être à l'origine de nouvelles maladies. Ainsi le chêne rouge américain, *Quercus rubra*, introduit largement en France dans les années 1980, est apparu très sensible à *Phytophthora cinnamomi* à l'origine de la maladie de l'encre (non décrite dans la zone d'origine de *Q. rubra*). Dans tous ces exemples, l'absence de coévolution entre les espèces d'arbres et les espèces de champignons pathogènes est à souligner et pourrait expliquer la sévérité des maladies, l'avantage dans ces "nouvelles rencontres" étant souvent pour le parasite, qui n'est pas reconnu par le système de défense de l'hôte

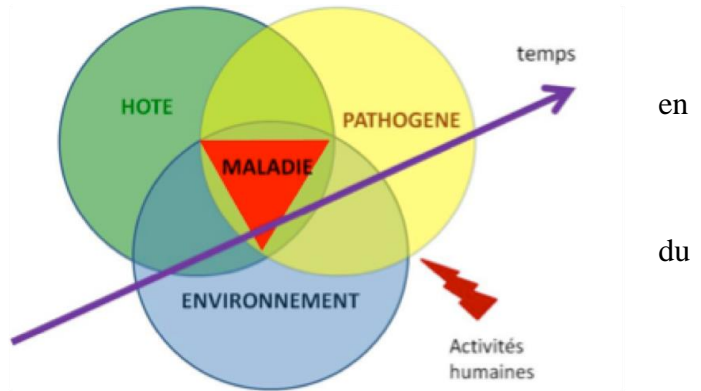


Figure 1. . Le développement des maladies résulte d'interactions complexes entre les populations hôtes (arbres), les populations parasites (agents pathogènes ou ravageurs) et l'environnement (climat, paysage, etc...), dans un contexte évolutif et sous l'effet des activités humaines. Toute modification de ces facteurs peut ainsi causer l'émergence de nouvelles maladies.

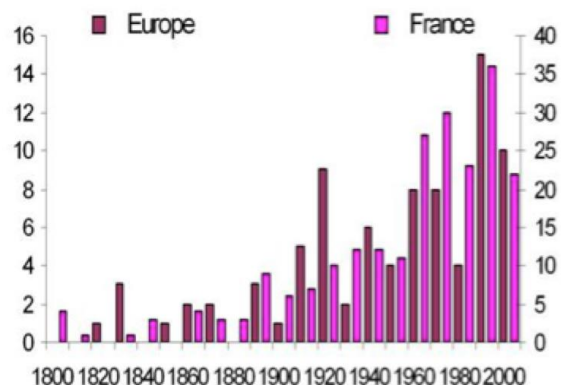
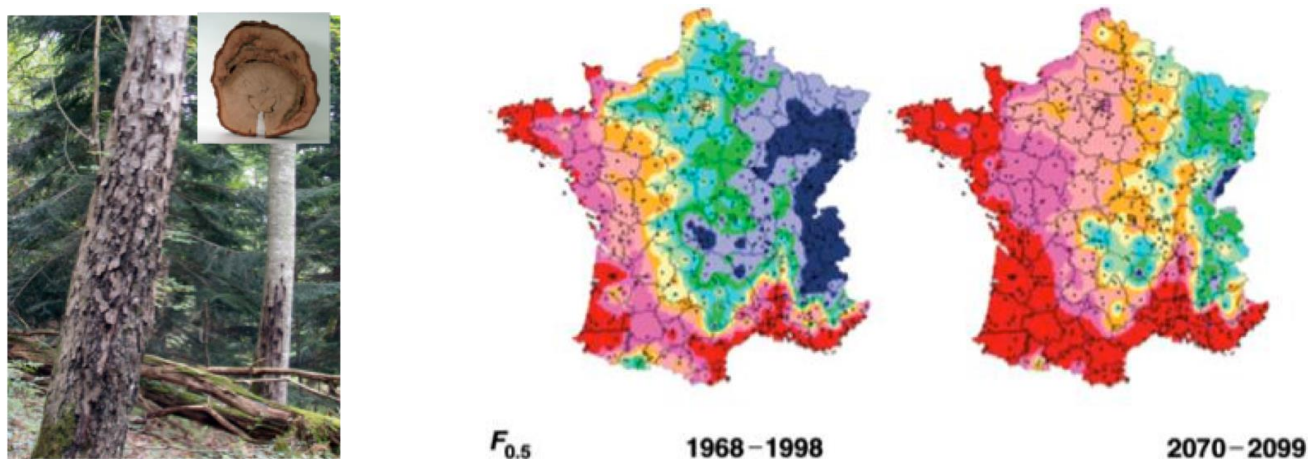


Figure 2. Exemples de maladies forestières causées par des organismes exotiques introduits en Europe - à gauche : Oïdium du chêne (début du 20<sup>ème</sup> siècle) – au centre : Chalarose du frêne (fin du 20<sup>ème</sup> siècle) ; à droite : augmentation du nombre d'espèces de champignons exotiques introduits en France et en Europe dans la période récente (dont une grande partie sont pathogènes).

Ces nouvelles rencontres entre espèces végétales et pathogènes non coadaptées sont principalement favorisées par les activités humaines : commerce de marchandises et voyages intercontinentaux favorisant l'introduction involontaire de parasites. L'accélération récente des échanges mondiaux pourrait ainsi expliquer le nombre croissant de maladies émergentes. Les transferts d'espèces liés aux activités humaines conduisent à de nouvelles interactions non seulement entre plantes et pathogènes mais également entre espèces proches de pathogènes qui peuvent ainsi s'hybrider et acquérir une agressivité accrue. Un exemple bien documenté est celui du *Phytophthora* des aulnes, causant des mortalités en ripisylves depuis les années 1990 en Europe. Des études de génétique cytoplasmique et moléculaire ont pu démontrer que l'espèce pathogène est un hybride entre une espèce originaire d'Alaska et une autre d'Europe, chacune des espèces parentes étant peu agressive sur son hôte (espèce d'*Alnus*) d'origine.

Le changement climatique est une autre composante majeure du changement global qui pourrait affecter la santé des forêts, via les parasites et ravageurs. Les champignons et insectes sont des organismes ectothermes (dont la température n'est pas régulée, donc dépendante de la température ambiante) répondant fortement aux variations de température. Pour beaucoup d'entre eux, un réchauffement modéré va permettre une meilleure survie hivernale et une accélération des cycles et donc une augmentation plus rapide des populations pouvant se traduire par un impact accru et/ou un élargissement des zones favorables. Ainsi *Phytophthora cinnamomi*, très sensible au gel, a déjà colonisé de nouvelles régions en France au cours des dernières décennies et les modèles de risque prédisent une distribution beaucoup plus large au cours du siècle prochain (fig 3). L'expansion récente de la chenille processionnaire des pins dans la moitié nord de la France, favorisée par l'augmentation des températures, en est un autre exemple.



**Figure 3.** *Modèle de distribution de la maladie de l'encre des chênes, pour le passé récent et le futur. Les zones rouges représentent une forte probabilité de maladie, liée à la fréquence d'hivers doux favorisant la survie du parasite. La distribution actuelle observée est incluse dans la zone rouge de la carte 1968-1998.*

Les changements climatiques se traduisent aussi par des différences du régime des pluies qui pourraient affecter l'impact des parasites. Ainsi les modèles météorologiques prédisent une fréquence plus grande des périodes de sécheresse qui pourrait favoriser les agents pathogènes opportunistes qui ne se développent que sur des arbres affaiblis par un stress physiologique. *Diplodia sapinea*, champignon à l'origine de mortalités sur pins, en particulier *Pinus laricio*, en est un bon exemple et les dégâts qu'il occasionne ont déjà fortement augmenté au cours des dernières décennies.



Enfin l'évolution des pratiques sylvicoles peut être un facteur d'émergence de maladies en favorisant l'explosion de pathogènes présents auparavant à des niveaux de population non dommageables. Les situations d'intensification de la gestion forestière, visant à répondre à une demande croissante de bois, se sont souvent traduites par la constitution de plantations mono-spécifiques, voire monoclonales. Ces peuplements, fournissant localement une grande quantité de ressources homogènes pour des parasites et ravageurs spécialisés, sont un élément favorable au développement des épidémies. Effectivement, l'analyse de données d'observation et d'expérimentation montre que l'impact des pathogènes et ravageurs est souvent plus important dans les peuplements homogènes qu'hétérogènes (plurispécifiques ou avec plusieurs variétés). Le fort impact des parasites et ravageurs en agriculture moderne, nécessitant le recours à des applications fréquentes de fongicides et insecticides, le montre bien. La populiculture en est une autre illustration, avec le problème posé par les épidémies de rouille (maladie foliaire causée par *Melampsora larici-populina*) alors que le même pathogène pose peu de problème sur les peupliers sauvages disséminés le long des rivières. Le phénomène épidémique s'est révélé particulièrement critique lorsque quelques clones de Peuplier sélectionnés pour leur résistance totale à la rouille ont été multipliés et largement utilisés sur l'ensemble du territoire. La pression de la sélection naturelle a été telle sur les populations de rouille que des variants plus virulents ont fini par envahir toutes les parcelles plantées avec les nouveaux clones de Peuplier, qui ont alors été très fortement impactés. L'augmentation des dégâts d'*Heterobasidion*, agent de pourridié dans les plantations de résineux en Europe, est un autre exemple des effets liés aux plantations homogènes.

### Quelles nouvelles menaces pour le futur ?

L'analyse des émergences passées ou en cours pointe les principaux facteurs de risque d'émergence : introductions involontaires d'espèces de champignons pathogènes ou insectes ravageurs exotiques, effets du changement climatique, homogénéisation des peuplements. Si les tendances actuelles à l'augmentation des échanges, au réchauffement et à l'intensification de la gestion forestière se poursuivent, il est donc fort probable que le rythme des émergences de maladie va se maintenir voire augmenter. Les prédictions plus précises sur la nature de ces nouveaux risques sont plus aléatoires : si l'on peut supposer que les parasites et ravageurs thermophiles vont être avantagés, de même que les parasites de stress, une grande incertitude est liée à l'introduction de parasites exotiques (non autochtones). De nombreux exemples dans le passé récent, comme la chalarose des frênes ou le *Phytophthora* de l'aulne, montrent que les espèces n'étaient même pas décrites avant l'apparition des dégâts. Nous nous trouvons donc face à des risques très vraisemblablement accrus mais également incertains. Limiter ces risques dans la mesure du possible et les gérer nécessite d'anticiper et de pouvoir s'adapter, en combinant différentes méthodes et stratégies (cf fiche 5.06).

**Recommandation** : la lecture de cette fiche peut être utilement complétée par celle des fiches : 2.10 et 5.06

### Ce qu'il faut retenir

- L'émergence de nouvelles maladies ou pullulations d'insectes menaçant la santé des forêts s'est accélérée partout dans le monde au cours des dernières décennies
- Une cause majeure d'émergence de maladies est l'introduction involontaire (via le commerce et les échanges à l'échelle mondiale) de parasites non autochtones qui "court-circuitent" les processus naturels de coévolution
- Les changements climatiques, en particulier réchauffement et sécheresses accrues, et l'homogénéisation des peuplements dans les cas de sylviculture intensive, sont également des facteurs importants d'émergence de maladies
- Les projections les plus probables à court/moyen terme sont une augmentation des risques pour la santé des forêts, en particulier à cause de nouvelles maladies, mais avec de fortes incertitudes sur la nature et l'origine de ces risques quand il s'agit d'espèces parasites non autochtones.