



## Risques multiples et santé des forêts

Département de la santé des forêts

Avril 2024

**Les conséquences du changement global, notamment celles dues au changement climatique et à la pression des espèces exotiques envahissantes, font peser des menaces supplémentaires sur l'état sanitaire des écosystèmes forestiers.**

**Des risques « nouveaux » apparaissent dans des régions et/ou dans des peuplements forestiers jusqu'alors peu concernés par des dégâts phytosanitaires : dépérissements en zones de montagne, feux de forêts dans le nord de la France, extension des surfaces forestières affectées par les sécheresses, nouvelles introductions d'organismes invasifs...**

**La problématique des risques multiples (ou multirisques) est donc posée sur une grande partie du territoire national.**

### La notion de « risque »

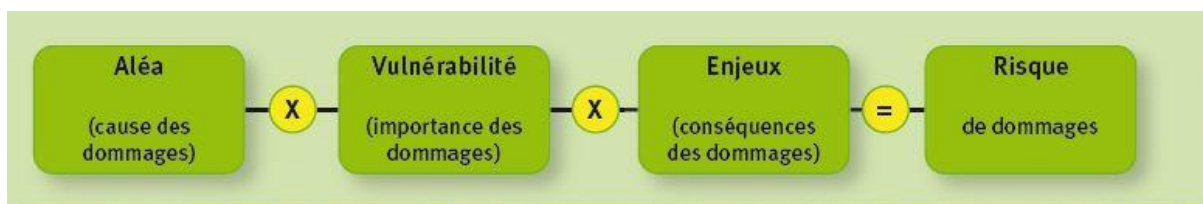
*« Le risque est défini comme un danger éventuel, plus ou moins prévisible, inhérent à une situation ou à une activité »* (source INERIS). Dans le langage courant, le risque et le danger sont souvent confondus. Or le risque n'est pas synonyme de danger : il associe une idée d'incertitude au danger.

La notion de « risque » intègre à la fois la possibilité d'un danger (également dénommé aléa = « la source » du risque) et, en même temps, les conséquences potentielles occasionnées par ce danger (les enjeux, les impacts = la cible exposée au risque). Le risque porte donc à la fois la notion de danger et la notion d'exposition (source INERIS).

Un risque naturel, par exemple, découle de la conjonction d'un phénomène naturel aléatoire (tempête, canicule...), de ses effets possibles sur l'environnement immédiat et de la présence de personnes, de biens ou d'activités dans cet environnement immédiat. Ainsi, un orage de forte intensité dans une zone déserte présente un risque faible ; il en est tout autrement si cet orage survient dans une zone fortement urbanisée (source INERIS).

Le 3<sup>ème</sup> terme de « l'équation du risque » est la vulnérabilité, souvent intégrée aux enjeux, qui exprime un degré d'exposition à l'aléa évalué par le niveau de dégâts constaté ou prévu. Ce facteur est donc important à prendre en compte dans l'analyse du risque, notamment dans le cas des risques phytosanitaires en forêt.

En synthèse, la notion de risque est illustrée par le schéma ci-dessous (figure 1).



*Figure 1 : illustration du concept de risque phytosanitaire en forêt. L'aléa est l'évènement d'origine naturelle ou humaine, susceptible de provoquer des dégâts. Il est souvent défini par son intensité, sa répartition spatiale et sa probabilité d'occurrence. La vulnérabilité caractérise la sensibilité du peuplement à l'aléa et sa capacité d'adaptation (résistance, résilience). Les enjeux : il s'agit de « la valeur » - pas uniquement économique - des enjeux concernés, qui dépendent des objectifs et des fonctions de la forêt pour le propriétaire, le gestionnaire, la société... et des conséquences potentielles des dégâts. Le terme de risque est donc utilisé pour évaluer la résultante de l'interaction des trois composantes (aléa, vulnérabilité et enjeux) au niveau des dommages subis (socio-économiques, biodiversité, protection des biens et des personnes, santé publique...).*

## L'approche « multirisques » ou risques multiples : un peu de théorie

On distingue habituellement les risques liés à l'action de l'homme (risques anthropiques) et les risques naturels (liés à un aléa naturel). Cette subdivision classique est cependant remise en cause, essentiellement du fait de la prédominance des risques combinés, liés à plusieurs phénomènes naturels et anthropiques.

On peut diviser les risques naturels en plusieurs catégories : risques climatiques (sécheresses, tempêtes...), risques d'inondation (ondes de tempêtes, crues...), risques géophysiques (séismes, volcanisme...), risques gravitaires (éboulements, glissements de terrain, avalanches...) et risques sanitaires (pandémies et épidémies...).

Les risques anthropiques sont de nature diverse : risques technologiques (marées noires, explosions d'usines...), risques sociaux et politiques (guerres, génocides...), risques alimentaires, souvent comptabilisés avec les précédents (famines, pénuries diverses), pollution « banale » ou plus exceptionnelle de l'air, de l'eau, des sols...

Les aléas peuvent se cumuler ou se succéder ; leurs effets se combinent, dans le temps ou dans l'espace, et souvent ils amplifient leurs dégâts environnementaux, sociaux et économiques, avec des conséquences bien au-delà des secteurs initialement touchés.

L'Institut de recherche pour la Réduction des Risques et des Catastrophes de l'Université de Londres propose la typologie des risques « multiples » suivante (Alexander et Pescaroli 2019) :

(a) les risques composés sont des risques simultanés sans lien entre eux et dont les conditions de base amplifient le(s) dommage(s) : tremblement de terre pendant une période de froid intense par exemple ou en forêt, tempête sur des peuplements situés dans des parcelles inondées. Ce sont également des risques avec un lien causal général comme ceux liés au changement climatique.

(b) les risques interactifs impliquent des facteurs environnementaux qui peuvent avoir des impacts primaires et secondaires, il y a un lien de causalité entre les aléas : ces risques découlent les uns des autres. Par exemple : des mouvements de masse (éboulements, glissements et coulées de boues) induits par la sismicité ou des chutes de blocs suite à une avalanche.

c) les risques interconnectés découlent de l'interdépendance des systèmes humains, naturels et technologiques. Cette catégorie comprend les événements dits « NaTech » (naturels-technologiques), pour lesquels un aléa naturel déclenche un aléa technologique avec des conséquences globales amplifiées. Par exemple, en République tchèque en 2002, les inondations ont dévasté des locaux industriels et provoqué des incendies, des explosions et des émissions de fumée toxique.

(d) les risques en cascades : dans ce cas, il y a une suite d'aléas et d'évènements où les vulnérabilités s'amplifient, interagissent et peuvent engendrer des effets secondaires ayant un impact plus important que l'évènement primaire.

Si l'on pose l'équation conceptuelle du « risque », elle pourrait être la suivante ou une variante de celle-ci (Alexander, 2019) :

**Danger X Vulnérabilité [/ exposition] → Risque → Impact**

Dans le cas des risques en cascades, la situation est plus complexe :

**Danger(s) X Vulnérabilité x Vulnérabilité x ... [/ expositions multiples]  
→ Risques multiples → Impact étendu**

Certaines catastrophes peuvent comporter des éléments de l'une ou de l'ensemble des quatre catégories précédentes : la catastrophe dite de Fukushima, initiée par le séisme du 11/03/2011 sur la côte pacifique du Tôhoku, est un exemple de risques interconnectés et en cascades (cf. figure 2).



*Figure 2 : une illustration des risques en « cascade » : le séisme du 11/03/ 2011 sur la côte pacifique du Tôhoku.*

- 1 - le séisme de magnitude 9 n'a occasionné que peu de victimes et de dégâts,*
- 2 - le tsunami (photo), conséquence du séisme est à l'origine de 90 % des 18 000 morts et disparus,*
- 3 - l'accident nucléaire de Fukushima, conséquence du tsunami provoqué par le séisme, de niveau 7, le plus élevé sur l'échelle INES, et ses conséquences environnementales et sur la santé humaine qui restent à évaluer sur le long terme.*

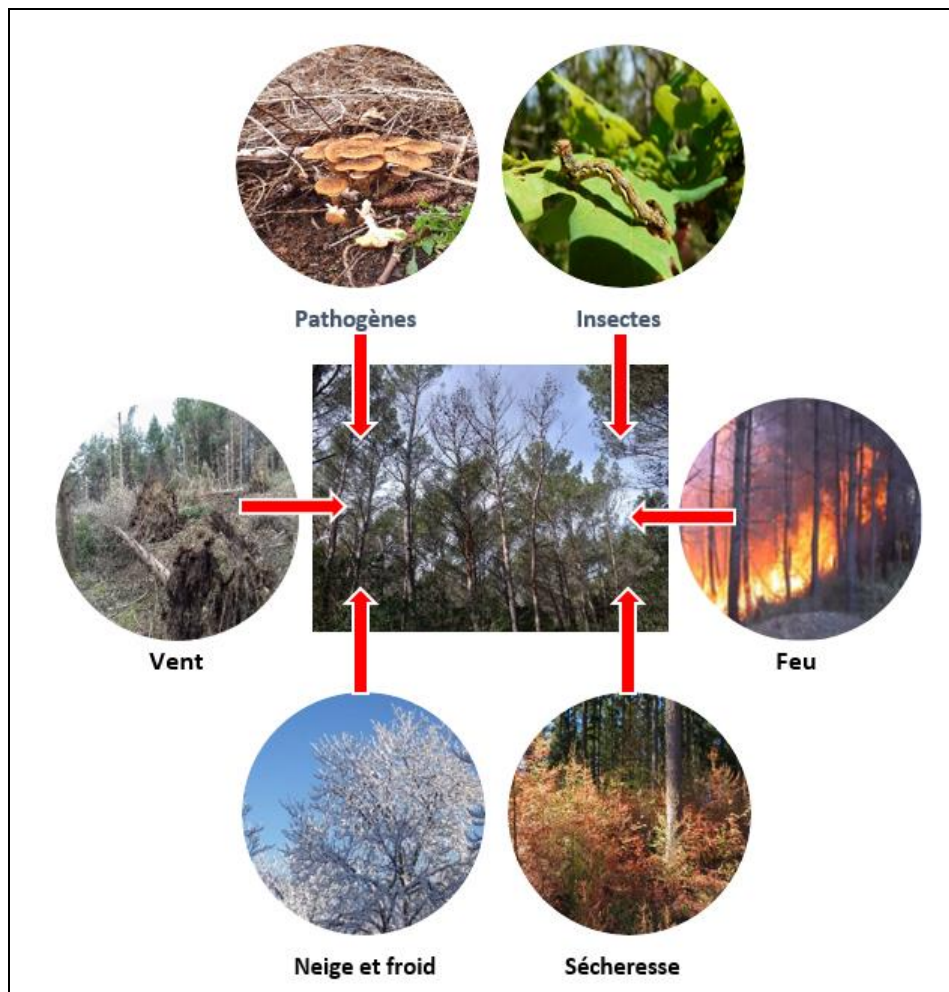
## Quels risques en forêt ?

La forêt est sous la menace de nombreux dangers : les arbres sont des organismes longévifs et les aléas, même à faible probabilité d'occurrence, peuvent affecter les peuplements forestiers tout au long de leur vie. Les risques sont dits « biotiques » quand l'aléa est un agent biologique, dénommé bio-agresseur : insectes (cambiophages, phyllophages...), pathogènes (champignons, bactéries, virus...), grands mammifères, rongeurs, etc., dont certains sont des espèces exotiques envahissantes.

Les risques abiotiques regroupent les aléas de nature physique : vent, gel, verglas, sécheresse, feu, évènements gravitaires... qu'ils soient d'origine naturelle ou induits par l'homme (changement climatique, feux de forêts).

On peut ajouter d'autres sources de risques : les polluants atmosphériques à proximité de sites industriels (fluor...) ou à longue distance (oxydes d'azote, ozone...) et certaines pratiques sylvicoles (tassement des sols dus à l'utilisation inappropriée d'engins forestiers sur des sols fragiles).

Le risque phytosanitaire en forêt (ou risque sylvosanitaire) est donc la conséquence de diverses perturbations naturelles et biologiques dont les principales sont illustrées dans la figure 3 ci-dessous.



*Figure 3 : les principales causes, biotiques et abiotiques, des perturbations en forêt (Siedl - 2017 modifié) ©photos DSF sauf feu ©INRAE*

## Importance des dégâts en forêt

Dans une revue de littérature, Schelhaas MJ et al. (2003) indique, au niveau européen, une moyenne de 35 millions de m<sup>3</sup> de bois endommagés chaque année par les perturbations naturelles sur la période 1950-2000. Les tempêtes sont responsables de 53 % du volume, le feu 16%, la neige 3 % et les autres causes abiotiques 5 %. Les facteurs biotiques ont causé 16% des dégâts dont la moitié est due aux scolytes. Dans 7% des cas, la cause n'est pas déterminée ou est « multiple ». Ces 35 millions de m<sup>3</sup> représente 8,1% du volume récolté annuellement et 0,15 % du stock de bois sur pied en Europe. Sur la période 1961-2000, une surface annuelle moyenne de 213 000 hectares a brûlé, soit 0,15 % de la surface forestière européenne.

En France, les tempêtes Lothar et Martin (26 au 28/12/1999) ont affecté de manière significative 1 million d'hectares de forêt et mis à terre 140 millions de m<sup>3</sup> de bois (IGN 2000) dans l'est de la France, en Aquitaine et dans le Massif-central. La tempête KLAUS (24/01/2009) a touché 690 000 ha de forêts (IGN 2009) et causé 43 millions de m<sup>3</sup> de chablis essentiellement en région Aquitaine (41 millions de m<sup>3</sup> dont 38 de pin maritime).

## Exemples de risques multiples en forêt

Les exemples cités ci-dessous sont issus de publications scientifiques et des observations du Département de la santé des forêts. Ils concernent à la fois des aléas abiotiques (sécheresse, feu) et des bio-agresseurs qui interviennent comme agents primaires (défoliateurs...) ou secondaires (pathogènes endophytes, scolytes...).

### Tempête Klaus (2009), sténographe et processionnaire du pin maritime dans le massif des Landes de Gascogne (INRAE BIOGECO Bordeaux)

La tempête Klaus, le 24 janvier 2009, a causé 38 millions de m<sup>3</sup> de chablis de pin maritime environ dans le massif des Landes de Gascogne (Inventaire forestier national, 2009).

Cette tempête historique, par la présence de chablis en grande quantité a rendu vulnérables les arbres sur pied à un bio-agresseur (le sténographe) dont une partie était déjà affectée par un autre bio-agresseur (la chenille processionnaire du pin).

- le sténographe (*Ips sexdentatus*) : les chablis sont le substrat de développement idéal pour ce coléoptère cambioophage. Les arbres cassés ou déracinés n'offrent aucune résistance aux attaques des insectes adultes et fournissent une quantité importante de ressources alimentaires pour les larves. Le suivi réalisé par le DSF a permis de montrer une corrélation spatiale nette entre la localisation des principaux chablis et des plus gros dégâts de scolytes (Jactel *et al.*, 2011 - figure 4, ci-dessus).

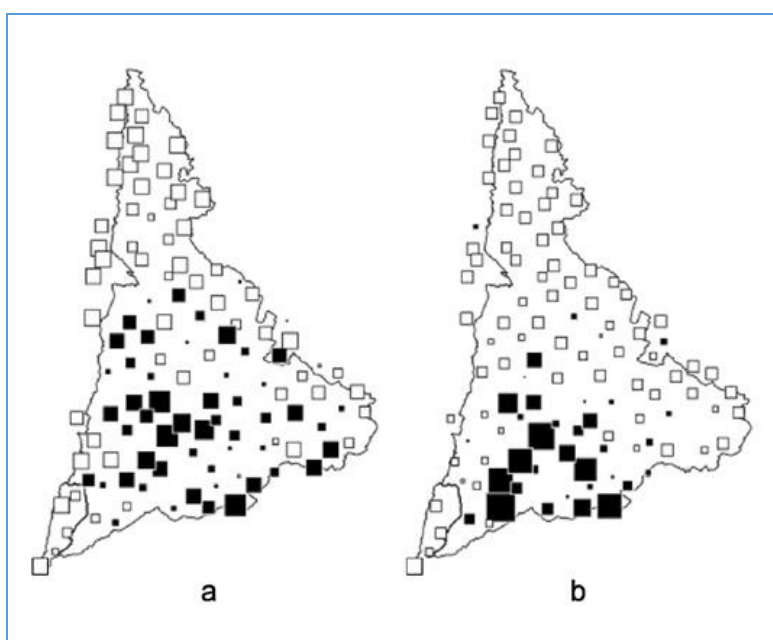


Figure 4 : répartition spatiale des principales zones de chablis (a) et de pullulations de scolyte sténographe (b) en 2010 dans le massif forestier des Landes de Gascogne. Les deux répartitions sont spatialement corrélées.

- la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*): bio-agresseur endémique des pins dans le massif landais, l'insecte était au point de culmination de son cycle biologique, donc au maximum de ses dégâts, au cours de l'hiver 2008-2009. Les défoliations de cet insecte ont un impact négatif sur la croissance des arbres et sur la résistance aux attaques de scolytes : les pins maritimes épargnés par la tempête, mais attaqués par la processionnaire, ont été plus sensibles aux attaques du sténographe. Ainsi, sur les 1 948 peuplements de pin échantillonnés par le DSF en 2010, le pourcentage d'arbres debout attaqués par les scolytes s'est révélé significativement corrélé avec le taux de chablis (cf. ci-dessus) mais aussi avec le pourcentage de défoliation par la processionnaire du pin (*Jactel et al., 2011*).

L'épidémie de scolytes post-tempête, dont une partie a affecté des arbres défoliés et donc affaiblis, a ainsi provoqué des pertes supplémentaires estimées à 4 millions de m<sup>3</sup> de bois, soit 10 % du volume initial dû la tempête.

### **Sécheresse et agents biotiques (INRAE BIOGECO Bordeaux)**

Une publication de 2012 (*Drought effects on damage by forest insects and pathogens : a meta-analysis, JACTEL et al.*) présente une méta-analyse de 100 comparaisons, par paire, des dommages causés par des insectes nuisibles ou des agents pathogènes sur des arbres soumis à un stress hydrique et sur des arbres témoins (40 publications).

Cette étude montre que le comportement alimentaire des bio-agresseurs (primaire ou secondaire), la partie de l'arbre affectée (écorce et bois ou feuillage) et la sévérité du stress hydrique sont les trois facteurs de dégâts forestiers dans des conditions de sécheresse.

Ainsi, les bioagresseurs primaires du bois : insectes corticaux et xylophages (pissodes, pyrale du tronc...) et les pathogènes racinaires (armillaire obscure, *Phytophthora*...) causent des dommages moins importants sur les arbres soumis à un stress hydrique alors que les insectes défoliateurs et les pathogènes foliaires entraînent plus de dégâts aux arbres stressés.

En revanche, les dommages causés par tous les agents secondaires (scolytes, pathogènes endophytes) augmentent avec la sévérité du stress hydrique. L'ampleur du dégât est modulée par la capacité de résistance à la sécheresse des essences (plus forte par exemple pour le chêne vert que pour l'épicéa commun) et par l'intensité du stress hydrique.

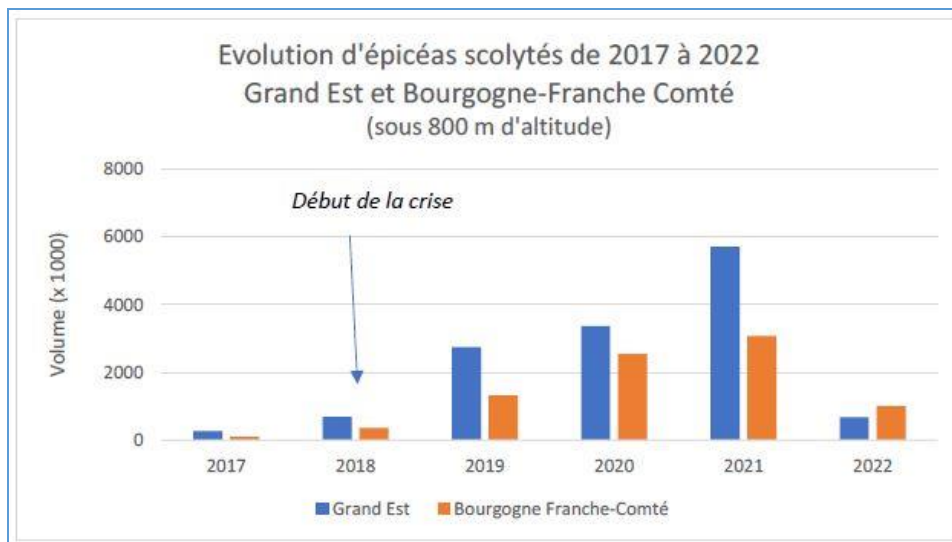


*Figure 5 : Pin sylvestre en cours de mortalité due au pathogène Sphaeropsis. Sujet affaibli par la présence de gui et par la sécheresse © photo B. Boutte*

Ces résultats peuvent être illustrés par les dégâts actuels de deux bio-agresseurs :

- les dégâts causés par le Sphaeropsis des pins (pathogène de faiblesse) qui est devenu, suite aux sécheresses successives, une contrainte sanitaire majeure pour les pinèdes (pins noirs et sylvestre) que ce soit dans le sud ou le nord de la France (cf. figure 5).

- les attaques de scolytes de l'épicéa commun, initiées à l'automne 2018 suite à la sécheresse estivale, qui ont entraîné 20 millions de m<sup>3</sup> de dégâts, soit 60 000 ha environ, dans les pessières de plaine des régions Grand-est et Bourgogne- Franche comté (cf. figure 6).



*Figure 6 : évolution du volume d'épicéas communs scolytés de 2017 à 2022*

### **Attaques de scolytes et feux de forêts (INRAE - URFM Avignon)**

La vulnérabilité au feu des peuplements atteints par les scolytes, insectes ravageurs à l'origine de mortalité dans les peuplements de conifères, dépend :

- du temps écoulé depuis l'attaque : dans les premiers mois, le feuillage sèche, sa teneur en eau diminue et il roussit (stade « roux »). Ensuite les aiguilles tombent au sol (stade « gris »),
- du pourcentage d'arbres morts,
- des conditions de l'incendie : peu sévères (sécheresse modérée, vent faible) ou sévères (sécheresse prononcée, vent fort).

Les attaques de scolytes peuvent accentuer ou diminuer l'intensité du feu (vitesse et puissance thermique) et conditionnent donc les dommages sur la forêt.

Les travaux ont été conduits à l'aide du modèle de propagation à bases physiques FIRETEC qui prend en compte les modifications du combustible (teneur en eau, biomasse) induites par la présence d'arbres scolytés.

Au stade « rouge », la sévérité du feu est accrue de manière significative, notamment dans le cas de peuplements avec plus de 58 % de mortalité due aux scolytes et de vent faible à moyen : les perturbations sont dites « synergiques ».

Au stade « gris », la sévérité a tendance à diminuer notamment dans le cas de peuplements avec plus de 58 % de mortalité et de vent moyen à fort : les perturbations sont dites « antagonistes ». L'amplitude des effets peut être cependant variable en fonction des conditions locales.

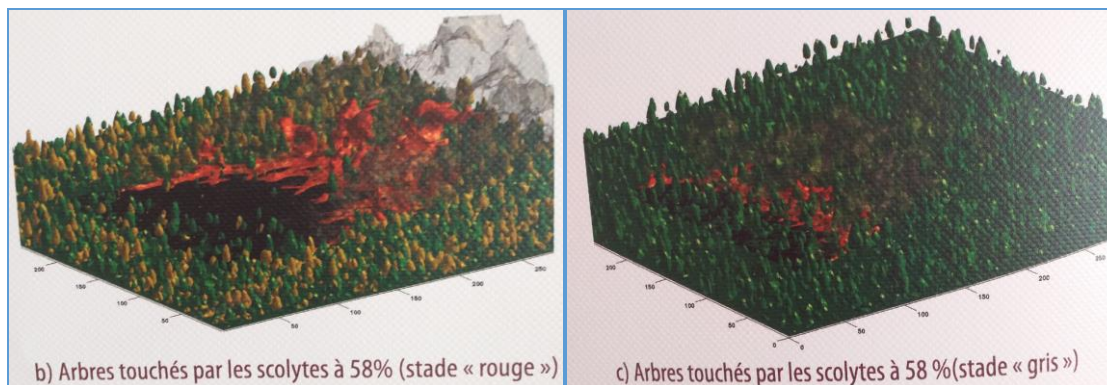


Figure 7 : simulations de la propagation du feu dans un peuplement de *Pinus ponderosa* (FIRETEC)  
©INRAE

### Défoliations dues à la pyrale buis, risques de feu et de chutes de blocs en forêt (INRAE – LESSEM Grenoble - figure 8)

La pyrale, *Cydalima perspectalis*, est un insecte défoliateur du buis originaire d'Asie orientale, importée en Europe sur des sujets d'ornement et détectée en France en 2008. Elle s'attaque également aux buis présents en milieu naturel.

- le risque incendie : la défoliation progressive des rameaux passe par différents stades qui modifient la teneur en eau des végétaux. Une faible teneur en eau est un élément déterminant dans l'augmentation du risque incendie. Les travaux de recherche ont montré qu'en dehors des périodes estivales les plus sèches, l'aléa « incendie » va être augmenté après l'attaque tant que les feuilles sont présentes sur les rameaux. Suite à la chute des feuilles, qui intervient après un délai variable, une baisse de l'aléa due à une limitation par la quantité de combustible est observée. Lors des périodes les plus sèches de l'année, l'aléa va être diminué après l'attaque sans connaître d'augmentation préalable. Le buis ayant pour l'instant la capacité de reproduire des feuilles même en présence de la pyrale, ces différents stades vont se succéder. On a donc une notion de temporalité de l'aléa calqué sur les cycles d'attaque de la pyrale.

- le risque « chute de blocs » : le buis sous forme de sous-étage ou de taillis joue un rôle dans la fonction de protection de la forêt vis-à-vis des chutes de blocs sur les versants. Ce rôle est en partie lié à ses caractéristiques physiologiques, dépendantes de son état phytosanitaire, qui va être dégradé par les défoliations. Les travaux ont montré que la dégradation de l'état phytosanitaire des buis s'accompagne d'une baisse de la résistance mécanique des tiges, altérant la fonction de protection des buxaiées touchées vis-à-vis des chutes de blocs.

Dans le cas d'une buxaiée défoliée qui est parcourue par un incendie, cela crée une nouvelle vulnérabilité et donc une augmentation du risque « chute de blocs » (Dupire S., 2018, figure 8).

Au-delà des chenilles défoliatrices, les papillons de la pyrale peuvent occasionner des dommages économiques pour la filière apicole par exemple (concurrence avec les abeilles butineuses sur les fleurs lorsque les populations sont en masse) et des nuisances diverses (figure 8).



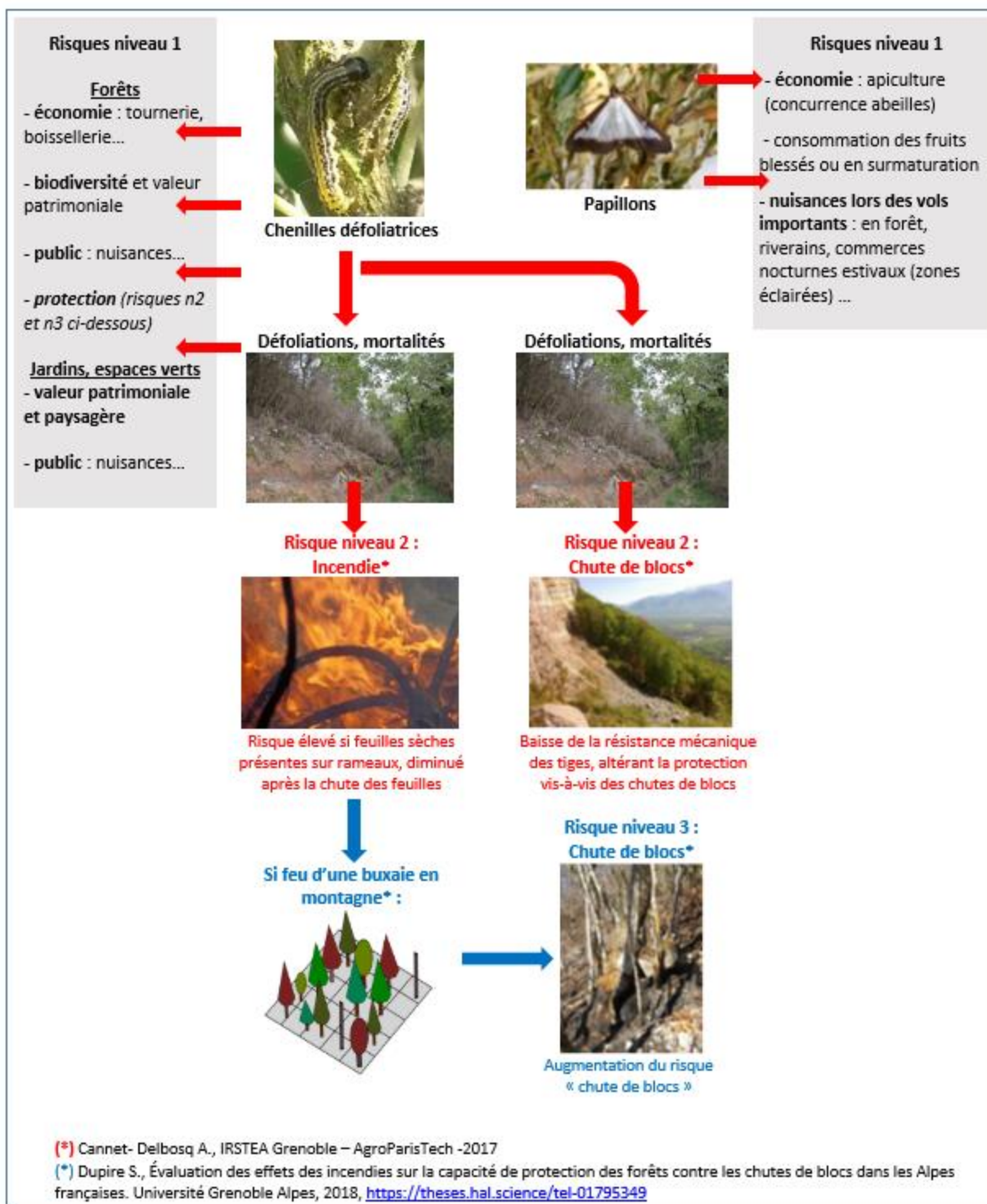


Figure 8 : illustration des risques multiples en cascade liés à une attaque de pyrale du buis en forêt

## Prise en compte au niveau de la gestion forestière : être informer, analyser et maîtriser les risques

Le schéma ci-dessous illustre la place et le rôle du gestionnaire forestier dans l'approche des risques sanitaires.

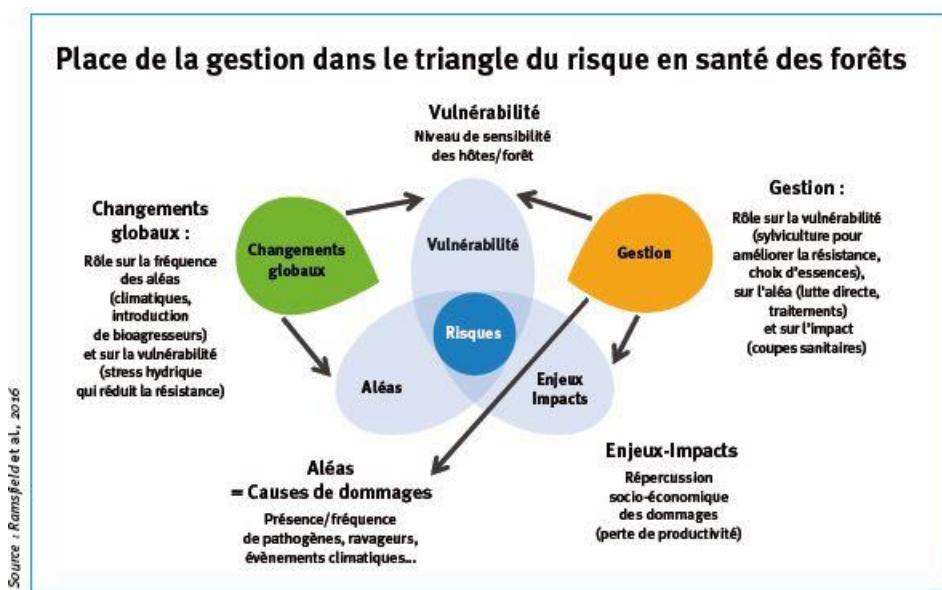


Figure 9 : approche du risque sanitaire en forêt, dans le contexte des changements globaux

Le gestionnaire doit s'informer des aléas sanitaires potentiels sur les forêts dont il a la charge, il pourra ensuite effectuer une analyse des risques sur ces peuplements en fonction de leurs enjeux et enfin mettre en place une gestion préventive adaptée aux risques évalués (= maîtrise du risque).

### Information phytosanitaire

La surveillance de la santé des forêts est assurée par le Département de la santé des forêts (DSF) grâce à son réseau de correspondants-observateurs (personnels de l'ONF, des CRPF et des services de l'Etat), en collaboration avec l'IGN, les laboratoires (ANSES) et la recherche (INRAE, universités). Cette surveillance a pour objectif de suivre l'évolution de l'état sanitaire des peuplements forestiers, d'assurer une veille active vis-à-vis des organismes réglementés et émergents et d'informer les partenaires forestiers (site du DSF : <https://agriculture.gouv.fr/la-sante-des-forets>).

Cette information sylvosanitaire est donc une donnée importante à prendre en compte par le gestionnaire au niveau des propriétés qu'il gère et dans son évaluation des risques.

### Analyse des risques

Il convient d'analyser les risques à partir de ses 3 composantes : les aléas potentiels (dont les organismes émergents et invasifs), la vulnérabilité des peuplements à ces aléas et les enjeux des parcelles gérées (production, protection, accueil du public ...).

#### - L'identification des aléas

Les aléas seront inventoriés et caractérisés (fréquence, intensité...) : les aléas abiotiques, en fonction de la situation géographique et topographique de la forêt, de la structure et de la composition des parcelles... ; les problèmes biotiques en fonction des essences et de l'actualité sanitaire (cf. § ci-dessus).

Une fois les aléas identifiés, il peut être mis en place des dispositifs de surveillance au niveau des parcelles concernées (piégeages, observations de symptômes...) si les risques sont avérés (notamment dans le cas de bio-agresseurs émergents ou invasifs : cf. § prévention et maîtrise des risques).

### **- L'évaluation de la (les) vulnérabilité(s) des peuplements**

Le risque de dégâts causés par les aléas seront variables en fonction de la vulnérabilité des forêts concernées. La situation géographique et/ou topographique des peuplements peuvent être favorables ou non (aléa vent, aléa gel, aléa feu...); les caractéristiques stationnelles et la densité des peuplements (aléa sécheresse), la composition en essences (les bioagresseurs sont généralement spécifiques d'une essence ou d'un genre botanique) ou la structure ou stades de développement (certains aléas abiotiques ou biotiques ne sont dangereux qu'à certains stades de croissance des arbres)... sont des exemples de facteurs de vulnérabilité à des aléas identifiés.

### **- L'évaluation des conséquences des dégâts sur les peuplements (=les enjeux)**

Ce sont des enjeux socio-économiques lorsque l'objectif des parcelles est la production forestière mais ce peut être des pertes de biodiversité, des enjeux de protection des biens et des personnes ou des conséquences en termes de santé publique.

Sur le plan économique, les principaux impacts à prendre en compte dans l'analyse seront le risque de mortalité des arbres adultes, des semis ou des plants; la perte de qualité du bois (pourriture); la perte de fructifications (parcelle en régénération, peuplements classés, vergers à graines) ou la perte de croissance dans le cas d'essences à rotation courte (peupleraies, TCR).

Sur le plan de la santé publique, les critères d'enjeux seront différents, liés à la présence humaine et/ou animale dans la forêt : sentiers de randonnée, chasse, accueil du public... (cf. article « One health » sur le site « santé des forêts » du Ministère de l'Agriculture).

### **- L'analyse des risques**

L'analyse du risque fait le bilan des 3 éléments : aléa(s) X vulnérabilité(s) X enjeu (x), selon une échelle à 2 ou 3 niveaux : risque nul à faible, risque moyen, risque fort. L'exemple de l'hylobe ou grand charançon du pin est proposé dans le tableau ci-dessous (figure 10).

	Risque faible à faible part de résineux	Risque élevé à forte dominance résineuse
Région forestière		
Intervalle de temps entre la coupe et le reboisement	supérieur à 2 ans	inférieur à 2 ans
Présence d'une coupe rase à proximité	non	oui
Essence exploitée	feuillus (0) Douglas ou sapins (+)	pins ou épicéas (++)
Essence de reboisement	cèdres, sapins feuillus (0)	pins ou épicéas (+) Douglas ou mélèzes (++)
Type de plant	semis, grand plant	petit plant (1-0G)
Densité de plantation	forte	faible
(0) : risque nul                      (+) : risque moyen                      (++) : risque fort		

*Figure 10 : exemple d'une grille d'analyse du risque « hylobe » dans les jeunes plantations*

Cette analyse doit prendre en compte non seulement les risques actuels mais également ceux qui pourraient advenir en fonction des évolutions climatiques (sécheresse, feu), les invasions biologiques ou en cas de dégâts « en cascade » : attaque de scolytes suite à sécheresse ou tempête... (cf. § précédents).

Les outils de modélisation (Biljou©, BioClimSol©, Climesseances©, plateforme Capsis©...) seront très utiles dans cette phase d'analyse ainsi que des outils de cartographie numériques (cartes des zones à risques identifiés au niveau d'un massif forestier).

## Prévention ou maîtrise des risques

Une fois les risques identifiés, le gestionnaire pourra mettre en place une sylviculture adaptative dans l'objectif de prévenir les risques ou de les maîtriser. Deux moyens sont à la disposition des forestiers pour réduire les dommages subis par les espaces boisés dont ils ont la charge : la gestion préventive et la lutte directe.

La première vise à orienter les pratiques sylvicoles courantes pour limiter les dommages en favorisant le maintien des équilibres naturels. L'objectif est d'obtenir des peuplements résilients capables de supporter les conséquences des aléas biotiques ou abiotiques. La seconde consiste à s'opposer de manière active au problème sanitaire par des moyens mécaniques, biologiques ou chimiques, elle n'est employée que pour quelques problèmes sylvosanitaires et dans des circonstances particulières.



Figure 11 : Grumes d'épicéas communs, en partie écorcées, en cours de façonnage

Si un des principaux buts de la gestion forestière est d'obtenir et de maintenir des peuplements vigoureux et en bonne santé, les effets des pratiques sylvicoles ne vont pas toujours dans ce sens. La littérature sur ce sujet est à la fois très riche mais aussi très fragmentée, voire contradictoire. Elle repose souvent sur des observations réalisées à un niveau local ou régional et donc difficilement généralisables. Ainsi, dans le cadre du projet européen EFORWOOD, une synthèse bibliographique a été effectuée sur les processus écologiques sous-jacents à la relation entre sylviculture et augmentation ou diminution des aléas et de la vulnérabilité des forêts (« *Forest stands management and vulnerability to biotic and abiotic hazards*, H JACTEL et al., 2008 ») dont les principaux éléments ont été remis à jour dans l'ouvrage « *La santé des forêts* », IDF-DSF 2023.

Les facteurs examinés concernent les domaines suivants : l'adaptation des essences à la région et à la station ; la composition et la structure des peuplements ; la diversité génétique ; les opérations sylvicoles : régénération naturelle, régénération artificielle, contrôle de la végétation, éclaircies, dépressage et élagage ; les itinéraires techniques ; l'âge du peuplement et l'exploitation - récolte des bois. Le gestionnaire pourra utilement se référer à l'ouvrage « *La santé des forêts* », *IDF-DSF 2023* (chapitre 7) pour recueillir des éléments en vue de l'adaptation de sa gestion aux risques identifiés dans ses peuplements.

En complément des actes de gestion et vu les évolutions liées au changement global, la surveillance sanitaire par le gestionnaire devient désormais indispensable. Cette surveillance peut être « générale » ou « ciblée ».

La première s'opère lors des actes de gestion courante (descriptions de parcelles, martelages, travaux...) par le repérage de symptômes, de dégâts, d'indices (changement de couleur du houppier, mortalité, présence de pralines ou de coulures de résine, de nids, de pontes...).

La surveillance ciblée est adaptée au contexte et aux risques : tempête/scolytes, plantation/hylobe, dépérissement/défoliateurs.... Dans ce cas, le gestionnaire oriente sa surveillance envers un parasite ou un pathogène particulier : notation de dégâts (morsures, défoliations...), d'indices de présence (pontes, nids...) ou par la mise en place de piégeage pour les insectes.

## Conclusion

L'approche « risques multiples » en milieu forestier en est à ses balbutiements, il reste beaucoup de questions posées, de thématiques à explorer et les perspectives en termes de recherche sont importantes.

Dans cet objectif, INRAE a initié en 2023 deux programmes de recherche : un méta-programme nommé « XRisques », visant à mieux comprendre les risques multiples et leurs interactions pesant sur les territoires et les systèmes agricoles (et forestiers), alimentaires et environnementaux et un projet ciblé sur l'évaluation et la gestion des risques multiples dans les socio-écosystèmes forestiers au sein du PEPR Forestt (Programme et Equipement Prioritaire de Recherche) qui démarrera en 2024.

Les impacts potentiels de ces programmes sont multiples, qu'il s'agisse de répondre à un besoin de sécurité des populations, de contribuer à la durabilité des systèmes socio-environnementaux ou à la soutenabilité des systèmes socioéconomiques, d'apporter des réponses aux questions posées par les transitions subies (climatiques) ou choisies (alimentaire, énergétique, agro-écologique...) afin d'aller vers des systèmes plus résilients et moins vulnérables aux aléas

La forêt aura donc toute sa place au sein de ces nouveaux programmes de recherche.

## Pour en savoir plus

- La santé des forêts : diagnostic, prévention et gestion - Saintonge F-X., Nageleisen L-M. (coord), 2<sup>ème</sup> édition, 2023 - Editions CNPF-IDF, 642 pages.

- Le méta-programme de recherche XRisques de l'INRAE (2023) :  
<https://www.inrae.fr/actualites/comprendre-agir-face-risques-multiples>

- Gestion des risques multiples dans les socio-écosystèmes forestiers (PEPR Forestt)  
<https://www.pepr-forestt.fr/>

- Actes du colloque « Anticiper et gérer les risques multiples dans les forêts tempérées, méditerranéennes et boréales : approches européennes et nord-américaines » - Bordeaux, les 04, 05 et 06 juillet 2022.

- Sécheresses, incendies et maladies : les risques en cascade qui menacent les forêts françaises - Bastit F. et Brunette M., The Conversation, 2021.  
<https://theconversation.com/secheresses-incendies-et-maladies-les-risques-en-cascade-qui-menacent-les-forets-francaises-157448>

- What are cascading disasters? Alexander D, Pescaroli G. UCL Open: Environment. 2019;(1): 03

- Forest disturbances under climate change - Seidl R. et al., Nature climate change, vol. 7, juin 2017 – pp 395-402.

- Risques multiples et gestion des écosystèmes - Rigolot. E et al, Réflexion Prospective, INRA - Département EFPA, 2015, Nancy, France. Diaporama 38 slides.

- La forêt face aux risques - Birot Y. in La forêt et le bois en 100 questions (chapitre 5, 41 pages), 2014, consultable sur le site <https://www.academie-agriculture.fr/>

- Forest stands management and vulnerability to biotic and abiotic hazards - Jactel H. et al., 2008, EFORWOOD report PD 243, 88 pages.  
[http://87.192.2.62/Eforwood/Portals/0/documents/D2.4.3\\_FINAL\\_toAK20080707.pdf](http://87.192.2.62/Eforwood/Portals/0/documents/D2.4.3_FINAL_toAK20080707.pdf)

- Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries - Schelhaas, Mart-Jan & Nabuurs, Gert-Jan & Schuck, Andreas, 2003, Global Change Biology. 9. 1620 - 1633.

Rédaction : Bernard BOUTTE