



La maladie de l'encre complexifie la sylviculture du châtaignier

Après avoir participé à la régression de la châtaigneraie à fruit au cours du XIXe siècle, la maladie de l'encre est devenue récemment un problème majeur en forêt, où elle complexifie la sylviculture du châtaignier.

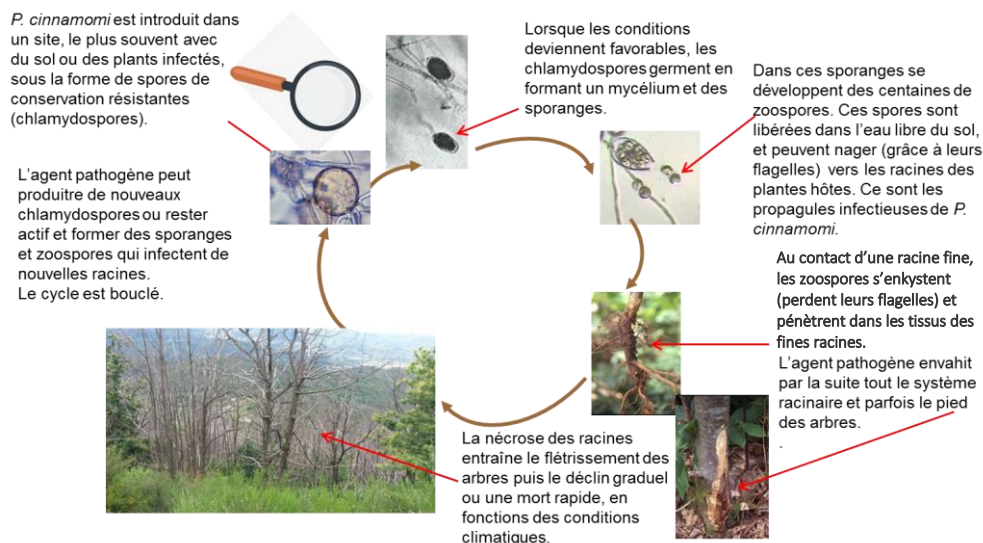
Deux agents pathogènes pour une même maladie

L'encre du châtaignier est causée par deux agents pathogènes (*Phytophthora cambivora* et *Phytophthora cinnamomi*). Ces organismes, proches des champignons, sont capables d'attaquer de nombreuses espèces d'arbres, en pleine vigueur, dont la sensibilité varie fortement. Parmi ces dernières, le châtaignier européen (*Castanea sativa*) est l'une des plus sensibles.

P. cinnamomi et *P. cambivora* se développent dans le sol et, lorsque les conditions sont favorables (étés pluvieux et hivers doux), forment des spores biflagellées (zoospores). Ces propagules attirées par les exsudats racinaires des plantes hôtes se

déplacent de manière autonome dans l'eau libre à travers la microporosité du sol pour infecter les arbres. De ce mode de dissémination à courte distance dans le sol, il résulte une progression par tache d'huile de la maladie autour des premiers arbres infectés. La dispersion à plus longue distance de ces deux *Phytophthora* se fait par le transport de sol, par les animaux et par les engins ou outils et par le transport de plants contaminés.

Les arbres infectés meurent plus ou moins rapidement selon le taux d'infection des racines et la co-occurrence d'autres stress (biotiques ou abiotiques).



Cycle biologique de *Phytophthora cinnamomi*, agent causal de l'encre du châtaignier (d'après C. Robin, INRA)

La réémergence en forêt d'une maladie ancienne

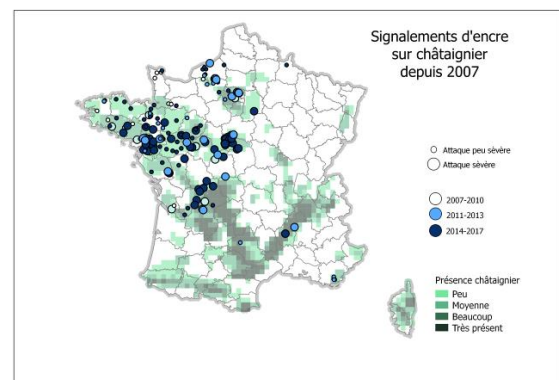
La maladie de l'encre commence à faire parler d'elle à la fin du XIXe siècle, époque à partir de laquelle elle est observée dans les châtaigneraies à fruit à travers l'Europe. Décrite dans le Pays basque en 1860 puis en Ardèche en 1871, elle gagne par le biais de plants contaminés l'ensemble de la zone castanéicole française dans la première partie du XXe siècle. À cette période de déclin économique où les parcelles sont laissées à l'abandon, les dépérissements sont importants et l'encre, bien que présente, y a un rôle mal connu.

Même si Ducomet (1913) et Dufrenoy (1930) signalent respectivement des mortalités de châtaignier dues à l'encre dès 1875 en Bretagne et des dépérissements dans les taillis de châtaignier en Haut-Limousin, les cas d'encre en forêt sont rares jusqu'au début des années 2000, et cela malgré une recherche importante de l'agent pathogène au début des années 90 et la surveillance attentive des correspondants-observateurs du Département de la Santé des Forêts.

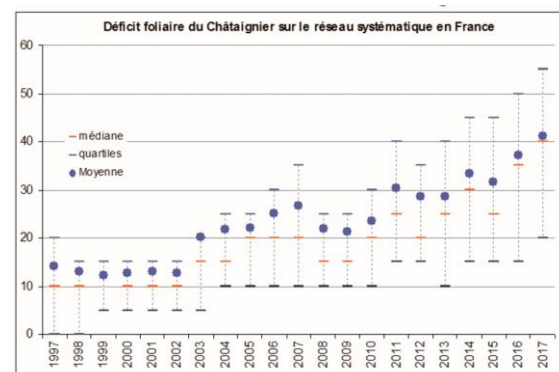
P. cinnamomi et *P. cambivora* ont bénéficié de conditions climatiques favorables à leur développement et à leur dispersion entre 1999 et 2002. La sécheresse de 2003 a accentué le dépérissement, causé par les infections racinaires, et a mis en évidence des cas d'encre, notamment dans les régions soumises au climat océanique. Les foyers sont alors isolés et les zones atteintes de faible ampleur. Depuis, les signalements se multiplient dans l'ouest de la France avec, ces dernières années, une augmentation des surfaces atteintes et du niveau de dégradation des peuplements. Favorable aux *Phytophthora* et impactant pour le châtaignier, le contexte climatique joue

donc un rôle majeur dans l'évolution de l'état sanitaire actuel des châtaigneraies. Celui-ci se dégrade dans de nombreuses régions depuis une dizaine d'années.

Les signalements de dégâts d'encre sur châtaignier en forêt sont essentiellement localisés le long de la façade atlantique. Compte tenu des cas recensés en châtaigneraie à fruit, la distribution spatiale de *P. cinnamomi* et *P. cambivora* dans le sol est certainement plus large. C'est ce que confirment des travaux de modélisation menés par l'INRA : **les conditions climatiques actuelles et futures sont favorables à l'établissement de *P. cinnamomi* dans le sol sur la quasi-totalité du territoire.**



Signalements par le DSF des dégâts d'encre en France



Déficit foliaire des châtaigniers mesuré dans les parcelles permanentes du réseau de surveillance systématique du DSF

L'eau, le sol et le climat, trois facteurs déterminants pour l'encre

En favorisant la multiplication et croissance de *P. cinnamomi* et *P. cambivora*, l'eau dans le sol est, de fait, un facteur explicatif prépondérant du niveau d'impact de la maladie. Les châtaigniers sur sols hydromorphes (hors station...) sont donc en tout premier lieu concernés par la problématique, au point où l'on conseille de **proscrire les sols avec présence de traces d'hydromorphie à moins de 50 cm pour le châtaignier**. Mais ce ne sont pas les seuls ! La présence de sols à mauvais drainage, de remontées de nappe d'eau (printemps pluvieux, coupe...) ou les tassements de sol (même sur les cloisonnements !) augmentent considérablement le risque de dégâts d'encre.

En conditions favorables, le châtaignier est capable, en puisant dans ses réserves glucidiques, de réémettre des racines compensant celles attaquées par le pathogène. À l'inverse, en cas de stress préalable ou ultérieur, la capacité de l'arbre à réagir est beaucoup plus faible et l'arbre peut entrer dans une phase de dépérissement avec des houppiers clairs, des mortalités de branches et l'apparition de pathogènes secondaires.

La succession de périodes pluvieuses (ou d'évènements favorisant la remontée de nappe), bénéfiques à la multiplication et à la dispersion de *P. cinnamomi* et *P. cambivora*, et de périodes de sécheresse, engendre des dégâts importants et rapides. Les arbres soumis à ces stress hydriques se retrouvent sans aucune résilience avec un système racinaire nécrosé,

non fonctionnel. Les mortalités apparaissent donc en période de manque d'eau même si l'encre se développe en période humide.

Comment diagnostiquer la problématique ?

Le châtaignier est soumis à plusieurs problématiques sanitaires. Avant de prendre toute décision de gestion, il est primordial de les connaître pour pouvoir agir à bon escient. Les correspondants observateurs du DSF sont là pour accompagner les gestionnaires dans leur démarche.



De l'arbre adulte aux semis, tous les stades sont atteints (DSF nord-ouest et Cécile Robin)

Les premiers symptômes d'encre témoignent de l'atteinte racinaire des arbres par *P. cinnamomi* ou *P. cambivora*. Ils sont observés sur la partie aérienne des arbres et sont non spécifiques : il s'agit de chlorose, nanification des feuilles, chute des feuilles avec éclaircissement du houppier, puis des mortalités de branches et de l'arbre entier. Les arbres de toutes dimensions sont atteints, du semis à l'arbre de franc

pied en passant par la cépée. Ces symptômes peuvent être confondus avec ceux causés par des stress hydriques. Cependant, l'arrachage de semis en zone contaminée permet de facilement observer l'état du système racinaire. Lorsque *P. cinnamomi* ou *P. cambivora* infectent ces semis, les racines fines sont détruites et le pivot est nécrosé. Lorsque l'arbre ne dépérit pas suite à ces infections racinaires, les nécroses peuvent atteindre le collet des arbres adultes. Ces nécroses en forme de flamme, pouvant s'accompagner de suintements et d'écoulements d'un liquide noirâtre, sont caractéristiques de l'encre. Sur troncs, les lésions causées par *P. cinnamomi* et *P. cambivora* se distinguent des chancre causés par d'autres agents pathogènes.



Nécrose en flamme au niveau du collet (Claude Husson, DSF) et nécrose sur tronc, caractéristiques de l'encre



A gauche : chancre du châtaignier (déformation du tronc avec mortalité au-dessus du chancre), à droite : maladie de Javart (complexe de champignons secondaires qui traduisent un stress des arbres).

Pour diagnostiquer sur le terrain la maladie de l'encre, il est nécessaire de prélever des fragments de tissus corticaux nécrosés, au niveau des racines, du collet ou du tronc pour réaliser un test de détection. Celui-ci permet de confirmer la présence d'une espèce de *Phytophthora* dans les tissus végétaux. À partir de 2013, l'utilisation en routine de ces tests par les agents du DSF a permis de mieux identifier les symptômes d'encre et d'améliorer ainsi le diagnostic terrain

Des études en cours à l'INRA ont comme objectif de mieux appréhender le risque d'encre pour le châtaignier. Les objectifs sont de préciser la zone de distribution des deux *Phytophthora* et pour cela d'améliorer les méthodes de détection dans le sol, d'évaluer la vulnérabilité du châtaignier à l'encre en interaction avec ses bioagresseurs et les stress abiotiques, et d'analyser le rôle de la biodiversité forestière sur la dissémination et multiplication des agents de l'encre. En effet, la diversité spécifique d'une communauté peut modifier la prévalence de maladies infectieuses à travers des effets de dilution ou d'amplification. Ces effets de dilution ou d'amplification peuvent être liés aux différences de sensibilité des espèces végétales présentes ou à la flore du sol qui leur est associée.

Quelle sylviculture pour le châtaignier demain ?

Bien que présent sur de grandes surfaces du fait de sa plasticité dans le jeune âge, le châtaignier est une essence exigeante pour produire des bois de qualité. L'encre a notamment restreint ses stations de production aux stations avec une bonne réserve utile **et bien drainées**. Les objectifs de production doivent donc tenir compte de ce changement majeur et limiter

l'implantation du châtaignier à ces stations.

Très secs XX						
Secs X						
Bien drainés m	Sylviculture de production					
Légèrement humides f						
Assez humides h	Risque encre élevé					
Humides hh						
Mouillés H						
	Très acides AA	Acides A	Assez acides aa	Faiblement acides H	Neutres	Calcaires b

- présence de l'essence
- optimum stationnel pour une production de châtaignier
- station à risque élevé d'encre

Écogramme de répartition du châtaignier combinant les gradients trophiques et hydriques La maladie de l'encre restreint les stations à châtaignier avec une bonne réserve utile et bien drainées (modifié d'après Flore Forestière Française, IDF)

Le châtaignier nécessite une sylviculture dynamique, mais des interventions douces sans tassement de sol. Les éclaircies devront être progressives pour éviter des remontées de nappes ou une mise en lumière brutale des peuplements.

Toute déstructuration de peuplements de châtaignier risque de conduire à des dépérissements, tout comme une sylviculture trop conservatrice. Les peuplements vieillissants, en surdensité seront donc complexes à gérer, le forestier devant trouver l'équilibre entre le risque d'une éclaircie de rattrapage trop forte (accentuant les effets de l'encre) et le risque de dépérissement inhérent au vieillissement des châtaigniers.

En tout état de cause, l'exploitation de l'essence devra être soignée et respecter scrupuleusement les sols. Tout sol tassé accroît considérablement les risques de mortalités de châtaigniers liées à l'encre. Compte tenu de la difficulté de gestion des châtaigneraies à l'heure actuelle, la **mise en place de cloisonnements est une nécessité absolue.** Même dans ces conditions, il convient d'intervenir sur des sols ressuyés. Un tassement des cloisonnements peut entraîner une perturbation des circulations latérales d'eau, et là aussi un risque d'atteinte par l'encre.

	Risque faible	Risque modéré	Risque élevé
Sol	Sol drainant (texture sableuse à sablo-limoneuse, sans plancher argileux)	Sol à tendance limoneuse	Sol à tendance argileuse ou présence d'un plancher argileux
Hydromorphie	Pas de traces d'hydromorphie	Traces d'hydromorphie entre 50 cm et 1 m de profondeur	Traces d'hydromorphie à moins de 50 cm de profondeur
Topographie	Haut de versant, plateau	Versant	Bas de versant, cuvette, proximité réseau hydrique
Climat	Climat continental, montagnard	Climat semi-océanique, méditerranéen	Climat océanique
Tassement de sol	Exploitation sur sol ressuyé sur cloisonnements avec rémanents	Exploitation sur sol ressuyé sans cloisonnements ou avec cloisonnements sur sol non ressuyé	Exploitation sur sol non ressuyé sans cloisonnements
Sylviculture	Éclaircie légère en sylviculture dynamique	Coupe rase, éclaircie dans un peuplement en retard d'éclaircie	Diminution brutale de densité, coupe rase sur plus d'un hectare Surdensité

Les principaux facteurs de risques pour la sylviculture du châtaignier

Lorsque l'encre a été diagnostiquée dans un site, il faut envisager une substitution d'essence.

Les plantations d'essences sensibles à *P. cinnamomi* et *P. cambivora* (châtaignier, chêne rouge, chêne pédonculé...) sont à proscrire. Le chêne sessile peut être une essence de remplacement de choix dans les meilleures stations. Lorsque l'hydromorphie est plus marquée et/ou la pluviométrie plus limitée, le gestionnaire pourra se tourner vers des résineux tels les pins.

Autre élément important, le choix des plants. Il convient d'exiger auprès du pépiniériste des plants sains sans traitement fongicide préalable, qui masquerait les symptômes sans se débarrasser du pathogène qui pourrait alors proliférer en forêt.

Dans un contexte de reboisement, la maîtrise de la végétation sera un élément d'importance avec une concurrence forte des rejets et drageons de châtaignier les premières années.

Afin de reconstituer les châtaigneraies, des introductions de châtaigniers asiatiques (*Castanea crenata* et *C. mollissima*) ont été réalisées dès le début du XXe siècle, mais ont été arrêtées à partir de 1926 pour ne pas introduire l'agent du chancre du châtaignier (*Cryphonectria parasitica*). Ces tentatives de reconstitution, réalisées dans des régions où l'encre était observée, ont permis de confirmer la résistance de ces espèces asiatiques et de leurs hybrides avec le châtaignier européen. Mais ces espèces et hybrides se sont avérés mal-adaptés au climat français. Ces observations ont conduit l'INRA, à

partir de 1946, à mettre en place un programme d'amélioration génétique dont l'objectif principal était la création de porte-greffes hybrides résistants à l'encre. Des variétés clonales hybrides sont ainsi utilisées en production fruitière comme porte-greffes. Cependant, il n'existe pas à l'heure actuelle de variétés améliorées de châtaignier européen résistantes à l'encre et adaptées à une production forestière. Des études sont en cours pour mieux comprendre le déterminisme génétique de la résistance à l'encre et le mettre à profit dans un programme d'amélioration.



Mortalité de châtaigniers à Montmorency

A retenir

Les dépérissements de châtaigniers liés à l'encre augmentent considérablement depuis le début des années 2000. La pression des deux agents pathogènes en cause (*Phytophthora cambivora* et *P. cinnamomi*) conduit à une réduction des stations forestières possibles pour l'essence. La sylviculture du châtaignier devient complexe. L'article apporte des clés permettant d'identifier et comprendre la maladie, d'objectiver le niveau de risque en forêt afin de pouvoir mieux en appréhender la gestion.

Rédaction : Cécile Robin (INRA Bordeaux) et Jérôme Gaudry (DSF, pôle Nord-Ouest)