



**HAL**  
open science

## Les risques sanitaires consécutifs à l'été 2003 à la lumière de la littérature

Dominique Piou, Louis-Michel Nageleisen, Marie Laure M. L. Desprez  
Loustau, Jean-Noël Candau

► **To cite this version:**

Dominique Piou, Louis-Michel Nageleisen, Marie Laure M. L. Desprez Loustau, Jean-Noël Candau.  
Les risques sanitaires consécutifs à l'été 2003 à la lumière de la littérature. *Rendez-vous Techniques de l'ONF*, 2006, 11, pp.28-34. hal-02653858

**HAL Id: hal-02653858**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02653858>**

Submitted on 17 Jan 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Les risques sanitaires consécutifs à l'été 2003 à la lumière de la littérature

Dès 1909, Duggar mentionnait que “la fréquence d'un très grand nombre de maladies fongiques est directement liée à ou conditionnée par les facteurs climatiques... facteurs qui peuvent affecter indépendamment l'hôte et le parasite et qui peuvent également affecter les interrelations entre ces organismes.”

Dans le cadre de l'expertise “sécheresse et canicule 2003”, une analyse bibliographique en deux volets (Rouault et al., 2005 et Desprez-Loustau et al., 2005) a été menée pour éclaircir ces différents effets et participer à l'évaluation des risques sanitaires. Les résultats apportent des éclairages intéressants pour les gestionnaires.

## La chaleur ou l'humidité agissent directement sur les parasites

### Durant leur dispersion

**Les champignons sont particulièrement sensibles aux conditions hydriques** durant leur phase de dispersion et d'infection ; ils requièrent pour la plupart une humidité importante, voire de l'eau libre, pour la dissémination et la germination des spores. Cette contrainte est particulièrement limitante pour les pathogènes réalisant de nombreux cycles infectieux au cours de la saison de végétation. **Une sécheresse a donc un impact immédiat négatif sur la dispersion de la plupart des pathogènes foliaires** : les signalements au DSF d'oïdium, de rouilles foliaires, de cylindrosporiose et les pertes foliaires sur peuplier et merisier – essences particulièrement sujettes aux maladies foliaires – observées sur le réseau européen ont ainsi nettement diminué en 2003.

**Les insectes sont, eux, sensibles à la température lors de leurs vols de dispersion** : au-delà de 30 °C, on observe chez beaucoup d'espèces une hyperactivité, un comportement de

recherche de conditions plus favorables puis, si la température augmente encore, un état de léthargie qui précède la mort. Ceci explique probablement le fait que contrairement aux années antérieures, de très faibles captures de typographe ont été enregistrées durant la première quinzaine d'août 2003 dans les pièges phéromonaux mis en place par le DSF dans le Nord-Est de la France. Les températures de l'air observées durant cette période ont en effet été largement supérieures aux températures optimales de vol de l'insecte (22-26 °C).

### Durant leur développement

Après l'infection, le développement des champignons est dépendant du taux d'humidité des tissus de l'hôte, mais **de nombreux pathogènes présentent une croissance encore significative (50 % de l'optimum) à des niveaux de stress hydriques sévères pour leurs hôtes.**

**Beaucoup de champignons et d'insectes réagissent positivement à une élévation des températures moyennes :**

- *Sphaeropsis sapinea* voit ainsi sa croissance mycélienne doubler entre

20 et 28 °C de température moyenne (Peterson, 1981). La température optimale de croissance du mycélium de la majorité des champignons pathogènes est similaire à celle de la plupart des plantes supérieures et des animaux et se situe entre 20 et 30 °C (Tainter et Baker, 1996) ;

- les insectes capables de faire plusieurs générations dans l'année réagissent également de façon spectaculaire à une augmentation des températures moyennes. Dans le Nord-Est de la France en 2003, le DSF a pu observer deux générations d'*Ips typographus* à moyenne altitude et même trois dans certains peuplements de plaine contre respectivement une et deux en année normale.

**Cet effet positif est cependant limité par l'existence d'un seuil de température létal variable selon les espèces et les stades de développement<sup>1</sup> :**

- des mortalités importantes d'œufs et de jeunes larves de processionnaire du pin ont été rapportées en 2003 dans les zones éloignées des côtes atlantiques, notamment dans le centre de France et dans la zone d'extension de l'insecte au nord de la Loire. Ces mortalités ont été beaucoup plus faibles le long de la façade atlantique probablement parce

<sup>1</sup> La problématique des températures létales supérieures des insectes est cependant compliquée par les phénomènes d'acclimatation, c'est-à-dire par le fait qu'elles peuvent varier suivant l'histoire thermique des populations testées (Bursell, 1964).

que les températures atteintes début août ont été inférieures au seuil léthal des jeunes larves mais aussi parce que le vol des adultes étant plus précoce le long de la côte, les stades les plus sensibles étaient décalés dans le temps. Ce phénomène pourrait expliquer que la répartition géographique des dégâts a été profondément modifiée entre 2002 et 2004 (cf. Figure 1). Les larves de typographe sous des écorces exposées au soleil ont été confrontées en août 2003 à de très fortes températures (supérieures à 50 °C) qui se sont probablement révélées mortelles dans certains cas ;



L.M. Nageleisen

*Ips typographus*

■ Pour les champignons, les températures létales supérieures sont généralement plus élevées mais dépendent également de la durée d'exposition. Quelques minutes à 70° sont fatales à la plupart (Tainter et Baker, 1996). Le mycélium d'*Heterobasidion annosum* meurt après deux heures à 38-45 °C (Korhonen et Stenlid, 1998).

### Le synchronisme phénologique, un phénomène très dépendant des conditions climatiques

Le synchronisme entre le stade virulent d'un parasite et le stade sensible d'un

hôte – **coïncidence entre élongation des pousses de pin et émission des spores de rouille courbeuse, entre débourrement de l'hôte et éclosion des œufs de défoliateurs printaniers** (tordeuse verte du chêne, tordeuse grise du mélèze, cheimatobie) – est souvent déterminant dans l'épidémiologie d'une maladie ou dans le développement d'un insecte ravageur ou d'un parasitoïde. Il **dépend surtout des conditions climatiques, de l'hiver ou du printemps, mais les températures estivales peuvent également avoir une influence**, comme le mon-

trient les travaux menés par P. du Merle (1999) sur la tordeuse verte du chêne : L'éclosion des œufs de ce ravageur au printemps, est non seulement dépendante des conditions de l'hiver précédent, mais aussi de l'été de l'année antérieure.

En outre, même si cela reste difficile à quantifier, les parasites des arbres sont eux-mêmes l'objet de prédateurs et de parasitismes. Le synchronisme de leur développement est donc un autre élément conditionnant l'extension des parasites. Les conditions climatiques, et notamment les températures esti-

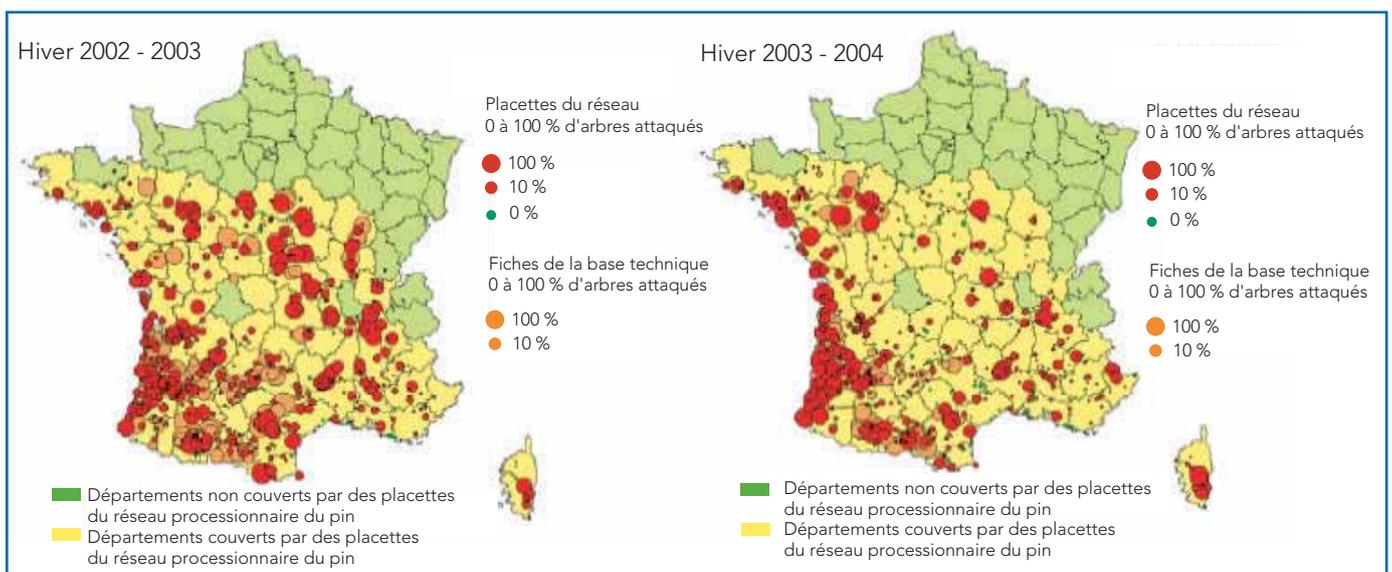


Fig. 1 : observation des attaques de la processionnaire du pin lors des hivers 2002 – 03 et 2003 – 04. Les populations du centre et de l'est semblent avoir été les plus affectées par la canicule de l'été 2003 (Laurence Bouhot-Delduc)

vales, jouent là encore un rôle probablement important mais très peu étudié.

### L'altération de la physiologie de l'hôte : un effet indirect complexe des conditions climatiques sur la sensibilité aux parasites et ravageurs

Les effets d'un stress hydrique sur la sensibilité de l'hôte à des parasites ou ravageurs ont fait l'objet d'expérimentations nombreuses conduites le plus souvent sur de jeunes plants, en conditions très contrôlées. Les résultats de cette approche éclairent les mécanismes en jeu.

#### Les réactions de défense

Lorsqu'un stress hydrique modéré survient, la croissance des arbres est rapidement affectée. La photosynthèse l'est également mais à un moindre degré. Cette différence dans la cinétique des deux processus fait qu'une quantité plus importante d'hydrates de carbone est disponible pour la synthèse de composés chimiques de défense (lignine, phénols, terpènes, phytoalexines<sup>2</sup>, composés spécifiques...). Ces composés sont généralement toxiques vis-à-vis d'un grand nombre d'insectes et/ou de champignons. De ce fait, il est communément admis qu'un **faible stress conduit à une augmentation des capacités de résistance des arbres et à une moindre sensibilité aux parasites.**

En cas de **stress hydrique sévère**, la photosynthèse cesse et la synthèse des composés de défense diminue alors rapidement.

#### La capacité nutritive des tissus

La résistance des arbres ne dépend pas uniquement de leur capacité à produire des composés de défense, mais aussi de leur qualité nutritive. Lors d'un stress hydrique, des changements biochimiques interviennent dans l'arbre, notamment pour maintenir la pression osmotique et limiter les pertes en eau.

**En cas de stress limité, on observe ainsi une augmentation des sucres et**



*Armillaria ostoyae*

L.M. Nageleisen

**une conversion des protéines en acides aminés solubles, ce qui accroît la disponibilité en azote.** Or, un taux d'azote soluble plus important pourrait favoriser les performances d'insectes phytophages<sup>3</sup> (Mattson et Haack, 1987), mais aussi des armillaires (Lung-Escarmant *et al.*, 2005). De même, et quel que soit le stress, on constate une augmentation de la teneur en sucres réducteurs et en glucose dans les racines, ce qui pourrait favoriser le développement des armillaires par exemple.

**En cas de stress hydrique sévère, les concentrations en nutriments et en eau dans les tissus chutent au point de les rendre inconsommables par de nombreux phytophages**, limitant de facto leur développement (diminution de la croissance larvaire, de la fécondité des femelles, du taux d'éclosion des œufs...). En revanche, la plupart des champignons présente une plasticité importante vis-à-vis de la concentration en eau des tissus de l'hôte (cf. plus haut).

#### Une résultante difficile à établir

Les effets d'un stress hydrique sur la concentration des tissus en composés toxiques et sur la qualité nutritive des

tissus évoluent donc en fonction du temps et de la sévérité du stress, mais pas forcément de façon synchrone ni parallèle. De plus, tous les tissus ne sont pas affectés de façon identique par ces différents processus. Les tissus vasculaires se chargeraient moins de composés toxiques que les autres tissus ce qui affecterait moins les insectes piqueurs suceurs par exemple. Enfin les différents mécanismes de résistance des principales essences forestières face aux parasites et à la sécheresse sont loin d'être tous élucidés : la réponse à des combinaisons de stress abiotiques (hydrique, nutritif, compétition) et biotiques, les conséquences à long terme des stress et leur répétition dans le temps sont également mal connues.

Le bilan final est dès lors souvent difficile à établir compte tenu des effets contraires qui peuvent entrer en jeu. **Même si des contre-exemples existent, il ressort malgré tout qu'en conditions contrôlées, les insectes corticaux et xylophages et les piqueurs suceurs se développent généralement mieux sur arbres stressés ce qui n'est pas le cas des insectes gallicoles<sup>4</sup> et des défoliateurs.**

<sup>2</sup> Le terme de phytoalexine désigne des molécules dont la synthèse est induite chez les végétaux en réponse à différents facteurs de stress et qui possèdent un pouvoir inhibiteur à l'égard d'un large éventail de microorganismes. Le caractère inductible de ces molécules les distingue des molécules toxiques constitutives. Chaque espèce de plante possède ses phytoalexines particulières (Lepoivre, 2003).

<sup>3</sup> Insectes qui consomment les tissus végétaux

<sup>4</sup> Qui créent des galles

## De l'expérimentation aux observations en forêt

Passer de la compréhension de mécanismes testés lors d'expérimentations contrôlées à la compréhension de phénomènes observés en forêt est un exercice délicat. La littérature abonde d'exemples dans lesquels les gradations d'insectes en nature semblent associées à des sécheresses (Speight et Wainhouse, 1989 ; Allen et Breshears, 1998 ; Breshears *et al.*, 2005), mais il n'est pas forcément aisé de faire la part réelle des sécheresses et celle d'autres facteurs qui pourraient coïncider avec elles.

### Une liaison claire entre sécheresse et scolytes

La sensibilité après sécheresse des forêts de résineux aux attaques d'insectes corticaux et xylophages est maintenant largement documentée tant en Europe (Lieutier *et al.*, 2005) que dans les forêts tempérées des autres continents. Normalement cantonné aux arbres physiologiquement déficients, le typographe est susceptible de s'attaquer lors de phases épidémiques à des arbres moins affaiblis, voire à des arbres sains : le succès des attaques dépend alors essentiellement des niveaux de population des scolytes et de la capacité des arbres à mobiliser leurs mécanismes de résistance. Tout affaiblissement, notamment du fait de



L.M. Nageleisen

*Sphaeropsis sapinea*

conditions climatiques sévères, diminue donc le seuil d'attaque des scolytes. C'est ce qui a été constaté à la suite de la sécheresse de 2003 avec une reprise importante des mortalités d'épicéa alors qu'elles avaient tendance à diminuer depuis 2002. Des observations identiques ont été réalisées en Suisse (Meier *et al.*, 2004) ou en Bade-Wurtemberg (Meining *et al.*, 2004).

Un autre scolyte, le curvidenté du sapin (*Pityokteines curvidens*), semble lui aussi avoir été favorisé par les conditions climatiques de l'été 2003 : plus de 400 000 m<sup>3</sup> de bois ont été touchés en 2003 et 2004. Il est difficile dans ce cas de faire la part entre une action directe des températures, l'augmentation de l'attractivité liée à l'émission de composés terpéniques et l'affaiblissement des sapins.

Dans le Nord-Est de la France, ce sont au total plus de 750 000 m<sup>3</sup> de bois résineux qui ont été scolytés en 2004, niveau record depuis 1989 (Nageleisen, 2005).

### Une liaison plus floue pour les autres ravageurs

Pour les autres guildes, il est encore plus difficile de mettre en évidence un effet "canicule". De nombreuses attaques de défoliateurs ont été signalées depuis 2003 mais dans de nom-

breux cas, l'augmentation des niveaux de population avait été constatée bien avant cette date. Les signalements d'insectes gallicoles, ne semblent pas avoir particulièrement augmenté et ceux d'insectes piqueurs suceurs ne sont pas cohérents pour en déduire une tendance générale.

### Un nouveau regard sur les pathogènes favorisés par un stress hydrique

Les impacts de la sécheresse sur les relations entre les agents de maladie foliaire et leurs hôtes ont été peu étudiés, du fait de l'effet directement négatif de la sécheresse sur ces agents (voir plus haut). De même, les impacts sur les relations entre les agents de chancre susceptibles de se développer sur arbres sains et leurs hôtes ont été peu étudiés car on n'observe ni augmentation ni diminution nettes de la fréquence de ces problèmes après les sécheresses. C'est le cas pour les chancres du châtaignier, du hêtre, du mélèze ou du cyprès par exemple.

À l'inverse, les pathogènes du corps ligneux (tiges ou racines) des genres *Sphaeropsis*, *Botryosphaeria*, *Cytospora*, *Biscognauxia*, et *Entoleuca* (*Hypoxylon*) ont été très étudiés, ce qui est cohérent avec l'augmentation des fréquences d'observation des dégâts imputés à



L.M. Nageleisen

Attaques de curvidenté sur sapin

ces agents après sécheresse (augmentation des signalements de *Sphaeropsis sapinea* dans la base DSF en 1989-90 ou après 2003 par exemple).

La plupart de ces champignons ont été longtemps qualifiés de parasites opportunistes, de faiblesse ou secondaires, c'est-à-dire susceptibles de se développer sur des arbres préalablement affaiblis par divers stress. **Beaucoup sont en réalité des endophytes, c'est-à-dire des organismes qui se développent à l'intérieur d'une plante sans provoquer de symptômes. Certains auteurs font l'hypothèse que des champignons de ce type ne deviendraient virulents que lorsque l'équilibre avec l'arbre est rompu en faveur du pathogène (vieillesse des tissus ou stress hydrique).** Si le stress s'interrompt avant que le pathogène n'ait totalement détruit l'organe, on peut observer des cicatrifications qui prennent une allure chancreuse.

### La sécheresse, révélatrice et amplificatrice des effets des pathogènes et des ravageurs

**Certains champignons sont à même de se maintenir sur des arbres vivants, non comme endophytes mais en créant des lésions permanentes plus ou moins contenues par l'hôte.** Ce type de lésions est fréquent au niveau racinaire et peut conduire à des systèmes racinaires très déficitaires (*Armillaria sp.*, *Phytophthora sp.*, *Collybia fusipes*). Dans la plupart des cas, les hôtes sont à même de compenser les effets de cette infection lorsque les conditions d'alimentation en eau ne sont pas limitantes. **À l'occasion d'une sécheresse, cette compensation s'avère impossible ce qui provoque la mort de l'arbre.**

L'exemple des mortalités récentes de châtaigniers attaqués par des *Phytophthora* racinaires illustre bien cette dynamique. Bien que limité, le nombre de peuplements dans lesquels ces pathogènes ont été identifiés a nettement progressé en 2003 et 2004 (Saintonge, 2005), ce qui peut s'expli-

quer par un enchaînement d'évènements climatiques favorables. Le climat très humide de 1999 à 2002 a permis la multiplication des *Phytophthora* au sein des châtaigneraies, notamment sur stations à sols très hydromorphes ou très limoneux ou sur sols tassés. En 2003, ces attaques ont fortement perturbé l'alimentation en eau des arbres atteints et provoqué indirectement leur mort.

Un autre exemple est celui de *Collybia fusipes*, associée à des dépérissements fréquents de chêne pédonculé en sol non hydromorphe et sableux (Camy et al., 2003). Cet impact n'est pas lié à une plus grande sensibilité du chêne pédonculé dans ce type de sol, mais au fait qu'à niveau donné de destruction racinaire, les arbres attaqués présentent suite à une sécheresse plus de symptômes de dépérissement sur les sols à faible réserve en eau.

Le rôle des pathogènes racinaires dans la mortalité n'est pas toujours clair. En Europe, *Armillaria mellea* et *gallica* sont fréquents sur des chênes moribonds. Ils sont certes capables de se maintenir sous forme de lésions latentes sur des arbres sains, mais ils n'envahissent le système racinaire qu'à l'occasion d'un stress. De ce fait, ils sont considérés comme des opportunistes agissant comme facteurs aggravants (ou secondaires), c'est-à-dire accentuant et amplifiant les effets d'un stress et non comme des facteurs prédisposants, c'est-à-dire agissant depuis longtemps et soumettant l'arbre à un stress plus ou moins permanent susceptible d'induire un affaiblissement général (Legrand et al., 2005).

La sécheresse vient parfois ajouter ses effets à ceux de stress antérieurs multiples, en particulier des attaques de ravageurs et/ou de pathogènes. Elle peut alors intervenir comme **facteur déclenchant d'un dépérissement** dont l'intensité dépend des stress subis, des conditions stationnelles, de la concurrence et de l'âge du peuplement.

La distinction entre facteurs prédisposants, déclenchants et aggravants a été conceptualisée et schématisée sous la

forme de « **la spirale du déclin** » par Manion (1981), puis adaptée aux conditions françaises par Landmann et Nageleisen (1994) (Figure 2). Nageleisen (2005) a récemment retracé **l'historique de nombreux dépérissements de feuillus dans lesquels la sécheresse apparaît quasiment toujours comme facteur déclenchant.**

### Conséquences en terme de gestion

Le gestionnaire forestier intègre très facilement les notions de contraintes édaphiques ou climatiques. Il sait que « les arbres ne poussent pas n'importe où ». Il intègre plus difficilement les contraintes biotiques, les considérant parfois comme de simples « contrariants » dont l'impact pouvait être minimisé par des méthodes appropriées de lutte active.

Les changements climatiques obligent à aller au-delà de cette approche. En effet, la répétition de sécheresses et de canicules estivales, associée à une augmentation des températures moyennes hivernales et à une évolution de l'aire des hôtes, risque d'une part de modifier profondément la répartition géographique des épidémies et des gradations d'insectes et d'autre part de diminuer les capacités de résistance des arbres.



L.M. Nageleisen

Dépérissement hêtre

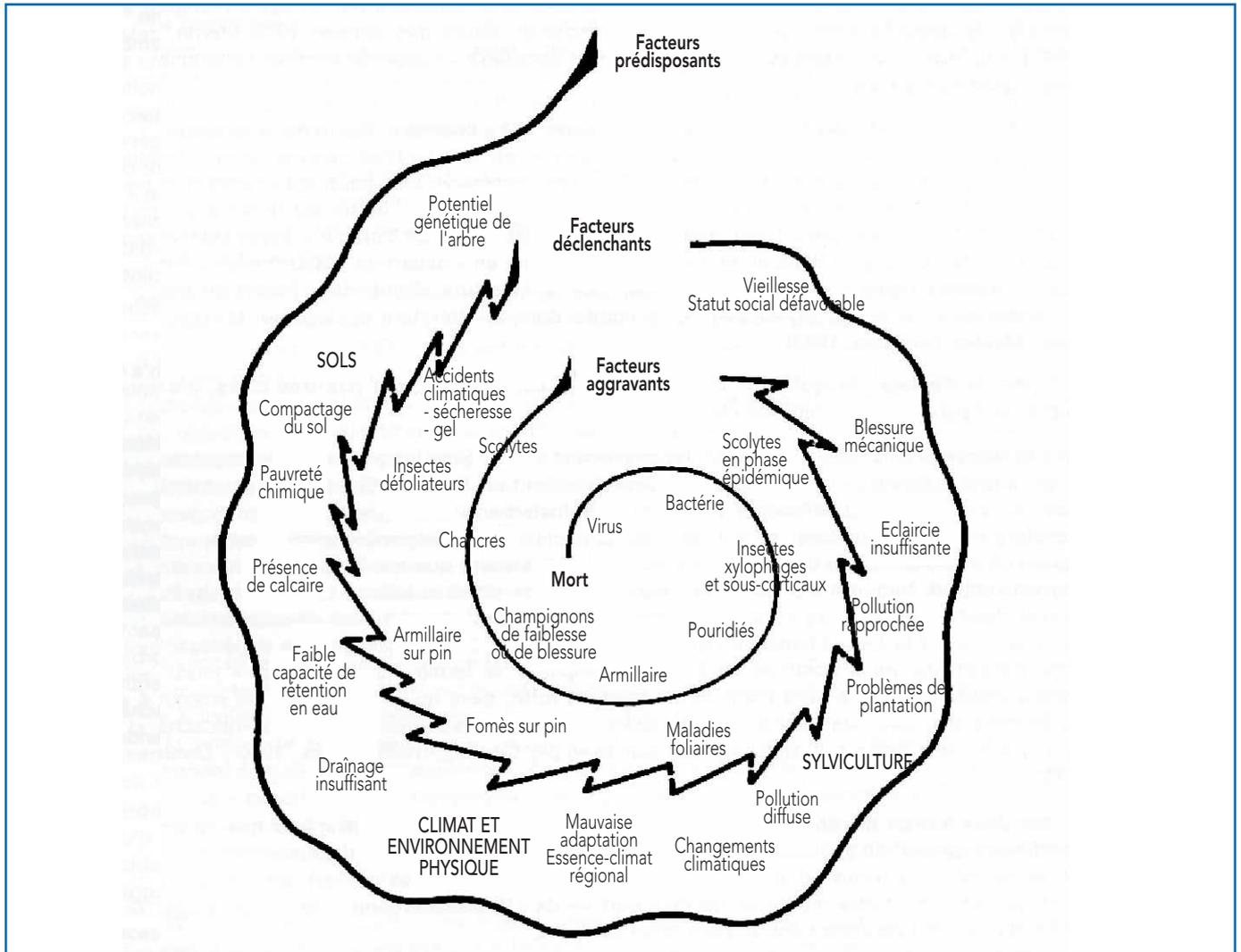


Fig. 2 : hiérarchisation des principaux facteurs impliqués dans les processus de dépérissement d'après Manion (1981) adaptée aux conditions françaises (Landmann, 1994)

Le gestionnaire forestier se doit de limiter les risques sanitaires en respectant les exigences autécologiques des essences et en adaptant la sylviculture (Legay, ce volume), mais aussi en prenant des précautions pour ne pas transporter les parasites dans des zones devenues favorables. La diffusion récente du chancre du châtaignier dans le Nord de la France à l'occasion de transports de plants ou de bois contaminés en est un exemple probant. La diffusion des *Phytophthora* à partir des pépinières risque à terme d'induire des problèmes non négligeables dans les chênaies de l'Ouest de la France. Des précautions simples en pépinière et à la récep-

tion des plants permettraient en partie d'éviter certains risques.

**Dominique Piou,**

DSF, INRA Pierroton (piou@pierroton.inra.fr)

**Louis-Michel Nageleisen,**

DSF, INRA Champenoux (nageleisen.dsf@wanadoo.fr)

**Marie-Laure Desprez-Loustau,**

INRA Bordeaux (loustau@bordeaux.inra.fr)

**Jean-Noël Candau**

INRA Avignon (jean-noel.candau@avignon.inra.fr)

## Bibliographie

ALLEN CD, BRESHEARS DD - 1998 - Drought-induced shift of a forest-woodland ecotone: rapid landscape response to climate variation. Proc. Natl. Aca. Sci. 95: 14839-14842

BRESHEARS DD, COBB NS, RICH PM, PRICE KP, ALLEN CD, BALICE RG, ROMME WH, KASTENS LOYD ML, BELNAP J, ANDERSON JJ, MYERS OB, MEYER CW - 2005 - Regional vegetation die-off in response to global-change-type drought - Proc. Natl. Acad. Sci. USA 102: 15144-15148

BOUHOT-DELDUC L - 2004 - La gradation de la chenille processionnaire du pin a culminé sur la façade atlantique lors de l'hiver 2003-2004 - La santé des forêts (France) en 2004 - [http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/processionnaire\\_pin\\_2003\\_2004.pdf](http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/processionnaire_pin_2003_2004.pdf)

BURSELL E, - 1964.- Environmental aspects: Temperature. p. 283-321. In M. Rockstein (ed.), The physiology of Insecta. v. 1. Academic Press, New York, 640p.

CAMY C.; VILLEBONNE D. de; DELATOUR C.; MARÇAIS B.- 2003 - Soil factors associated with infection by *Collybia fusipes* and decline of oaks. - Forest Pathology 33 (4): 253-266

DESPREZ-LOUSTAU ML, MARÇAIS B, NAGELEISEN LM, PIOU D, VANNINI A - 2005 - Interactive effects of drought and pathogens in forest trees (soumis)

DUGGAR BM - 1909 - Fungous Diseases of Plants - Ginn and Co., N.Y.

DU MERLE P -1999 - Egg development and diapause: ecophysiological and genetic basis of phenological polymorphism and adaptation to varied hosts in the green oak tortrix, *Tortrix viridana* L. (Lepidoptera : Tortricidae) - Journal of Insect Physiology 45 (6): 599-611

KORHONEN K, STENLID J -. 1998 - Biology of *Heterobasidion annosum*. In: *Heterobasidion annosum*. Biology, ecology, impact and control. Eds Woodward S, Stenlid J, Karjalainen R, Hüttermann A - CAB International, 43-70.

LANDMANN G - 1994 - Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers - Revue Forestière Française XLVI (5) : 405-415

LEGRAND P, MARÇAIS B, GUILLAUMIN JJ, LUNG-ESCHARMANT B - 2005 - Prédiposition des arbres et sensibilité à l'armillaire - In l'armillaire et le pourridié-agaric des végétaux ligneux - Eds Guillaumin - INRA Paris - 221-237

LEPOIVRE, P. - 2003 - Les mécanismes de résistance et la spécificité parasitaire. In Lepoivre, P. (dir.), *Phytopathologie*, Presses Agronomiques de Gembloux & De Boeck, Bruxelles. 161-191

LIEUTIER F, DAY KR, BATTISTI A, GREGOIRE JC, EVANS HF - 2004 - Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis - Kluwer Academic Publ, Netherlands - 569 p.

LUNG-ESCHARMANT B, GUILLAUMIN JJ, BOTTON B - 2005 - Relations entre les armillaires et leurs hôtes ligneux. In l'armillaire et le pourridié-agaric des végétaux ligneux - Ed. Guillaumin - INRA - 251-269

MATTSON WJ, HAACK RA - 1987 - The role of drought stress in provoking outbreaks of phytophagous insects. In *Insect outbreaks* - Eds Barbosa P, Schultz JC - 365-407

MANION P. D - 1981 - Tree disease concepts. xv + 399 pp

MEIER F, ENGESSER R, FORSTER B, ODERMATT O - 2005 - Protection des forêts: vue d'ensemble 2004 - Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf, 20 p.

MEINING S, SCHRÖTER H, WILPERT K - 2004 - Waldzustandsbericht 2004 der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 58 p.

NAGELEISEN LM - 1994 - Dépérissement actuel des chênes - Revue Forestière Française XLVI (5) : 504-511

NAGELEISEN LM - 2005 - Insectes sous-corticaux : des mortalités records dans l'est de la France en 2004 - La santé des forêts [France] en 2004) Min. Agri. et Pêche.(DGFAR), Paris, France, 6 p.

[http://www.agriculture.gouv.fr/spip/resources.themes.foretbois.protection-delaforet.santedesforets\\_r314.html](http://www.agriculture.gouv.fr/spip/resources.themes.foretbois.protection-delaforet.santedesforets_r314.html)

NAGELEISEN LM - 2005 - Les sécheresses, principal facteur déclenchant de dépérissement au cours du XX<sup>e</sup> siècle. Forêt Entreprise N°162, Avril 2005/2, p. 35-37.

PETERSON G. W. - 1981 - Pine and juniper diseases in the Great Plains. In General Technical Report, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service. 47p

ROUAULT G, CANDAU JN, LIEUTIER F, MARTIN JC, GRÉGOIRE JC, NAGELEISEN LM - 2005 - Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe (soumis)

SAINTONGE F. X. - 2005 - En 2003 et 2004, l'encre et le chancre du châtaignier restent d'actualité. La santé des forêts [France] en 2004.

[http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/maladies\\_chataignier\\_2004.pdf](http://www.agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/maladies_chataignier_2004.pdf)

SPEIGHT MR, WAINHOUSE D - 1989 - Ecology and management of forest insects - Clarendon Press; Oxford; UK - x + 374 pp.

TAINTER FH, BAKER FA - 1996 - Principles of forest pathology - xvi + 805 pp. John Wiley and Sons; New York; USA