

ÉVOLUTION DU PAYSAGE SYLVOSANITAIRE AU COURS DES TRENTE DERNIÈRES ANNÉES

LOUIS-MICHEL NAGELEISEN^a – DOMINIQUE PIOUS^b

La problématique du dépérissement des forêts en lien avec les pluies acides qui date du début des années 1980 a entraîné une multitude de réflexions et débats sur la santé et sur la surveillance sanitaire des forêts que le lecteur pourra en partie retrouver dans un numéro spécial de la *Revue forestière française* publié en 1985, intitulé *Regards sur la santé de nos forêts*. Parallèlement, les premiers réseaux d'observation de la santé des arbres se sont développés dans divers pays européens. Ces réseaux ont été coordonnés dès 1988 (Règlement UE 3528/86) à travers un dispositif piloté par une structure internationale (ICP Forest) (Landmann, 1991). Ainsi a vu le jour le réseau systématique européen de suivi des dommages forestiers, essentiellement focalisé sur des notations de symptômes (déficit foliaire et colorations anormales). Suite à une initiative franco-finlandaise et aux premières conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe (Barthod et Touzet, 1994), des dispositifs de suivi des écosystèmes plus complets ont été mis en place, dont la partie française est le réseau RENECOFOR piloté par l'Office national des forêts. Indépendamment de ces dispositifs, chaque pays possédait, le plus souvent dans des centres de recherches forestières, des unités spécialisées en entomologie ou pathologie forestière qui pouvaient, en interaction avec les gestionnaires forestiers, faire face aux crises conjoncturelles – épidémie de scolytes, pullulation de chenilles défoliatrices, apparition de nouveaux parasites comme la graphiose de l'orme ou la cochenille du pin maritime⁽¹⁾... C'est dans ce contexte qu'a été créé, à la fin des années 1980, le Département de la santé des forêts (DSF), dispositif unique en Europe reposant sur des personnels permanents (une vingtaine) et un réseau de plus de 200 correspondants-observateurs, forestiers de terrain, chargés de diagnostiquer et de relever en continu les atteintes à la forêt tant d'origine biotique qu'abiotique (Barthod, 1994).

En 1988, pour cerner les priorités du DSF, les chercheurs de l'Inra et du Cemagref (actuel Irstea) en entomologie et pathologie forestières ont listé les principales causes de dommages de la forêt française de l'époque en s'appuyant sur leurs travaux antérieurs (Schwester, 1985 ; Abgrall et Soutrenon, 1991 ; Delatour *et al.*, 1985). Vingt-cinq espèces d'insectes et quinze espèces d'agents pathogènes ont ainsi été placées dans les priorités de suivi du dispositif qui se mettait alors en place (tableau I, p. 580).

Au cours de ces trois dernières décennies, les préoccupations sur la santé des forêts ont notablement évolué et le débat sur les pluies acides a été remplacé par celui sur l'impact des changements globaux dont le réchauffement est une composante essentielle mais pas unique (Trumbore *et al.*, 2015).

a Département de la santé des forêts, Université de Lorraine, AgroParisTech, Inra, UMR Silva, F-54000 Nancy, France

b Département de la santé des forêts, INRA, UMR BIOGECO, F-33612 Cestas, France

(1) Pour ne pas alourdir le texte, les bioagresseurs cités sont désignés par leur nom vernaculaire communément admis. Une table de correspondance entre noms vernaculaires et noms scientifiques figure en annexe (tableau p. 592).

TABLEAU I

Bioagresseurs prioritaires en 1988

(liste établie par les chercheurs de l'INRA et du Cemagref)

Surlignage en jaune pour les espèces exotiques, la couleur de la police de caractère indique l'organe principalement affecté.

Essences	Insectes	Agents pathogènes	
Toutes essences		Armillaires	
Chênes	Bombyx disparate Processionnaire du chêne Tordeuse verte Cheimatobie	Maladie de l'encre	■ Sur feuilles
Châtaignier		Chancre à Cryphonectria Maladie de l'encre	■ Sur tronc
Hêtre	Cochenille du hêtre Puceron laineux	Chancre du hêtre	■ Dans bois
Merisier		Cylindrosporiose	■ Sur écorce
Peuplier	Charançon de la patience Grande saperde Grande sésie Petite saperde Petite sésie	Rouilles foliaires à Melampsora Marssonina Chancre bactérien Dothichiza	■ Sur racines
Tous résineux	Hylobe	Fomes	
Douglas		Rouille suisse Chancre du douglas	
Épicéas	Typographe Chalcographe Dendroctone		
Mélèze	Tordeuse grise	Chancre à Lachnellula	
Pins	Processionnaire du pin Lophyres du pin Hylésine du pin Sténographe Acuminé Pissode du pin Cochenille du pin maritime	Rouille courbeuse	
Sapins	Chermès des rameaux Pissode du sapin		

Une autre menace qui pèse sur les forêts à travers le monde est liée notamment à la mondialisation des échanges commerciaux qui a accéléré l'introduction de parasites exotiques (Roques *et al.*, 2009 ; Liebhold *et al.*, 2012).

Après un peu plus d'un quart de siècle d'observations, un nouvel état des lieux de la santé des forêts peut être établi à partir des bases de données du DSF, en mettant en exergue les invasifs et les espèces émergentes au cours de cette période.

STRATÉGIE DE RECUEIL DE L'INFORMATION AU DSF (MATÉRIEL ET MÉTHODES)

La stratégie de recueil de l'information du DSF repose sur trois types d'observations :

- des observations sur des sites de dommages déclarés par les forestiers, recueillies par les correspondants-observateurs du DSF. Elles constituent une **base de cas spontanés** (plus de 129 000 occurrences depuis 1989, soit plus de 4 500 par an) ;

- des **observations dirigées** (selon un protocole imposé) correspondant à des **stratégies spécifiques** (enquêtes, placettes...). Ces dernières totalisent plus de 60 000 occurrences depuis 1989 ;

- des **observations d'arbres-échantillons réalisées sur des placettes permanentes**, à des périodes prédéterminées, suivant des protocoles standardisés. Ces observations (plus de 500 000 depuis 1989, correspondant à l'observation d'un peu plus de 15 000 arbres au minimum une fois dans l'année) sont mises en œuvre à travers le Réseau systématique de suivi des dommages forestiers, le Réseau national de suivi à long terme des ECOSystèmes FORestiers (RENECOFOR) et quelques observatoires régionaux. Ces placettes sont visitées chaque année, de façon systématique, à des périodes préalablement fixées (un mois après débourrement pour un sous-échantillon de placettes et au cours de l'été, en juillet-août pour l'ensemble des placettes). Les causes de dommages sont relevées quand cela est possible (présence effective de la cause ou de symptômes caractéristiques en cas d'absence). Environ 150 000 occurrences de causes de dommages identifiées ont été relevées depuis 1989. Dans ces dispositifs, une partie des placettes et des arbres-échantillons sont indemnes de causes de dommages. Ces dispositifs permettent ainsi d'établir une évaluation statistique de la prévalence des bioagresseurs observés (fréquence d'occurrence d'un bioagresseur dans une population globale d'arbres comportant des sujets attaqués et des sujets non attaqués) alors que le recueil de cas spontanés ne permet pas faute d'observation sur des zones témoins indemnes.

Toutes ces observations sont enregistrées dans un système de collecte de l'information (bases de données DSF) qui incrémente les signalements au cours du temps. L'analyse de ces bases peut se faire sous différents angles : elle peut être de nature spatiale, temporelle, mono- ou pluri-factorielle... Dans le cadre du présent article, nous limiterons l'analyse à l'évolution temporelle des bioagresseurs, en nous basant sur la fréquence d'occurrence annuelle des signalements par espèce fournie par les deux dispositifs suivants : celui relatif aux cas spontanés et celui du réseau systématique de suivi des dommages forestiers. Les signalements pour lesquels l'espèce (ou le genre pour des espèces d'un même genre difficiles à séparer) n'a pas été diagnostiquée précisément n'ont pas été retenus.

Une des conditions de validité du signal observé dans l'évolution de la fréquence d'occurrence d'un bioagresseur donné est que la « pression » d'observation (méthode de signalement, nombre d'observateurs ou de placettes...) soit restée constante au cours du temps, ce qui n'a pas été le cas au cours des trois décennies considérées : en effet, plusieurs changements relatifs au recueil des données d'observation ont induit des restrictions dans leur prise en compte et nécessité leur découpage en périodes homogènes.

Dans le cas du réseau systématique, le nombre de placettes a fluctué dans le temps avec l'augmentation de la surface forestière mais également à la suite d'aléas climatiques qui ont impacté durablement certaines placettes ou de la gestion qui, au moment des phases de régénération, éliminent la totalité des arbres-échantillons. Ainsi, après les tempêtes de 1999, environ 10 % des placettes ont été momentanément suspendues (pendant 5 à 10 ans). Ces éléments ont induit des variations parfois importantes du nombre d'arbres-échantillons par essence. De plus, deux modifications de protocole sont intervenues depuis la création du réseau en 1989, époque où n'étaient notés que des indicateurs de l'état des cimes (déficit foliaire, colorations anormales du feuillage...). En 1994, suite à une implication plus forte du DSF et de ses correspondants-observateurs dans la gestion du réseau, les causes de dommages impliquées dans l'état des cimes ont été formalisées par un signalement spécifique mais sans quantification. En 2005, consécutivement à une décision prise à l'échelle européenne, le signalement de toutes causes de dommages impliquées dans la vitalité des arbres échantillons a été formalisé de façon détaillée (organe affecté, symptôme, agent causal et localisation sur l'arbre) et comprend désormais une note d'intensité. Afin d'éliminer les cas anecdotiques (traces de phyllophages par exemple), nous ne retiendrons à partir de cette date que les signalements de bioagresseurs qui affectent significativement les organes des arbres (par exemple consommation de plus de 10 % de la surface foliaire pour une attaque de chenille défoliatrice). Les résultats issus de ce dispositif seront donc présentés pour les deux périodes 1995-2004 et 2005-2016, homogènes pour le recueil des observations de causes de dommages. Ne sera pris en compte dans cet article que la fréquence de signalements de différents bioagresseurs, c'est-à-dire le nombre de signalements d'un bioagresseur sur une essence ou un groupe d'essences rapporté au nombre total d'arbres de l'essence ou des essences correspondantes, observés sur le réseau au cours de la même période (année ou groupe d'années).

Pour la base de cas spontanés : le constat réalisé en 2006 qu'une quarantaine d'espèces de bioagresseurs représentaient plus de 75 % des occurrences et sans doute plus de 90 % des dommages a conduit le DSF à recentrer son recueil de l'information sur ces bioagresseurs principaux en définissant des stratégies spécifiques (réseaux de placettes dédiées, cartographies par quadrat, massifs échantillons, enquêtes spécifiques...). De ce fait, ces bioagresseurs n'apparaissent plus par la suite dans la base de cas spontanés ou sont sous-représentés ; ils ont donc été retirés de la base de cas spontanés pour ne pas fausser les fréquences des autres bioagresseurs. Pour l'analyse, nous considérerons deux périodes 1989-2006 et 2007-2016 correspondant chacune à une stratégie de recueil de l'information.

Enfin, la pression d'observation n'est pas constante d'une année sur l'autre du fait du contexte humain (fluctuation du nombre d'observateurs) ou forestier (moindre disponibilité des observateurs à certaines périodes en raison d'autres tâches de gestion jugées prioritaires sur les observations sylvo-sanitaires en particulier à l'occasion de grands événements comme les tempêtes de 1999 ou 2009). De ce fait, pour un bioagresseur donné, le nombre de signalements peut varier considérablement d'une année ou groupe d'années à l'autre alors que les effectifs du bioagresseur ne fluctuent pas obligatoirement ou pas dans les mêmes proportions. Aussi, pour niveler les variations interannuelles d'effectif total de signalements, la fréquence pour une période donnée (d'une année ou plus) est calculée pour chaque bioagresseur en divisant le nombre de signalements de l'espèce au cours de la période considérée par le nombre total de signalements (toutes espèces confondues) au cours de la même période.

Enfin, l'ensemble des résultats sera présenté uniquement à l'échelle nationale. En effet, à l'échelle infranationale, régionale en particulier, des variations spatiales importantes au niveau du recueil initial des signalements ont été mises en évidence. Ces dernières résultent de multiples facteurs et en particulier du facteur humain qui peut se traduire par une incitation différentielle des pôles régionaux du DSF, par un degré variable de la motivation des observateurs...

Des standardisations préalables sont donc nécessaires pour des analyses spatiales pertinentes (Fabre *et al.*, 2011, 2012). Aussi, bien que des évolutions spatiales importantes (extension d'aire) aient été observées au cours de ces trente dernières années pour certains bioagresseurs autochtones comme la processionnaire du pin ou exotiques comme la chalarose du frêne, nous nous attacherons dans le présent article uniquement à la dimension temporelle des signalements de bioagresseurs à l'échelle de la France.

QUELQUES RÉSULTATS

Au préalable, précisons qu'en raison de l'importance des effectifs (plusieurs centaines à plusieurs milliers d'observations annuelles selon les catégories considérées), les comparaisons de fréquences deux à deux ou entre séries révèlent systématiquement des différences significatives (p -value $< 0,01$ des tests Chi²). C'est pourquoi, aucune représentation du degré de représentativité statistique n'est donnée dans les graphiques illustrant le propos.

L'analyse de ces dispositifs, en prenant en compte les divers changements méthodologiques qui sont intervenus depuis leur mise en place, permet de dresser l'évolution du paysage sylvo-sanitaire sur une trentaine d'années.

Les deux dispositifs permettent d'aboutir aux mêmes conclusions lorsque l'on s'intéresse aux grandes catégories de causes de dommages (insectes, agents pathogènes, aléas climatiques, autres), ce qui est assez remarquable compte tenu de leurs approches par nature très différentes. **Les insectes causent une majorité de dommages** mais leur part diminue au cours du temps alors que **celle des agents pathogènes progresse nettement** (figure 1, p. 584). Ce même constat est réalisé à une échelle beaucoup plus large grâce aux données fournies par le réseau systématique de suivi des dommages forestiers dans son ensemble européen : en étudiant les observations réalisées sur 3 391 placettes réparties dans 21 pays pour la période 1994-2005, il ressort que les dommages biotiques représentent en moyenne 60 % des dommages signalés et que la part des insectes est globalement deux fois plus importante que celles des agents pathogènes (Jactel et Vodde, 2011).

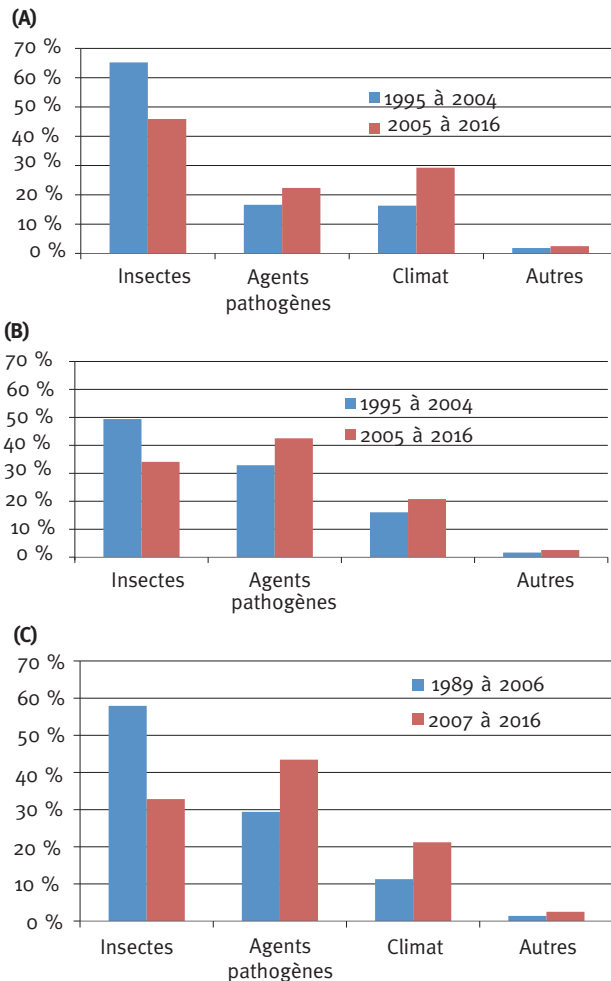
Il faut nuancer cependant cette première appréciation du fait de la difficulté à diagnostiquer précisément les agents pathogènes, souvent signalés sous forme de symptômes à la cause inconnue et donc non pris en compte. De plus, la longue période de latence qui sépare la phase de contamination de l'expression des symptômes chez de nombreux agents pathogènes (pourridiés, agents d'altération du bois par exemple) ainsi que le caractère pérenne de certains d'entre eux (pourridiés et agents de chancre par exemple) conduisent à une sous-estimation certaine de la fréquence des signalements d'agents pathogènes. En ce qui concerne les aléas climatiques marquant comme les tempêtes (1990, 1999, 2009...) ou les canicules (2003), des dispositifs parallèles de recueil d'informations ont été mis en place. Si cette manière de procéder a probablement induit une sous-estimation des dommages abiotiques dans les bases de cas du DSF, elle n'a cependant pas affecté l'évolution du rapport dommages entomologiques/dommages pathologiques observée dans cette analyse comme le révèle la similitude des évolutions constatées sur les deux dispositifs (réseau systématique et base de cas) quand on prend en compte les mêmes périodes d'observation (1995-2005, 2006-2016 ; figure 1A et figure 1B, p. 584).

De 1989 à 2016, **434 taxons (genres ou espèces) d'insectes**, dont une dizaine d'origine exotique (non européens), ont été identifiés comme responsables de dommages. Six espèces bien connues pour leurs impacts sur les forêts font l'objet de stratégies spécifiques depuis 2007. Il s'agit essentiellement d'insectes phyllophages plus ou moins cycliques (processionnaire du pin, tordeuse verte du chêne, cheimatobie, tordeuse grise du mélèze), d'un cambioophage majeur (typographe

FIGURE 1

**ÉVOLUTION DES SIGNALEMENTS DE DOMMAGES PAR TYPE DE CAUSES
SUR LE RÉSEAU SYSTÉMATIQUE (A) ET DANS LA BASE DE CAS SPONTANÉS DSF
(B POUR LES MÊMES PÉRIODES QUE A, C POUR LES PÉRIODES CORRESPONDANT
AUX DEUX PÉRIODES HOMOGÈNES DE STRATÉGIE DE RECUEIL DE L'INFORMATION)**

% = nombre de signalements de la catégorie / nombre total de signalements de la période



de l'Épicéa) et d'un corticiphage grand destructeur de jeunes plants résineux (hylobe). Parmi les 428 espèces restantes, 11 cumulent 50 % des signalements. Il s'agit d'insectes cambio-graphes (chalcographe, sténographe, hylésine du pin, dendroctone, pissode du pin, pissode du sapin et curvidenté), phyllophages (bombyx disparate, processionnaire du chêne), piqueur-suceurs (chermès du tronc du sapin) et xylémophages (bupreste des branches du chêne). Parmi les taxons exotiques, certains ont été détectés depuis longtemps (le dendroctone à la fin du XIX^e siècle, le chermès du douglas en 1941 ou le scolyte noir du Japon en 1974) mais plusieurs espèces l'ont été très récemment (le cynips du châtaignier en 2004, la pyrale du buis en 2005, la cochenille des aiguilles du cèdre en 2012, la cécidomyie des aiguilles du Douglas en 2015). L'extension des dommages associés est plus ou moins rapide sur le territoire selon les espèces mais en dehors du dendroctone — très dommageable aux pessières sur le front de progression — et de la pyrale du buis — qui

provoque depuis peu des mortalités brutales et très importantes dans les buxaiés naturelles —, les autres espèces introduites ont actuellement un impact minime en milieu forestier. Au final, il apparaît que ce sont les insectes autochtones, dont le caractère agressif est connu depuis longtemps, qui sont les principaux responsables des dommages entomologiques subis depuis trente ans par les forêts françaises.

Sur la même période (de 1989 à 2016), **335 taxons (genres ou espèces) d'agents pathogènes** dont 26 d'origine exotique ont été de même identifiés. Seule la chalarose du frêne a fait l'objet d'une stratégie spécifique depuis sa détection. Sur les 334 autres taxons, 10 espèces (ou complexes d'espèces) cumulent plus de 50 % des signalements dont 7 sont d'origine exotique. Il s'agit des pourridiés racinaires (armillaire, fomes, maladie de l'encre), d'agents de chancre (chancre du châtaignier) et de maladies foliaires (maladie des bandes rouges, sphaeropsis des pins, oïdium des chênes, rouilles du peuplier, rouille suisse du douglas et cylindrosporiose du merisier). Seules les armillaires, le fomes et les rouilles du peuplier sont autochtones dans cette liste, ce qui révèle toute l'importance des introductions récentes d'agents pathogènes au cours des dernières décennies. Certaines espèces introduites comme la graphiose de l'orme, la chalarose du frêne ou la maladie des bandes rouges ont un impact majeur sur les écosystèmes forestiers et remettent en cause la présence d'une essence (Orme, Frêne) ou sa gestion (Pin laricio dans le Sud-Ouest et le Nord-Ouest). Notons enfin que les rouilles du peuplier, certes d'origine européenne, ont provoqué des dommages majeurs essentiellement sur les hybrides interaméricains de peupliers. Au final, il apparaît que la majorité des dommages pathologiques observés depuis trente ans dans les forêts françaises résulte essentiellement de la confrontation d'agents pathogènes et d'hôtes n'ayant pas coévolué ensemble, c'est-à-dire au sein des mêmes écosystèmes forestiers, et que parmi tous les pathogènes autochtones, seuls les pourridiés semblent à même de provoquer des dommages et des pertes significatives sur les essences natives.

Ainsi, en comparant la liste des quarante espèces prioritaires de 1988 (tableau I, p. 580) et les résultats du classement des quarante espèces les plus signalées au cours de la période récente (2007-2016) dans la base de cas spontanés (tableau II, ci-dessous), il apparaît que, pour ces dernières, 16 insectes et 6 agents pathogènes font partie de la liste initiale mais que 9 insectes et 9 agents pathogènes n'en font pas partie et 13 d'entre eux sont d'origine exotique.

TABLEAU II

Les 40 bioagresseurs les plus importants en 2017

(liste établie d'après les observations du DSF sur la période récente (2007-2017) ; surlignage en jaune pour les espèces exotiques, la couleur de la police de caractère indique l'organe principalement affecté)

Essences	Insectes	Pathogènes	
Toutes essences		Armillaires	
Chênes	Bombyx disparate	Maladie de l'encre	■ Sur feuilles
	Processionnaire du chêne	Oïdium du chêne	■ Sur tronc
	Tordeuse verte		■ Dans bois
	Cheimatobie		■ Sur écorce
	Cul brun		■ Sur racines
Châtaignier	Bupreste des branches		
	Cynips du châtaignier	Chancre à Cryphonectria	
		Maladie de l'encre	
Hêtre	Orcheste du hêtre		

TABLEAU II (SUITE) Les 40 bioagresseurs les plus importants en 2017

Essences	Insectes	Pathogènes	
Frêne		Chalarose	■ Sur feuilles
Peuplier	Puceron lanigère	Rouilles foliaires à Melampsora	■ Sur tronc
Orme		Graphiose	■ Dans bois
Buis	Pyrale du buis		■ Sur écorce
Tous résineux	Hylobe	Fomes Sclerophoma pithyophila Pestalotiopsis spp Phomopsis spp	■ Sur racines
Douglas	Chermès des aiguilles	Rouille suisse	
Épicéas	Typographe Chalcographe Dendroctone		
Mélèze	Tordeuse grise		
Pins	Processionnaire du pin Pyrale du tronc Hylésine du pin Sténographe Pissode du pin	Maladie des bandes rouges Sphaeropsis des pins Gui	
Sapins	Chermès des rameaux Chermès du tronc Curvidenté, Spinidenté Pissode du sapin	Gui	

FIGURE 2 ÉVOLUTION DE LA FRÉQUENCE ANNUELLE DE SIGNALEMENTS DES CHENILLES DE GÉOMÉTRIDES SUR LE RÉSEAU SYSTÉMATIQUE SUR LES CHÊNES AU PRINTEMPS (A) ET DU FOMES DANS LA BASE DE CAS SPONTANÉS (B)

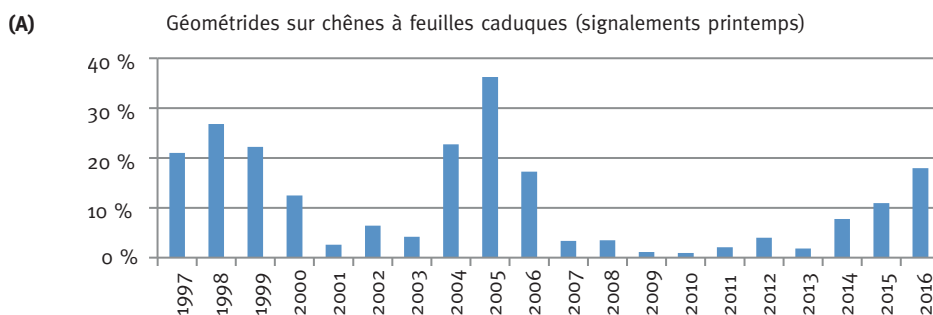
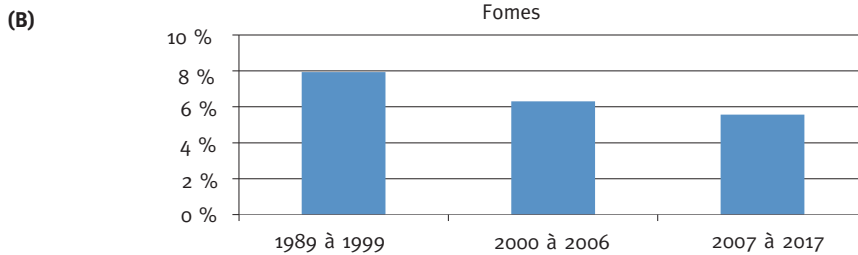


FIGURE 2 (SUITE)

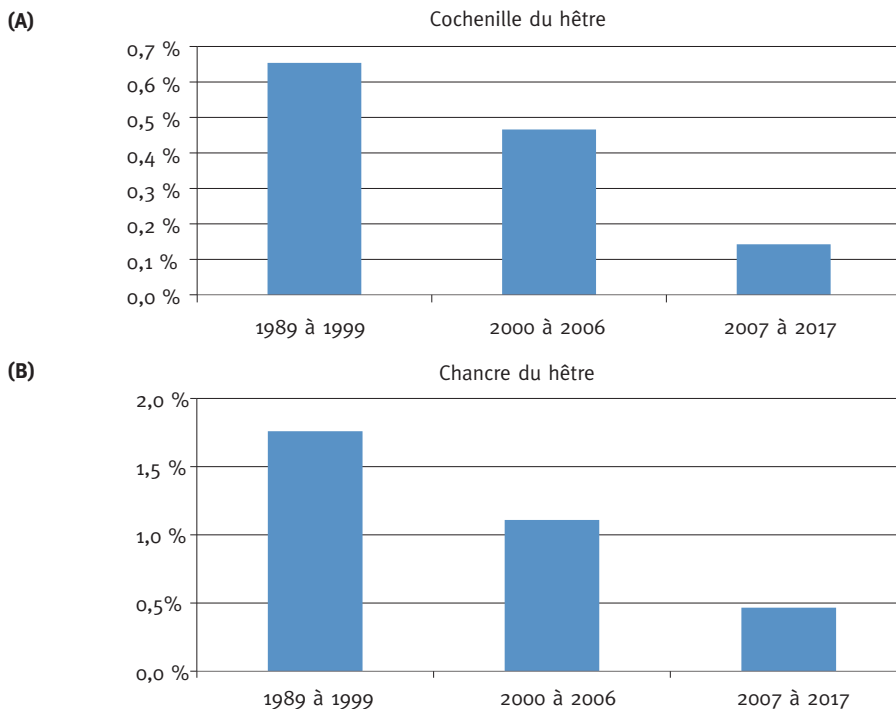


Il ressort d'une analyse détaillée de l'évolution au cours du temps de la fréquence d'occurrence par espèce que :

- les grandes causes classiques de dommages initialement identifiées (scolytes des résineux, défoliateurs du chêne, hylobe, armillaire, fomes...) fluctuent au cours du temps mais restent bien présentes et ont une influence importante sur la santé des peuplements (figure 2, p. 586) ;
- certaines espèces jugées importantes avant la création du DSF régressent tout en restant endémiques (cochenille du hêtre, saperdes et sésies du peuplier, chancre bactérien du peuplier, chancre du hêtre...). Ce cas de figure concerne environ un quart des quarante espèces citées initialement (figure 3, ci-dessous) ;

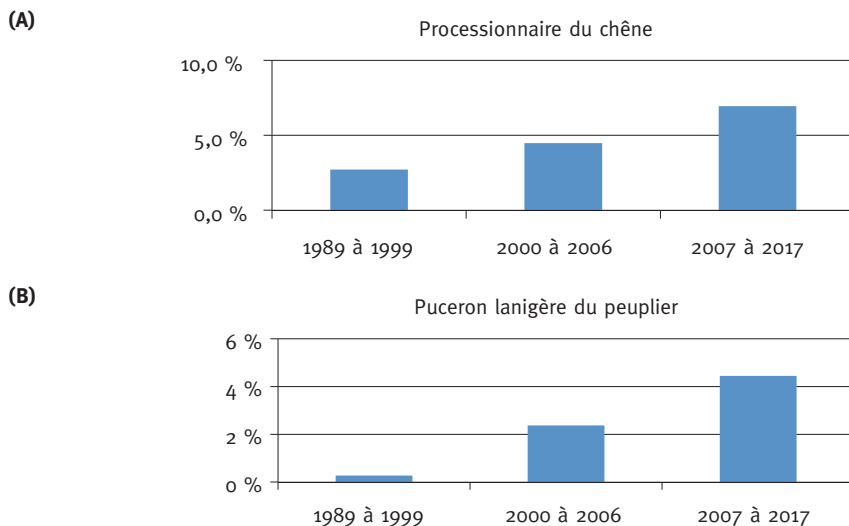
FIGURE 3

ÉVOLUTION DE LA FRÉQUENCE DE SIGNALEMENTS
DE LA COCHENILLE DU HÊTRE (A)
ET DU CHANCRE DU HÊTRE (B) DANS LA BASE DE CAS SPONTANÉS DSF



— plusieurs espèces autochtones ou introduites depuis très longtemps progressent fortement (bupreste des branches du chêne, processionnaire du chêne, puceron lanigère du peuplier, chancre du châtaignier, rouilles des peupliers...) (figure 4, ci-dessous) ;

FIGURE 4 ÉVOLUTION DE LA FRÉQUENCE DE SIGNALEMENTS DE LA PROCESSIONNAIRE DU CHÊNE (A) ET DU PUCERON LANIGÈRE DU PEUPLIER (B) DANS LA BASE DE CAS SPONTANÉS DSF



— plusieurs espèces introduites plus ou moins récemment prennent une importance prépondérante dans la surveillance et l'état des forêts. Il s'agit principalement d'agents pathogènes : sphaeropsis des pins, maladie des bandes rouges, plusieurs espèces du genre *Phytophthora*, chararose du frêne... (figure 5, ci-dessous). Notons que le caractère introduit du sphaeropsis des pins reste discuté.

FIGURE 5 ÉVOLUTION DE LA FRÉQUENCE ANNUELLE DE SIGNALEMENTS DE LA CHALAROSE DU FRÊNE SUR LE RÉSEAU SYSTÉMATIQUE (A) ET DE LA MALADIE DES BANDES ROUGES DANS LA BASE DE CAS SPONTANÉS (B)

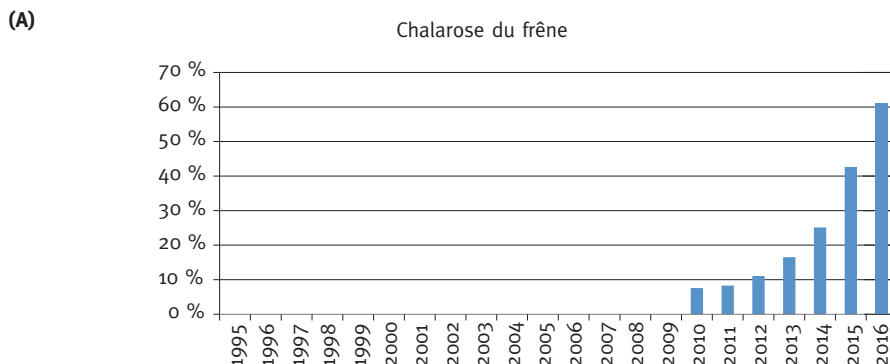
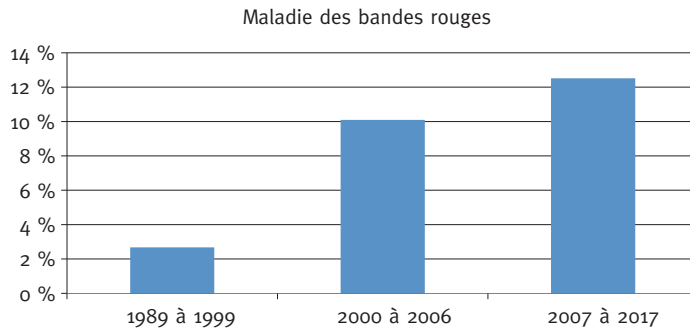


FIGURE 5 (SUITE)

(B)



CONCLUSIONS

Les forêts françaises hébergent quelques dizaines de milliers d'espèces d'insectes (Dajoz, 2007 ; Nageleisen *et al.*, 2010) et de champignons (Buée *et al.*, 2009), sans doute beaucoup plus encore de bactéries (Uroz *et al.*, 2016). Les observations du DSF depuis sa création et les programmes de recherches menés par l'INRA depuis le début des années 1960 permettent de conclure que parmi ces espèces, quelques centaines seulement sont considérées comme des parasites pour les arbres forestiers (environ 900 bioagresseurs sont enregistrés en base DSF) (Abgrall et Soutrenon, 1991 ; Lanier, 1978 ; Nageleisen *et al.*, 2010...) et uniquement **quelques dizaines d'entre elles causent des dommages importants** : mortalité d'arbres (insectes cambioxyphages, pourridiés racinaires...), mortalité de jeunes tiges (hylobe...), perte de croissance (insectes phyllophages, agents pathogènes foliaires), dégradations technologiques (fomes, agents de chancre, champignons lignivores, insectes xylémophages...).

Il demeure difficile d'appréhender l'impact de ces espèces au cours des trente dernières années car les évaluations quantitatives sont délicates à mener. On peut citer à cet égard les exemples du typographe et du sténographe qui, suite à diverses tempêtes, ont été à l'origine de la mortalité de quelques dizaines de millions de mètres cubes de bois (Nageleisen, 2009). Une enquête est en cours pour réévaluer l'impact du fomes qui s'élevait à 0,5 million de mètres cubes par an dans les années 1970 (Woodward *et al.*, 1998). La graphiose de l'orme a également induit la perte de plusieurs dizaines de millions de mètres cubes depuis trente ans (Pinon, 1994 ; Piou *et al.*, ce volume), sans pour autant induire la disparition complète des ormes. Ces chiffres sont cependant à mettre en perspective avec les volumes concernés par les dommages directs dus aux tempêtes qui se chiffrent à plus de 200 millions de mètres cubes depuis le début des années 1980 (Doll, 2000) et qui place le vent comme la principale cause de dommages aux forêts jusqu'à présent.

L'analyse des deux dispositifs de suivi de la santé des forêts (la base de cas spontanés et le réseau systématique de suivi des dommages forestiers), dont les résultats sont étonnamment cohérents, permet de conclure que **le paysage entomologique** des forêts françaises **a peu évolué au cours des trente dernières années** ; les principaux ravageurs actuels sont ceux qui étaient déjà considérés comme prioritaires à la création du DSF en 1989 et presque ceux signalés par Barbey en 1925 dans son *Traité d'entomologie forestière*. *A contrario*, le **paysage sylvosantitaire**

pathologique a fortement évolué, essentiellement du fait de l'introduction ancienne ou récente d'agents pathogènes. Certaines maladies peuvent réduire très fortement la présence d'une essence donnée en forêt comme dans le cas de la graphiose de l'orme (il y a quelques décennies) ou plus récemment de la chararose du frêne. Dans certains cas, ces émergences perturbent fortement les orientations de gestion (reboisements en Pin laricio, gestion des forêts ripisylves et des peuplements de Châtaignier...). Mais le rôle du sylviculteur n'est pas négligeable dans l'émergence de certaines maladies. Ainsi, les choix réalisés ces dernières décennies en termes de sélection variétale de Peuplier ont-ils largement contribué à l'explosion de la rouille du peuplier (Xhaard *et al.*, 2011). À l'inverse, l'abandon de certains cultivars comme l214 a permis la régression de *Marssonina* voire du puceron lanigère. Si le recours à des variétés offrant une bonne résistance permet d'atténuer l'impact de certains agents pathogènes sur les plantes ligneuses — citons les clones de Peuplier résistants au chancre bactérien, le 'Platanor', une variété de platane résistante au chancre coloré ou encore les variétés d'orme 'Lutèce' et 'Vada' résistantes à la graphiose —, il convient de noter que ce ne sont pas là de véritables exemples forestiers et que la réduction de la variabilité génétique d'essences forestières par des plantations clonales n'est sûrement pas une solution à préconiser face aux autres dangers qui menacent la forêt française.

Les émergences de problèmes sanitaires liés aux introductions d'agents pathogènes ne sont pas l'apanage des forêts françaises. Partout dans le monde, on observe leur augmentation exponentielle, liée en grande partie à la multiplication et à la rapidité des échanges commerciaux dans le cadre de la mondialisation de l'économie (Liebhold *et al.*, 2012 ; Santini *et al.*, 2013). Cette tendance ne peut que s'accroître à l'avenir. Certains agents pathogènes introduits dans certaines parties du monde mais pas encore en France sont reconnus comme des menaces importantes pour les forêts françaises (comme le flétrissement américain du chêne, le nématode du pin, diverses espèces du genre *Phytophthora*...). Ces espèces font l'objet de mesures réglementaires de quarantaine mais il n'est pas possible de prédire quels bioagresseurs risquent d'être les plus importants et les plus dommageables à l'avenir (Wingfield *et al.*, 2015). Le cas de la chararose du frêne en est un exemple récent. En outre, le changement climatique peut favoriser l'expression de certains agents pathogènes, introduits depuis longtemps mais demeurés jusqu'à maintenant relativement latents car mal adaptés aux températures du XX^e siècle. Le cas de la maladie de l'encre du châtaignier et des chênes en est un exemple. Des introductions actuelles que l'on sait nombreuses peuvent dès lors passer aujourd'hui inaperçues mais se révéler demain responsables de dommages significatifs, en fonction de l'évolution du climat. Faute d'une stratégie réellement coordonnée au niveau mondial et en dépit d'une prise de conscience croissante du problème et d'une mobilisation accrue des pouvoirs publics en matière de réglementation et de quarantaine notamment, il est à craindre une accélération de ces phénomènes d'émergence dans les années à venir, du moins comparé à ces trente dernières années (Wingfield *et al.*, 2015).

Louis-Michel NAGELEISEN

Département de la santé des forêts
UMR Silva (Université de Lorraine, AgroParisTech, Inra)
INRA Centre Grand Est - Nancy
F-54280 CHAMPENOUX
(louis.michel.nageleisen@gmail.com)

Dominique PIOUS

(en retraite)
Département de la santé des forêts
INRA UMR BIOGECO
69, route d'Arcachon
F-33612 CESTAS CEDEX
(dominique.piou@inra.fr)

BIBLIOGRAPHIE

- ABGRALL J.-F., SOUTRENON A., 1991. *La Forêt et ses ennemis*. 3^e édition. Édition Cemagref. DICOVA. 395 p.
- BARBEY A., 1925. *Traité d'entomologie forestière*. 2^e édition. Paris : Berger-Levrault. 749 p.
- BARTHOD C., 1994. Le Système de surveillance de l'état sanitaire de la forêt en France. *Revue forestière française*, vol. XLVI (5), pp. 564-571.
- BARTHOD C., TOUZET G., 1994. De Strasbourg à Helsinki, les deux premières conférences ministérielles pour la protection des forêts en Europe. *Revue forestière française*, vol. XLVI (4), pp. 319-334.
- BUÉE M., REICH M., MURAT C., MORIN E., NILSSON R.H., UROZ S., MARTIN F., 2009. 454 Pyrosequencing analyses of forest soils reveal an unexpectedly high fungal diversity. *New Phytol.*, 184, pp. 449-456.
- DAJOZ R., 2007. *Les insectes et la forêt : rôle et diversité des insectes dans le milieu forestier*. Ed. Tec et Doc Lavoisier. 648 p.
- DELATOUR C., PINON J., MORELET M., 1985. Histoire et avenir de la pathologie forestière en France. *Revue forestière française*, vol. XLVI, numéro spécial "Regards sur la santé de nos forêts", pp. 65-82.
- DOLL D., 2000. Statistiques historiques des grands chablis éoliens en Europe Occidentale depuis le milieu du XIX^e siècle : analyse critique. pp. 38-41. In : Drouineau S., Laroussinie O., Birot Y., Terrasson D., Formery T., Roman-Amat B. *Expertise collective sur les tempêtes, la sensibilité des forêts et sur leur reconstitution*. Dossier de l'environnement de l'INRA n° 20. Paris : INRA-ME&S. 336 p.
- FABRE B., PIOUS D., DESPREZ-LOUSTAU M.L., MARÇAIS B., 2011. Can the emergence of pine Diplodia shoot blight in France be explained by changes in pathogen pressure linked to climate change? *Global Change Biology*, 17(10), pp. 3218-3227.
- FABRE B., IOOS R., PIOUS D., MARÇAIS B., 2012. Is the emergence of Dothistroma needle blight of pine in France caused by the cryptic species *Dothistroma pini*? *Phytopathology*, 102(1), pp. 47-54.
- JACTEL H., VODDE F., 2011. *Prevalence of biotic and abiotic hazards in European forests*. EFI Technical Report 66. Joensuu, Finland : European Forest Institute. 30 p.
- LANDMANN G., 1991. Surveillance au sol de l'état sanitaire des forêts. pp. 3-23. In : G. Landmann, ed. *Les recherches en France sur le dépérissement des forêts*. Programme DEFORPA. 2^e rapport. Nancy, France : ENGREF.
- LANIER L., JOLY P., BONDOUX P., BELLEMERE A., 1978. *Mycologie et pathologie forestières. Tome 2 : Pathologie forestière*. Paris : Masson. 478 p.
- LIEBHOLD A.M., BROCKERHOFF E.G., GARRETT L.J., PARKE J.L., BRITTON K.O., 2012. Live plant imports: the major pathway for forest insect and pathogen invasions of the US. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(3), pp. 135-143.
- NAGELEISEN L.-M., 2009. L'Estimation des dégâts liés aux scolytes après les tempêtes de 1999. Chapitre 5, pp. 69-75. In : Birot Y., Landmann G., Bonhême I. *La forêt face aux tempêtes*. Versailles : Ed. Quæ.
- NAGELEISEN L.-M., PIOUS D., SAINTONGE F.-X., RIOU-NIVERT P., 2010. *La Santé des forêts*. Paris : Institut pour le développement forestier. 608 p.
- PINON J., FEUGEY L., 1994. La Graphiose de l'orme : une maladie à causes bien identifiées. *Revue forestière française*, XLVI(5), pp. 422-430.
- ROQUES A., RABITSCH W., RASPLUS J.-Y., LOPEZ-VAMONDE C., NENTWIG W., KENIS M., 2009. Alien terrestrial invertebrates of Europe. pp. 63-79. In: *Handbook of Alien Species in Europe* (ed. DAISIE). Berlin : Springer.
- SANTINI A., GHELARDINI L., DE PACE C., DESPREZ-LOUSTAU M.L., CAPRETTI P., CHANDELIER A., CECH T., CHIRA D., DIAMANDIS S., GAITNIEKIS T., HANTULA J., HOLDENRIEDER O., JANKOVSKY L., JUNG T., JURC D., KIRISITS T., KUNCA A., LYGIS V., MALECKA M., MARÇAIS B., SCHMITZ S., SCHUMACHER J., SOLHEIM H., SOLLAA, SZABÓ I., TSOPELAS P., VANNINI A., VETTRAINO A.M., WEBBER J., WOODWARD S., STENLID J., 2013. Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytol.*, 197, pp. 238-250.
- SCHWESTER D., 1985. Les insectes et la forêt française. *Revue forestière française*, vol. XLVI, numéro spécial "Regards sur la santé de nos forêts", pp. 45-64.
- TRUMBORE S., BRANDO P., HARTMANN H., 2015. Forest health and global change. *Science*, 439 (6250), pp. 814-818.
- UROZ S., BUÉE M., DEVEAU A., MIESZKIN S., MARTIN F., 2016. Ecology of the forest microbiome: Highlights of temperate and boreal ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, 103, pp. 471-488.
- WINGFIELD M.J., BROCKERHOFF E.G., WINGFIELD B.D., SLIPPERS B., 2015. Planted forest health: the need for a global strategy. *Science*, 349 (6250), pp. 832-836.

WOODWARD S., STENLID J., KARJALAINEN R., HÜTTERMANN A., 1998. Heterobasidion annosum: *Biology, Ecology. Impact and Control*. Wallingford (UK) : CAB International. 589 p.

XHAARD C., FABRE B., ANDRIEUX A., GLADIEUX P., BARRÈS B., FREY P., HALKETT F., 2011. The genetic structure of the plant pathogenic fungus *Melampsora larici-populina* on its wild host is extensively impacted by host domestication. *Molecular Ecology*, 20, pp. 2739-2755.

ANNEXE

CORRESPONDANCE ENTRE NOM VERNACULAIRE
ET NOM SCIENTIFIQUE POUR LES ESPÈCES CITÉES

Nom vernaculaire des espèces citées	Nom scientifique correspondant
Acuminé	<i>Ips acuminatus</i>
Armillaire	<i>Armillaria spp.</i>
Bombyx disparate	<i>Lymantria dispar</i>
Bupreste des branches du chêne	<i>Coraeus florentinus</i>
Cécidomyie des aiguilles du Douglas	<i>Contarinia pseudosugae sl.</i>
Chalarose du frêne	<i>Hymenoscyphus fraxineus</i>
Chalcographe	<i>Pityogenes chalcographus</i>
Chancre du mélèze	<i>Lachnellula willkommii</i>
Chancre bactérien du peuplier	<i>Xanthomonas populi</i>
Chancre coloré du platane	<i>Ceratocystis platani</i>
Chancre du châtaignier	<i>Cryphonectria parasitica</i>
Chancre du douglas	<i>Allantophomopsiella pseudotsugae</i>
Chancre du hêtre	<i>Neonectria ditissima</i>
Charançon de la patience	<i>Cryptorhynchus lapathi</i>
Cheimatobie	<i>Operophtera brumata</i>
Chermès des rameaux	<i>Adelges nordmannianae</i>
Chermès du douglas	<i>Adelges cooleyi</i>
Chermès du tronc du sapin	<i>Adelges piceae</i>
Cochenille du hêtre	<i>Cryptococcus fagisuga</i>
Cochenille du pin laritime	<i>Matsucoccus feytaudi</i>
Cul brun	<i>Euproctis chrysorrhoea</i>
Curvidenté	<i>Pityokteines curvidens</i>
Cylindrosporiose du merisier	<i>Blumeriella jaapii</i>
Cynips du châtaignier	<i>Dryocosmus kuriphilus</i>
Dothichiza du peuplier	<i>Discosporium populeum</i>
Flétrissement américain du chêne	<i>Ceratocystis fagacearum</i>
Fomès	<i>Heterobasidion annosum & H. parviporum & H. abietinum</i>
Grande saperde	<i>Saperda carcharias</i>
Grande sésie	<i>Sesia apiformis</i>
Graphiose de l'orme	<i>Ophiostoma novo-ulmi</i>
Gui	<i>Viscum album</i>

ANNEXE (SUITE)

CORRESPONDANCE ENTRE NOM VERNACULAIRE
ET NOM SCIENTIFIQUE POUR LES ESPÈCES CITÉES

Nom vernaculaire des espèces citées	Nom scientifique correspondant
Hylésine du pin	<i>Tomicus piniperda</i>
Hylobe	<i>Hylobius abietis</i>
Lophyres du pin	<i>Diprion pini</i> & <i>Neodiprion sertifer</i>
Maladie de l'encre	<i>Phytophthora</i> spp.
Maladie des bandes rouges	<i>Dothistroma septosporum</i> et <i>D. pini</i>
Marssonina	<i>Drepanopeziza punctiformis</i>
Nématode du pin	<i>Bursaphelenchus xylophilus</i>
Oïdium des chênes	<i>Erysiphe alphitoïdes</i>
Orcheste du hêtre	<i>Rhynchaenus fagi</i>
Petite saperde	<i>Saperda populnea</i>
Petite sésie	<i>Paranthrene tabaniformis</i>
Pissode du pin	<i>Pissodes castaneus</i>
Pissode du sapin	<i>Pissodes piceae</i>
Processionnaire du chêne	<i>Thaumetopoea processionea</i>
Processionnaire du pin	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>
Puceron laineux du hêtre	<i>Phyllaphis fagi</i>
Puceron lanigère du peuplier	<i>Phloeomyzus passerinii</i>
Pyrale du buis	<i>Cydalima perspectalis</i>
Rouille courbeuse des pins	<i>Melampsora populnea</i>
Rouille suisse du douglas	<i>Phaeocryptopus gaeumannii</i>
Rouilles du peuplier	<i>Melampsora larici-populina</i> & <i>Melampsora allii-populina</i>
Scolyte noir du Japon	<i>Xylosandrus germanus</i>
Sphaeropsis des pins	<i>Diplodia sapinea</i>
Spinidenté	<i>Pityokteines spinidens</i>
Sténographe	<i>Ips sexdentatus</i>
Tordeuse grise du mélèze	<i>Zeiraphera diniana</i>
Tordeuse verte du chêne	<i>Tortrix viridana</i>
Typographe de l'épicéa	<i>Ips typographus</i>

ÉVOLUTION DU PAYSAGE SYLVOSANITAIRE AU COURS DES TRENTE DERNIÈRES ANNÉES (Résumé)

En France, le Département de la santé des forêts a en charge la surveillance sylvosanitaire depuis sa création en 1989. L'analyse des observations spontanées réalisées au cours de la veille sanitaire sur l'ensemble du territoire et de celles effectuées à période fixe au niveau d'un réseau systématique de placettes (partie française du réseau européen de suivi des dommages forestiers) permet de conclure que le paysage entomologique a peu évolué au cours des trente dernières années. Par contre, le paysage sylvosanitaire pathologique a fortement changé du fait de l'introduction ancienne ou récente d'agents pathogènes nouveaux. Il ressort ainsi que la principale menace sur les forêts est, du fait des échanges internationaux, l'arrivée de bioagresseurs exotiques dont l'expression (installation, émergence, épidémie...) peut être favorisée par les changements climatiques en cours.

CHANGES IN FOREST HEALTH STATUS OVER THE LAST THIRTY YEARS (Abstract)

In France, the forest health department has been in charge of forest health surveillance since it was set up in 1989. An analysis of spontaneous observations conducted under the health surveillance scheme all over France and those performed at given periodic intervals in a systematic network of plots (the French part of the European monitoring network of damage to trees) show there has been little change in the situation of entomological populations. In contrast, the status of diseased forests has changed as a result of longstanding or recent introductions of new pathogens. From this it can be inferred that as a result of international trade the main threat for forests is the entry of alien pests whose expression (establishment, emergence, epidemic, etc.) is possibly boosted by ongoing climate change.
