



Guide de gestion

DES FORÊTS EN CRISE SANITAIRE



coordination Xavier Gauquelin



CNP
IDF



Ont participé au financement de ce projet

Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et de la pêche

Département de la santé des forêts

Sous-direction de la forêt et du bois

Agence nationale de la recherche (programme DRYADE, ANR-06-VULN-004)

Institut national de la recherche agronomique

Institut pour le développement forestier

Office national des forêts

Réseau mixte technologique AFORCE

Document disponible

Institut pour le développement forestier

23, avenue Bosquet 75007 PARIS

© Office National des Forêts, Institut pour le Développement Forestier, 2010

ISBN : 978-2-84207-344-2

Maquette, mise en page, impression : Imprimerie Moderne de l'Est

Document imprimé sur papier certifié PEFC



GUIDE DE GESTION DES FORÊTS EN CRISE SANITAIRE

coordination Xavier Gauquelin

SOMMAIRE

Guide de gestion

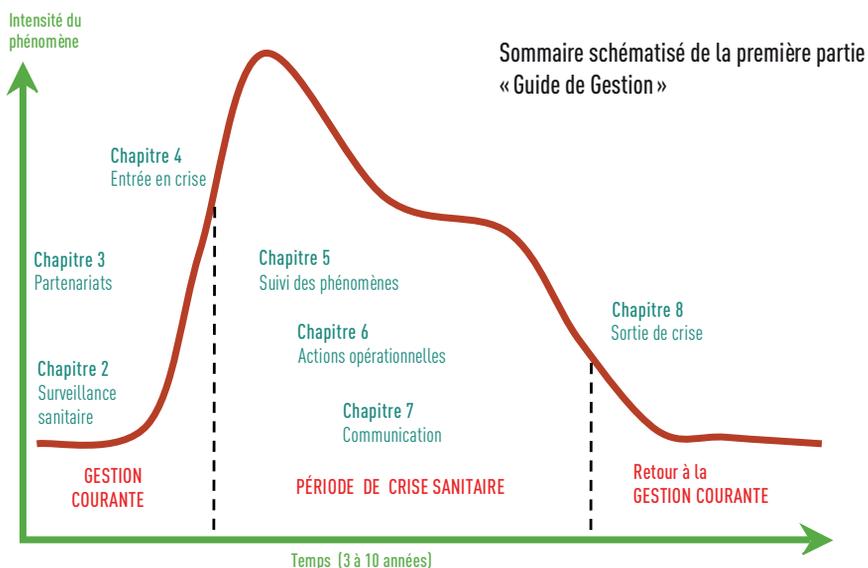
1	Un guide pour les forêts en crise sanitaire : pour quoi faire ? pour qui ?	5
2	La surveillance sanitaire des forêts : un préalable indispensable	11
3	Quels partenariats établir ?	16
4	Critères d'aide à la décision d'entrée en crise sanitaire	19
5	Comment assurer le suivi des phénomènes observés ?	23
6	Actions opérationnelles en situation de crise sanitaire	27
7	La communication	35
8	La sortie de crise sanitaire	37

Fiches de cas

1	Le dépérissement du Chêne en forêt de Vierzon	41
2	Dépérissement en forêt domaniale de la Harth et création d'un observatoire	47
3	La « maladie du Hêtre » en Ardenne belge	51
4	Le dépérissement des résineux dans le Tarn et l'Aveyron, suite à la sécheresse et canicule de 2003	57
5	Les scolytes de l'Épicéa en forêt privée de Franche-Comté	61
6	Le puceron lanigère sur Peuplier (<i>Phloeomyzus passerinii</i>)	66

Annexes

1	Protocoles de notation pour placettes locales de suivi de dépérissement	73
2	La télédétection : outils et perspectives	84
3	Retour d'expérience de crise sanitaire	93
4	Se documenter : proposition bibliographique	94



GUIDE DE GESTION



- 1 Un guide pour les forêts en crise sanitaire : pour quoi faire ? pour qui ?
- 2 La surveillance sanitaire des forêts : un préalable indispensable
- 3 Quels partenariats établir ?
- 4 Indicateurs d'aide à la décision d'entrée en crise sanitaire
- 5 Comment assurer le suivi des phénomènes observés ?
- 6 Actions opérationnelles en situation de crise sanitaire
- 7 La communication
- 8 La sortie de crise sanitaire

1 Un guide pour les forêts en crise sanitaire : pour quoi faire ? pour qui ?

À l'heure où plusieurs crises sanitaires et pandémies sont à la une de l'actualité de la santé publique, les forêts sont elles aussi au cœur des préoccupations de leurs gestionnaires, aussi bien en France qu'en Europe. Certains scientifiques se font même écho de phénomènes planétaires de dépérissement des forêts (Allen, 2009). Les changements climatiques à venir pourraient affecter la capacité de la société à bénéficier des ressources forestières.

Une gestion durable et responsable impose de commencer à élaborer des stratégies d'adaptation dès maintenant. On retrouve parmi celles-ci l'évaluation de la vulnérabilité des forêts face aux changements climatiques, la révision des attentes en matière d'utilisation des forêts, l'identification des besoins au niveau de la recherche et de l'éducation, l'élaboration de politiques forestières pour faciliter et anticiper l'adaptation (Spittelhouse, 2005) ainsi que le maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers. L'accélération de l'évolution du climat moyen, les événements

climatiques extrêmes (tempête, chaleur, gel, sécheresse, excès d'eau), les changements anthropiques d'aménagement du territoire, de conduite des peuplements, de pollution, la mondialisation des échanges et l'introduction de nouvelles pestes sont autant de facteurs pouvant contribuer, directement ou indirectement, seuls ou en interaction, à l'explosion de cas de dysfonctionnements brutaux ou durables. Anticiper ces explosions est de la responsabilité collective des forestiers et de la filière bois qui dépend des ressources produites par la forêt.

➤ Qu'est ce qu'une crise sanitaire ?

Suite à la conjonction entre aléas, qu'ils soient climatiques ou biotiques, discrets ou continus, et vulnérabilité d'une ou plusieurs essences, de certaines forêts ou peuplements, les risques de dysfonctionnements sont augmentés. L'avenir des peuplements apparaît parfois incertain, compromis ou capable de récupération après ces perturbations (Dale et al., 2000).

Lorsqu'il y a mortalité avérée et exceptionnelle, c'est-à-dire dépassant la mortalité habituellement observée dans le type de forêt concernée, on parle de crise sanitaire, qui entraîne dans nos forêts gérées d'une part la désorganisation de la gestion et ses coupes réglées, de la filière et du marché du bois, et d'autre part qui provoque une réaction sociale

parfois forte où la communication avec les usagers de la forêt revêt toute son importance. La crise sanitaire peut se définir comme une



© A. Prochasson

menace, réelle ou supposée, pour l'état de la santé d'une population (pour nous population d'arbres) conjuguée à un risque de déstabilisation des gestionnaires, des décideurs et des managers chargés de la valorisation et commercialisation en forêt. Cette notion recouvre, en fait, deux aspects : d'une part, l'urgence et, d'autre part, le caractère inédit du risque sous-jacent. Les crises combinent plus ou moins ces deux critères. Mais, elles se caractérisent toutes par la forte sensibilité potentielle de l'opinion publique et des décideurs publics (Lagadec, 1991), à laquelle il est aussi de la mission du gestionnaire du milieu d'apporter des éléments d'explication,

de quantification, de diagnostic, de justification, de communication tout au long de la crise.

Au-delà de la gestion de l'urgence, la compréhension et le traitement du phénomène de rupture et de crises sanitaires doivent être menés de concert afin de répondre à une double exigence :

- ▶ l'exigence de recherche, qui conduit à se porter éventuellement sur les nouveaux fronts de problèmes, pour défricher les questions en gestation et les voies de réponses à explorer ;
- ▶ l'exigence opérationnelle et stratégique, qui conduit à travailler au plus près du terrain et de tous les partenaires concernés pour contribuer à la construction effective des réponses possibles.

▶ Un guide de gestion opérationnelle

L'objectif de ce «guide de gestion des forêts en crise sanitaire» concerne avant tout le second point de la gestion opérationnelle des situations de crise. Chaque nouvelle crise sanitaire en forêt

apparaît souvent, aux yeux des gestionnaires qui doivent y faire face, comme inédite, sans équivalent par le passé de par l'ampleur, la conjoncture et la nature du phénomène concerné. Pourtant, il existe des aspects génériques dans les conséquences de crises climatiques ou biotiques, en termes de prise de décision, de diagnostic et de désorganisation des pratiques, de déstabilisation des marchés, d'épreuves pour les équipes humaines.

Ce guide se propose donc de mutualiser les acquis des divers acteurs et des gestionnaires des forêts privées et publiques, collectés sous forme de retours d'expériences analysés *a posteriori* de manière critique, de savoir-faire et d'innovation organisés en termes de recommandations opérationnelles. Il s'inscrit notamment dans le cadre de la gestion de crise adopté par l'ONF suite à l'expérience des tempêtes de 1999 (*instruction 03-T-45 du 5 février 2003 fixant organisation de crise et directives opérationnelles*).

L'entrée en crise, présentant un caractère d'urgence, n'est que la partie immédiate et à court terme de l'épisode de crise. C'est celle qui est



souvent la plus médiatisée, à travers l'annonce de plans d'urgence, de mise en place de cellules de crises, d'aides publiques. L'absence de préparation est génératrice de faux pas ou d'amplifications incontrôlables, devant des décideurs débordés, des médias à l'affût, d'interlocuteurs vulnérables et épuisés. L'absence jusqu'à ce jour d'indicateurs objectifs, faisant référence vis-à-vis des décideurs, permettant de labelliser une crise sanitaire en forêt, est un élément retardant la mise en place de mesures spécifiques. De même, la reconnaissance de « fin de crise » n'est jamais abordée, à défaut encore d'indicateurs de suivi des phénomènes en causes.

► Un guide pour quel public ?

Les recommandations qui figurent dans ce guide sont à destination des professionnels de la gestion forestière : propriétaires avertis, gestionnaires de terrain, experts et managers, techniciens chargés d'animation et de développement, services de l'État et de Collectivités. Forêts privées et forêts publiques sont concernées, malgré leur structure foncière très différente : il est en effet fréquent qu'une crise sanitaire touche simultanément ces deux types de propriétés, et que des mesures coordonnées méritent d'être mises en œuvre.

► Un guide pour quelles crises ?

Seules les crises forestières à caractère sanitaire concernant les peuplements forestiers¹ sont abordées dans ce document : l'origine des perturbations peut être biotique² (attaque de parasites ou de pathogènes) ou abiotique³ (sécheresse climati-

1. Les crises sanitaires sur populations animales ne sont pas traitées.

2. Biotique : se dit d'un facteur lié à l'action des êtres vivants (source IDF, 1985).

3. Abiotique : se dit d'un facteur purement physique ou chimique, par opposition aux facteurs biotiques (source IDF, 1985).

Quelques définitions importantes

Crise

Il y a crise lorsqu'une perturbation crée, ou risque de créer des problèmes urgents et complexes qui ne peuvent pas être résolus dans le cadre du fonctionnement normal de la gestion et des moyens auxquels elle a accès. La gestion forestière risque d'être paralysée.

Par définition, la crise marque une rupture dans la gestion normale : la situation n'est pas totalement maîtrisée, et il n'y a pas de solution optimale à disposition.

Ce qui provoque la crise peut être :

- soit l'ampleur, la difficulté ou l'acuité d'un problème,
- soit le fait que la société civile ou des médias se saisissent du problème.

Un événement peut provoquer une crise à un niveau local, régional ou national.

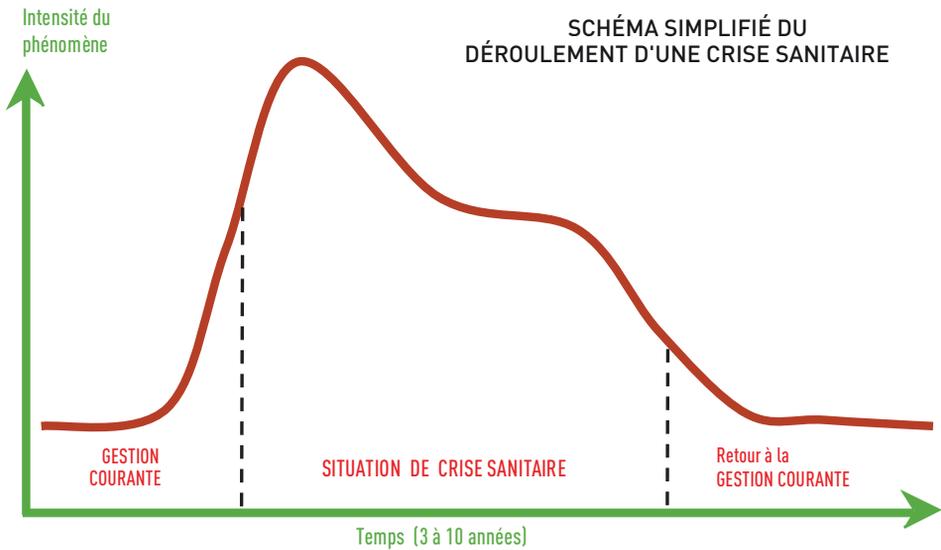
Dépérissement

Phénomène traduisant une altération durable de l'aspect extérieur des arbres (mortalité d'organes pérennes, réduction de la qualité et de la quantité du feuillage) et une réduction de la croissance.

La mort d'un certain nombre de sujets est observée mais l'issue n'est pas obligatoirement fatale même si la situation est préoccupante (Delatour, 1990).

que, excès d'eau, gel, canicule). Les crises sanitaires qui seront abordées répondent le plus souvent aux critères suivants :

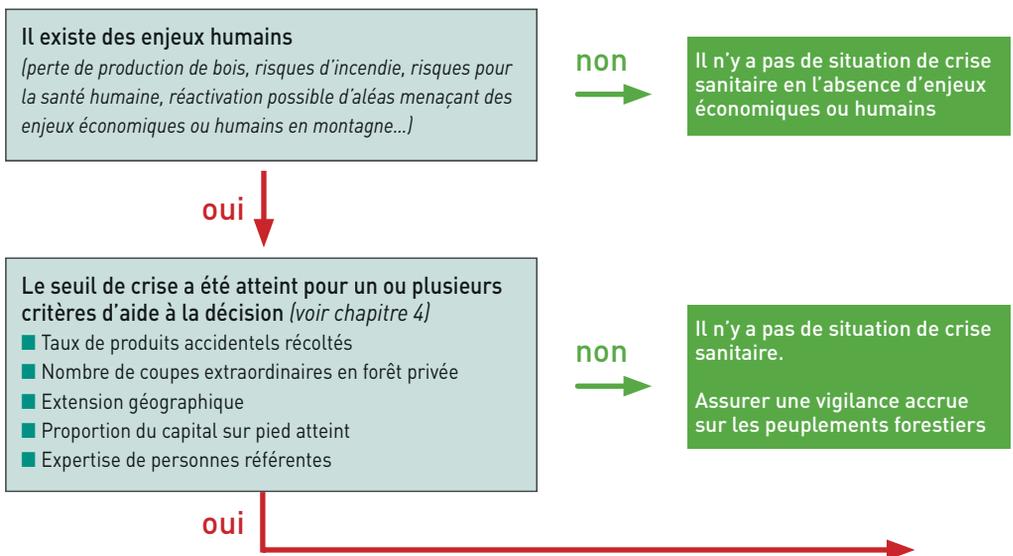
- se dérouler sur une échelle de temps considérée comme longue (plusieurs années, de l'ordre de 3 à 10 ans maximum) ;
- être de nature complexe (dépérissements, épidémies de forte intensité, interférence de facteurs multiples) ;
- évoluer de manière incertaine, du fait de l'évolution difficilement prévisible dans le temps de certains facteurs ;
- menacer des enjeux humains, pouvant toucher le plus souvent à la récolte de bois, la santé humaine ou la protection contre les risques naturels.



En conséquence, le cas des crises correspondant à un évènement brusque (incendie de forêt, chablis suite à tempête, bris de glace, avalanche...) n'est pas traité.

Figure ci-dessous une typologie de crises sanitaires qui fait ressortir :

- ▶ les phénomènes à l'origine de la situation de crise ;
- ▶ les impacts sur les peuplements forestiers ;
- ▶ les mesures à mettre en œuvre.



TYPE DE CRISE SANITAIRE			
DIAGNOSTIC	Agents en cause (biotiques ou abiotiques) <i>Exemples</i>	Type d'actions curatives*	Acteurs principaux
Risques liés à la santé humaine	Chenilles urticantes <i>Chenilles processionnaires</i> Suie de l'Érable	Lutte par méthodes maîtrisées	- Réseau DSF (pôle, corres- pondants observateurs) - Organismes de gestion forestière
MORTALITÉS dues à phénomènes MONO FACTORIELS (ou bi factoriels) BIOTIQUES	Autochtones ou acclimatés <i>Scolytes des résineux</i> <i>Graphiose de l'Orme</i> <i>Puceron lanigère</i>	Lutte par méthodes maîtrisées	- Réseau DSF (pôle, corres- pondants observateurs) - Organismes de gestion forestière
	Émergents <i>Chalara fraxinea</i>	Principe de précaution Mise en œuvre de recherches	- Réseau DSF - Organismes de recherche
	Parasites de quarantaine (liste réglementaire) <i>Nématode du Pin</i> <i>Flétrissement américain du Chêne</i>	Mise en œuvre de mesures réglementaires spécifiques	Ministère de l'agriculture (Sous-direction de la qualité et de la protection des végétaux / DSF)
MORTALITÉS dues à phénomènes MONO FACTORIELS (ou bi factoriels) ABIOTIQUES	Sécheresse, canicule Pollutions Tempêtes, grêle, givre, neige lourde... : crises non traitées dans ce guide	Actions principales : récolte des bois (et ré- duction des émissions de polluants)	Organismes de gestion forestière
MORTALITÉS dues à phénomènes MULTI FACTORIELS à facteur déclenchant principal BIOTIQUE	Insectes défoliateurs <i>Chenilles, pucerons,</i> <i>tenthredes</i> Pathogènes foliaires <i>Oidium, rouge cryptogamique des Pins, bandes rouges des aiguilles, Sphaeropsis sapinea</i>	Lutte contre agents biotiques parfois possible : expertise préalable nécessaire	- Réseau DSF (pôle, corres- pondants-observateurs) - Organismes de gestion forestière - Organismes de recherche (alertés par DSF)
	Parasites <i>Gui</i>	Pas de moyens de lutte autres que récolte	Organismes de gestion forestière
MORTALITÉS dues à phénomènes MULTI FACTORIELS à facteur déclenchant principal ABIOTIQUE	Sécheresse, canicule Aléas climatiques entraînant des crises sanitaires <i>a poste- riori</i> : tempêtes, grêle, givre, neige lourde...	Suivant facteurs impliqués, lutte contre agents biotiques parfois possible : expertise préalable nécessaire. Actions principales de récolte des bois suite à l'aléa climatique	- Réseau DSF (pôle, corres- pondants-observateurs) - Organismes de gestion forestière - Organismes de recherche (alertés par DSF)
	Causes anthropiques <i>pollutions</i> <i>tassement de sol</i>	Mise en œuvre d'actions correctives : - réduction des émissions de polluants - cloisonnements, techni- ques alternatives	Organismes de gestion forestière
PAS DE MORTALITÉ Perte de qualité technologique des bois	Champignons lignivores <i>Fomes annosus</i> Insectes xylophages <i>agents de piqûre, capricornes,</i> <i>buprestes</i>	Pas de moyens de lutte autres que récolte Traitement ou extraction des grumes abattues	Organismes de gestion forestière

* Le détail des actions curatives à mener figure dans le manuel « La santé des forêts » (Nageleisen L.-M. et al., 2010).

Ces actions doivent être mises en œuvre en cohérence avec les autres enjeux préexistants localement (écologiques, paysagers, sociaux...).

► Une crise peut en cacher une autre

Les crises issues d'événements brusques (incendie, tempête, bris de givre, avalanche...) ne sont pas traitées dans ce guide.

Toutefois, des crises sanitaires graves peuvent leur faire suite, quelques mois ou années plus tard :

- cas de pullulation de scolytes au cours des années qui suivent des chablis importants de tempête ;
- cas de mortalités importantes dues au Sphaeropsis sur Pin après bris de grêle ou de givre...

Suite à de tels événements brusques, une vigilance accrue (voir chapitre 2 « Surveillance sanitaire des forêts ») est donc nécessaire : elle permet d'anticiper, le cas échéant, l'arrivée d'une crise sanitaire consécutive.

Inversement, les conséquences des crises sanitaires peuvent générer des risques naturels que la présence du couvert forestier, avant crise sanitaire, atténue ou masque :

- cas du risque d'incendies considérablement augmenté (inflammabilité, combustibilité) par augmentation de bois morts et de rémanents au sol résultant d'une crise sanitaire grave ;
- cas du risque de réactivation de chutes de blocs en montagne, menaçant des enjeux économiques ou humains, risque aggravé par la diminution du nombre de tiges suite à une crise due aux scolytes ;
- cas de reprise d'érosion sur des terrains sensibles dont le couvert forestier a fortement régressé suite à des phénomènes de dépérissement.

2 La surveillance sanitaire des forêts : un préalable indispensable

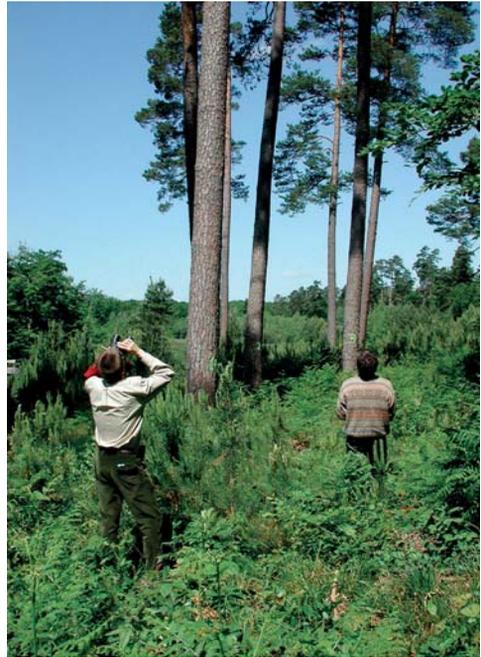
La surveillance sanitaire en forêt repose actuellement sur un dispositif très complet (et unique en Europe), composé :

- ▶ d'un réseau d'hommes (les gestionnaires de terrain, les correspondants-observateurs et les personnels permanents du département santé des forêts DSF) ;
- ▶ de réseaux de sites,
 - permanents : réseau systématique de suivi des dommages forestiers, RENECOFOR (réseau national de suivi des écosystèmes forestiers),
 - non permanents : placettes de l'inventaire forestier national ou placettes semi-permanentes mises en place localement à la suite d'un événement particulier (tempête, dépérissement...)

➤ Les acteurs de la vigilance sanitaire : un réseau d'hommes

Le propriétaire forestier, le gestionnaire, l'ouvrier ou l'exploitant qui travaillent au contact permanent de la forêt sont bien placés pour détecter un événement anormal (tache de mortalité, coloration du feuillage anormale...).

Le gestionnaire peut suivre à son niveau des indicateurs comme la récolte de produits accidentels (voir chapitre 4 « Indicateurs d'aide à la décision »). Une augmentation anormale à l'échelle d'une propriété peut alerter et induire une enquête de terrain pour un diagnostic plus précis.



© DSF / L.M. Nagelstein

Cependant, des dégradations progressives et lentes de la santé des arbres peuvent passer totalement inaperçues à ces hommes de terrain tant qu'une identification précise de ce qu'il faut observer n'a pas été réalisée.

Le réseau de correspondants-observateurs (CO) du DSF permet de détecter des changements parfois subtils ou des anomalies : il est donc un maillon fondamental dans la surveillance de la santé des forêts, grâce à sa répartition (plus de 200 correspondants) et à la compétence acquise par une formation continue constante. Le rôle

premier des correspondants-observateurs est d'être à l'écoute des « hommes de terrain », leur « caisse de résonance », mais également par leur présence fréquente en forêt, ils réalisent eux-même des observations assurant une détection la plus précoce possible des situations à problèmes. Ces observations remontent au « pôle » interrégional de la santé des forêts (DSF) qui les agrègent. Ce dernier réalise l'analyse et la synthèse de ces

observations et peut alors avec pertinence apprécier la gravité (ou non-gravité) de la situation.

➤ Les réseaux de sites de surveillance implantés en forêt

Les réseaux de sites, notamment les permanents, fournissent des observations standardisées à pas

LES RÉSEAUX NATIONAUX DE LA SANTÉ DES FORÊTS

RÉSEAUX D'HOMMES				
Réseau national	Effectif	Couverture	Période	Type d'observations
Correspondants-observateurs DSF (CO)	- 205 CO - Plus de 10 000 observations annuelles enregistrées dans une base de données	- Couverture nationale - Environ 1 CO pour 60 000 ha ; densité variable en fonction des occurrences de dommages	Toute l'année	Tous dommages et causes de dommages repérés au cours de leurs activités ou signalés par les divers acteurs forestiers (propriétaires, gestionnaires, exploitants...)
Pôles interrégionaux de la santé des forêts	- 5 pôles interrégionaux DSF totalisant 18 permanents, animateurs du réseau des CO			En appui aux CO pour les cas complexes
RÉSEAUX DE SITES DE SURVEILLANCE EN FORÊT				
Réseau national	Effectif annuel (approximatif)	Densité d'observation	Période d'observation	Observations réalisées
Réseau systématique de suivi des dommages forestiers (ex. réseau européen)	- 550 placettes permanentes (510 effectives en 2009) - 10 200 arbres - 20 arbres dominants observés par placette	- 1 placette pour 25 000 ha - réseau à maille carrée de 16 km x 16 km	1 observation par an (juillet-août)	- Mortalité de branches - Coloration anormale - Déficit foliaire - Dommages et causes de dommages
Réseau de suivi des écosystèmes forestiers (RENECOFOR)	- 102 placettes permanentes - 5 300 arbres (52 arbres par placette)	Réseau non systématique (en forêt publique uniquement)	2 observations par an (printemps et juillet-août)	- Mortalité de branches - Coloration anormale - Déficit foliaire - Dommages et causes de dommages
Inventaire forestier national	- 7 000 placettes (non permanentes) - plus de 100 000 arbres	- 1 placette pour 2 000 ha - réseau à maille de 1 km	1 observation par an Toute l'année	- Mortalité de tiges et de branches - Blessures au tronc - Gélivure - Gui ; dorge du Sapin - Pourritures de cœur



© DSF / François-Xavier Saintonge

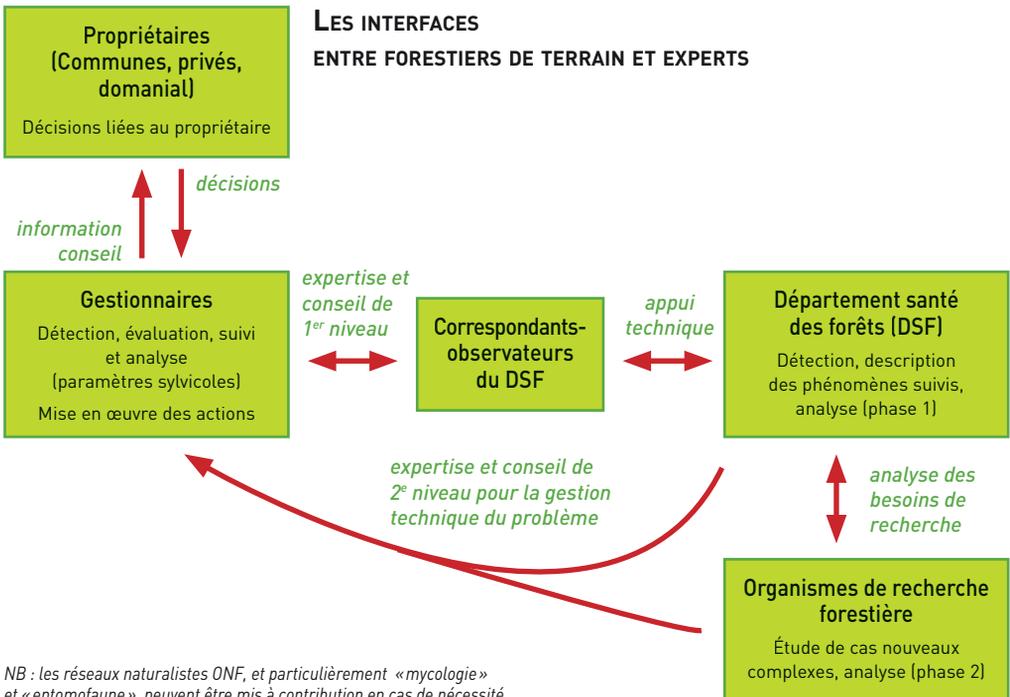
de temps en général annuel, quel que soit l'état de santé du peuplement. Les sites en bonne santé peuvent alors servir de témoin « sain » alors que dans le cas précédent des observations des correspondants-observateurs aucun témoin « sain » n'est généralement disponible.

Les réseaux de sites sont pertinents à l'échelle régionale ou nationale : leur densité d'échantillonnage ne permet pas de détecter des événements locaux.

➤ Une stratégie nationale de surveillance

Après 20 ans de fonctionnement, le département santé des forêts (DSF) a mis en place en 2007 une nouvelle stratégie de recueil de l'information orientée en 3 axes :

- ▶ des suivis spécifiques sont définis pour les principales causes connues de dommages forestiers :



NB : les réseaux naturalistes ONF, et particulièrement « mycologie » et « entomofaune », peuvent être mis à contribution en cas de nécessité.



Correspondant-observateur recherchant des scolytes sur Chêne.

Exemples : suivis pendant 2 ans de la colonisation des chablis par les scolytes après tempêtes de 1999 sur plus de 900 placettes, enquête sur les atteintes aux peuplements consécutives à la canicule de 2003...

➤ Le correspondant-observateur : l'interlocuteur du gestionnaire

Le correspondant-observateur est le maillon indispensable à l'interface entre forestier de terrain et expert (DSF ou chercheurs).

En cas de problèmes nouveaux qu'il ne maîtrise pas, le CO fait appel aux experts du DSF : dans les cas les plus complexes, ces derniers font

processionnaire du Pin, chenilles défoliatrices du Chêne, scolytes des résineux (particulièrement typographe de l'Épicéa), pathogènes foliaires du Peuplier (rouilles, brunissure des feuilles), puceron lanigère du Peuplier, problèmes dans les jeunes plantations, dépérissements... ;

- ▶ une surveillance du territoire vis-à-vis des organismes potentiellement envahissants est mise en place à l'aide de prospections ciblées, en particulier pour certains parasites de quarantaine comme le nématode du Pin ou le flétrissement américain du Chêne ;

- ▶ une veille sanitaire est assurée sur les autres causes de dommages à l'aide d'une fiche de signalement simplifiée.

Cette stratégie permet d'optimiser le temps de travail des correspondants-observateurs en se concentrant sur les problèmes importants tout en gardant une vigilance sur les nouveaux ravageurs qui pourraient se présenter.

Des dispositifs particuliers peuvent toutefois être mis en place à l'échelle nationale ou régionale en cas de perturbations majeures (tempête, sécheresse...).

appel à la recherche (Inra essentiellement) pour étudier les nouveaux cas et apporter des réponses scientifiques.

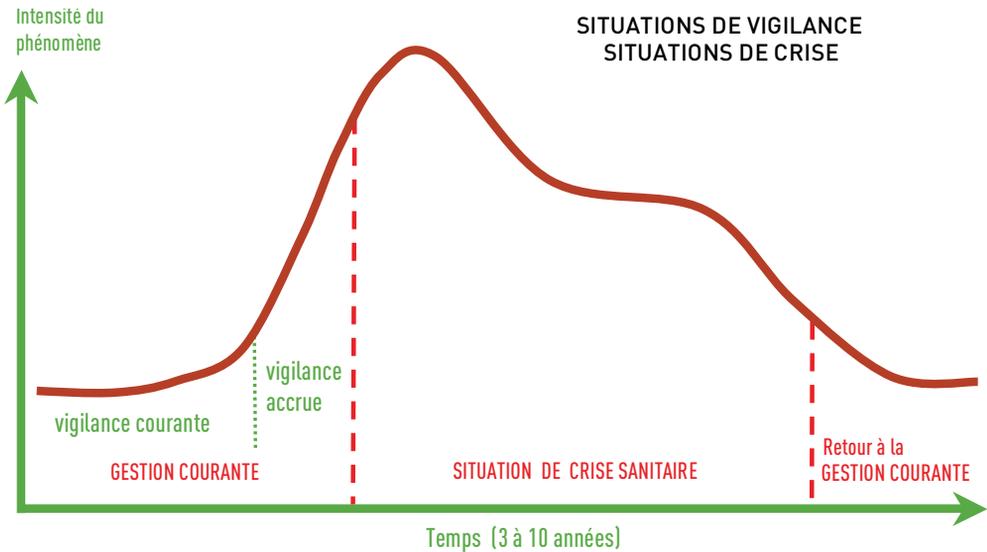
➤ Vigilancia courante et vigilance accrue

Le plus souvent, les perturbations amenées par un phénomène sanitaire se mettent en place de manière progressive.

Il est alors possible de distinguer 3 situations (*voir tableau p. 15*).

Ce guide aborde principalement la situation de crise sanitaire.

			TYPE DE GESTION	ACTIONS PRINCIPALES
GESTION COURANTE	Pas de perturbation sanitaire marquante	SITUATION DE VIGILANCE COURANTE	La gestion forestière courante s'applique	Actions programmées par les documents de gestion durable
	Phénomène émergent → premières perturbations	SITUATION DE VIGILANCE ACCRUE	La gestion forestière courante est adaptée à la situation	<ul style="list-style-type: none"> – Idem ci-dessus – Mise en place d'un suivi d'indicateurs pertinents liés au phénomène émergent (ex. : suivi des volumes sanitaires récoltés)
GESTION DE CRISE	Phénomène installé → impacts importants	SITUATION DE CRISE SANITAIRE	Une gestion de crise est nécessaire	<ul style="list-style-type: none"> – Mise en place d'une cellule de crise (voir chapitre 3 «<i>Quels partenariats établir ?</i>») – Mise en œuvre d'actions adaptées à la crise : voir chapitre 6 «<i>Actions opérationnelles</i>».



3 Quels partenariats établir ?

➤ Les acteurs dans la tourmente

Les acteurs concernés par la gestion d'une crise avérée ou potentielle (situation de vigilance accrue) sont principalement :

- ▶ les acteurs en charge de la gestion opérationnelle des forêts :
 - propriétaires forestiers publics et privés,
 - organismes de gestion forestière (ONF, experts privés, coopératives),
 - entreprises chargées de l'exploitation ;
- ▶ l'État qui peut :
 - assurer, ou déléguer, la coordination des acteurs au sein d'une cellule de crise multipartenaires ;
 - mettre en place des dispositifs réglementaires

de lutte obligatoire (arrêtés préfectoraux), parfois nécessaires en cas d'intervention rapide chez de nombreux propriétaires difficiles à mobiliser ;

- ▶ les partenaires apportant de l'expertise de haut niveau (pôles interrégionaux de la santé des forêts) et ceux menant des actions de recherche forestière (Inra, Cemagref, universités) ou de développement (CRPF, IDF) ;
- ▶ les partenaires institutionnels pouvant apporter des financements (Collectivités locales : régions, départements) ;
- ▶ les filières amont (pépinières) et aval (filrière bois).

➤ Qui décide d'une entrée en crise sanitaire ?

Pour des événements qui ne touchent qu'un seul organisme, cette décision est du seul ressort de son directeur, de manière indépendante.

Pour des événements concernant plusieurs acteurs, ce sera par consensus de leurs dirigeants qu'une situation de crise pourra être décidée.

Il sera nécessaire de solliciter chaque fois que possible le préfet de région pour initier l'entrée en crise et assurer (ou déléguer) la coordination des acteurs impliqués, notamment dans le cas des crises entraînant des mesures réglemen-

taires spécifiques (cas des parasites de quarantaine).

Pour l'ONF¹, seuls les directeurs d'agence, directeurs territoriaux et directeur général sont habilités à en décider. Une cellule de crise interne à l'ONF est toujours créée, même dans les cas de crises multi-partenaires.

Cette entrée en crise s'appuie sur des critères d'aide à la décision (voir chapitre 4).

1. Instruction 03-T-45 du 5 février 2003.

► La cellule de crise : une coordination nécessaire

En situation de crise avérée (voir chapitre 4 « Indicateurs d'aide à la décision »), le fonctionnement normal de l'activité est perturbé. Il est donc légitime d'adapter l'organisation aux nouvelles conditions. Il est indispensable de mettre en place une cellule de crise composée :

- du responsable de la cellule de crise ;
- d'un manager ayant pouvoir de décision ;
- de responsables opérationnels mandatés par les organismes concernés ;
- de personnes spécialisées (phytosanitaire, mobilisation des bois, SIG...) ;
- d'un porte-parole chargé de diffuser les informations jugées utiles et d'assurer l'ensemble de la communication.

Les crises sanitaires impactent plusieurs domaines d'activité (gestion durable, commercialisation des bois, travaux, recherche et développement, ressources humaines...). Elles peuvent aussi concerner plusieurs organismes.

Le rôle de la cellule de crise est donc de :

- centraliser les informations ;

- identifier les enjeux principaux et définir la stratégie d'intervention ;
- assurer l'ensemble de la communication (voir chapitre 7) ;
- préciser le rôle de chaque participant ;
- mobiliser et coordonner les moyens (humains, matériels, financiers) ;
- déterminer les méthodes de suivi des phénomènes (voir chapitre 5 « Suivi des phénomènes observés »).

Un journal de crise, tenu par le responsable de cellule, est nécessaire pour enregistrer événements et décisions prises.

Ne s'agissant pas de crises en « urgence immédiate » (comme le sont des crises « tempêtes » ou « incendie »), il n'y a généralement pas lieu de prévoir de dispositif lourd d'échange d'informations à pas de temps rapproché. Un transfert d'informations pertinentes doit néanmoins être assuré transversalement (entre organismes) et verticalement (hiérarchiquement au sein de chaque organisme).



➤ Associer la filière bois

Très fréquemment, les acteurs de la filière bois sont concernés par les situations de crise car certains parasites se propagent dans les forêts en suivant les chaînes d'approvisionnement des industriels. Circonscrire géographiquement l'attaque demande de sensibiliser tôt la filière d'approvisionnement afin d'éviter la circulation des lots de bois infectés.

Ce point est important car les décisions de lutte doivent être prises rapidement pour :

- ▶ limiter l'extension géographique des attaques de parasites et agents pathogènes ;
- ▶ éviter de perturber les cadences d'approvisionnement des industriels.

Moins les consignes sont perçues comme des contraintes par les partenaires, mieux elles seront appliquées et finalement efficaces. De la compréhension par tous du bien-fondé des moyens de lutte dépend la rapidité de maîtrise de la crise.

Par exemple, dans le cas de la lutte contre les scolytes en Franche-Comté (*voir fiche de cas 5*), une charte de bonne conduite a été proposée afin de coordonner tous les acteurs et de définir les rôles de chacun. Cette étape a permis d'associer efficacement la filière bois à cette lutte.

Les points clés de la réussite du partenariat

- Écouter et reconnaître les alertes des acteurs de terrain et experts dans des délais très courts.
- Décloisonner forêt publique et forêt privée, au sein d'une cellule de crise les impliquant.
- Impliquer dès le début les acteurs économiques de toute la filière, depuis les exploitants forestiers jusqu'aux utilisateurs des bois.
- Envisager des arrêtés préfectoraux de lutte obligatoire pour les cas le nécessitant (en cas d'absence des propriétaires forestiers, pour permettre de se substituer à eux) ; ces arrêtés ne sont pas des outils indispensables pour entreprendre des actions efficaces si les acteurs économiques sont fortement mobilisés et peu nombreux.
- Mettre en place un réseau de détection en forêt privée.
- Partager le territoire entre les gestionnaires identifiés ou potentiels (coopératives, experts forestiers, techniciens indépendants, Office national des forêts...).
- Inciter les exploitants à adhérer à une « charte de bonne conduite » donnant la priorité en matière d'exploitation à la lutte contre le(s) parasite(s) ou la récolte des bois déperissants.
- Développer les échanges avec les forestiers de régions voisines en vue de croiser les expériences en matière de lutte.

4 Critères d'aide à la décision d'entrée en crise sanitaire

➤ Pourquoi des critères ?

Lorsqu'une perturbation est susceptible d'impacter la gestion forestière, il est important de déterminer si des adaptations de gestion sont à engager :

- ▶ dans le cadre de la gestion courante (cas d'impacts faibles ou modérés) ;
- ▶ dans le cadre de la mise en place d'une gestion de crise (cas d'impacts importants, induisant une rupture dans la gestion normale) ; dans ce cas, des actions spécifiques seront à mener pour résoudre ou atténuer les effets de la crise sanitaire.

Il est nécessaire que la situation de crise soit reconnue par tous les acteurs, de manière objective.

➤ À quelle échelle apprécier une crise sanitaire ?

Les critères proposés ci-dessous ont vocation à être analysés :

- ▶ à l'échelle du territoire affecté par le phénomène influant sur l'état sanitaire (forêt, région naturelle...) ;
- ▶ pour les seules essences atteintes (les essences non concernées ne doivent pas faire partie du diagnostic : cas des feuillus lors d'une crise due à des scolytes de résineux).

➤ Quels critères d'entrée en crise sanitaire ?

Les situations de crise sont nombreuses et peuvent prendre de multiples formes. Pour déterminer si une crise sanitaire doit être déclarée, plusieurs critères peuvent être invoqués, à adapter à chaque cas précis.

L'existence de bases de données géo-référencées à jour (peuplements forestiers, stations forestières, desserte...) facilite le diagnostic et permet de mieux apprécier les risques potentiels encourus par les peuplements forestiers.



Pins maritimes défoliés par les chenilles processionnaires.

© DSF / L. M. Nagelisen

■ Atteintes à la santé humaine

Certains parasites ou pathogènes peuvent conduire à des atteintes graves pour la santé humaine, aussi bien pour les gestionnaires et entrepreneurs forestiers que pour le grand public (ex. : chenilles urticantes, spores de la suie de l'Érable).

La multiplication ou le développement potentiellement important de tels événements peuvent concourir à déclarer une situation de crise, en concertation avec les services de l'État chargés de la santé publique.

■ Expertise de personnes référentes

Pour des phénomènes très bien connus (notamment dans le cas de maladies à propagation très rapide), il est possible de consolider la décision d'entrée en crise par l'expertise de spécialistes reconnus, sans qu'il soit besoin d'attendre l'apparition de dégâts massifs.

Le Département santé des forêts, des laboratoires scientifiques, l'Inventaire forestier national peuvent contribuer à ces expertises pour en garantir la fia-

bilité. Elles sont nécessaires dans le cas de phénomènes durables entraînant des pertes de croissance sans mortalité (attaques de défoliateurs, rouille sur Peuplier).

■ Taux de produits accidentels¹ récoltés

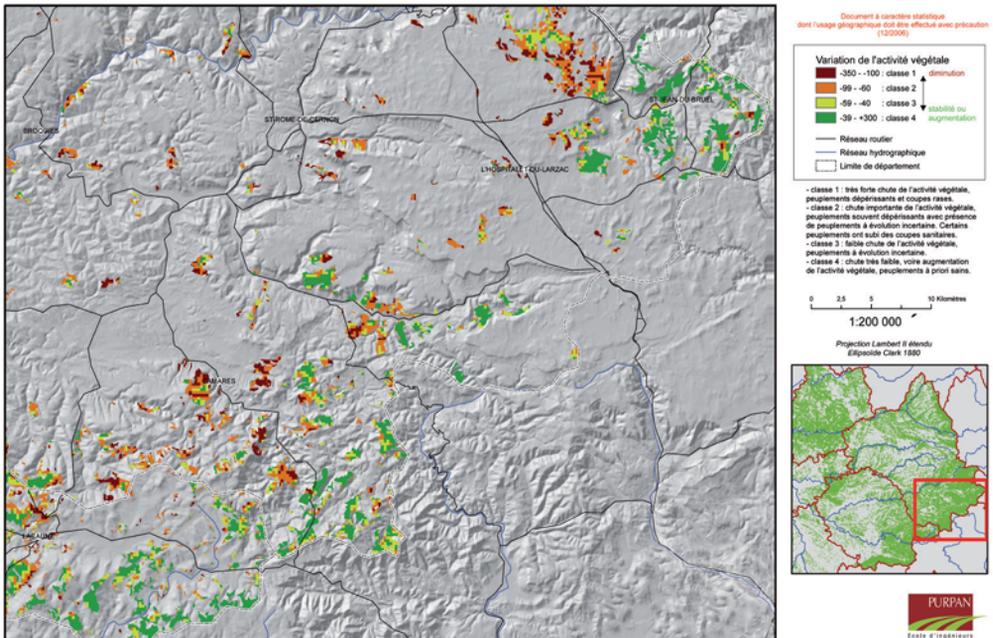
Les volumes de bois récoltés pour des raisons sanitaires sont cumulés sur la ou les années concernées par la perturbation. Ils sont comparés à la récolte annuelle prévue par les aménagements, hors perturbation.

Indicateur fondamental, devant être mobilisé chaque fois que possible (tableau p. 21).

■ Nombre de coupes extraordinaires en forêt privée soumise à plan simple de gestion

En cas de fortes perturbations, les propriétaires privés peuvent être contraints de réaliser des coupes non prévues à leur PSG. L'afflux de demandes de coupes extraordinaires auprès du Centre régio-

1. Produits accidentels : bois récoltés suite à un événement ayant affecté leur santé ou leur qualité technologique.



Cartographie des peuplements atteints par la crise « typographe de l'Épicéa » dans le Tarn et l'Aveyron. (École de Purpan, CRPF Midi-Pyrénées et col., 2007).

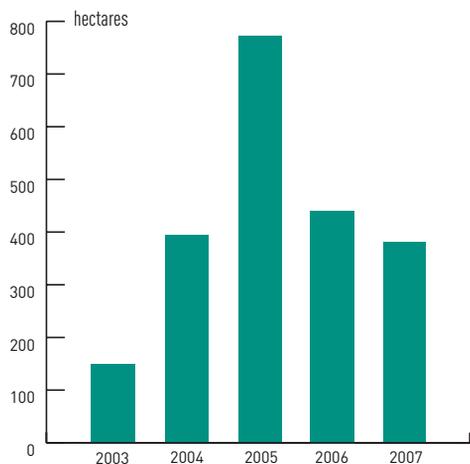
		SITUATION DE CRISE ?
PLAINE MONTAGNE	Volume cumulé produits accidentels < 10% récolte normale Volume cumulé produits accidentels < 25% récolte normale	NON Situation de vigilance courante
PLAINE MONTAGNE	10% récolte normale < Volume cumulé PA* < 20% récolte normale 25% récolte normale < Volume cumulé PA* < 50% récolte normale	NON Situation de vigilance accrue (gestion courante)
PLAINE MONTAGNE	Volume cumulé produits accidentels > 20% récolte normale Volume cumulé produits accidentels > 50% récolte normale	OUI

* PA : produits accidentels

nal de la propriété forestière constitue un indicateur de présence de crise sanitaire. Cet indicateur doit être complété par la connaissance de l'extension géographique du phénomène.

■ Extension géographique

La connaissance de l'ampleur du territoire affecté par le phénomène contribue fortement à la prise de décision d'entrée en crise. En effet, l'implication des acteurs, l'organisation à adopter et les mesures à mettre en place sont largement tributaires de cette extension géographique. À ce stade très précoce, le contour de la zone touchée doit être rapidement connu pour apprécier



Surfaces passées en coupes extraordinaires dans le Tarn (Source : CRPF toutes forêts, 2003-2006).

l'échelle de la crise potentielle : c'est par enquête auprès des acteurs de terrain que les surfaces concernées peuvent être déterminées de manière réactive (réseaux de surveillance, enquêtes au sol, observations le long des routes).

Les méthodes utilisant la télédétection, généralement plus lourdes à mettre en œuvre, ne seront souvent utiles que dans un deuxième temps (voir annexe 2 « La télédétection : outils et perspectives »).

■ Proportion du capital sur pied atteint

Par le biais d'un inventaire mené sur un territoire, il est possible de diagnostiquer la proportion de capital sur pied touché par un phénomène : cette



Vidange de bois scolytés

© P. Léchêne

	SITUATION DE CRISE ?
Surface terrière* cumulée atteinte / Surface terrière* totale < 10% (moins de 10% du capital sur pied sont atteints)	NON Situation de vigilance courante
10% < Surface terrière* cumulée atteinte / Surface terrière* totale < 20% (10 à 20% du capital sur pied sont atteints)	NON Situation de vigilance accrue (gestion courante)
Surface terrière* cumulée atteinte / Surface terrière* totale > 20% (plus de 20% du capital sur pied sont atteints)	OUI

* ou volume sur pied

proportion peut s'estimer sur la base d'un réseau de placettes temporaires, sur lesquelles le rapport «surface terrière cumulée des arbres atteints / surface terrière totale» peut être estimé.

La période sur laquelle le cumul de surface terrière atteinte est effectué doit être de l'ordre de 2 à 3 années (voir tableau ci-dessus).

■ Analyse de facteurs de vulnérabilité des peuplements forestiers

En fonction des conditions stationnelles locales et de leurs caractéristiques dendrométriques (âge, densité, composition...), les peuplements forestiers peuvent être vulnérables : perte de croissance, dépérissement ou mortalité peuvent survenir. La connaissance de ces facteurs de vulnérabilité est progressivement enrichie par les connaissances issues de la recherche forestière. L'expertise de personnes référentes pourra s'appuyer sur ces nouveaux acquis.

L'origine des peuplements forestiers peut également être déterminante :

- ▶ naturelle ou plantation ;
- ▶ et en cas de plantation, origine géographique des matériels forestiers de reproduction utilisés (graines ou plants).

Un archivage sur le long terme des origines des graines et plants installés en forêt permet de mieux expliquer certains phénomènes de dépérissement.

■ Analyse des impacts possibles sur la filière bois

Certains événements sont susceptibles d'entraîner des perturbations importantes en matière d'approvisionnement des unités industrielles de transformation de bois, le plus souvent par mise en marché de volumes très importants.

La prévision d'un dépassement notoire de la capacité d'absorption des bois par ces unités est un critère d'aide à la décision d'entrée en crise.

5 Comment assurer le suivi des phénomènes observés ?

➤ À l'échelle régionale, assurer le suivi des critères d'entrée en crise

Il est généralement précieux de suivre dans le temps les critères ayant permis de déclarer l'entrée en crise (voir chapitre précédent 4 « Critères d'aide à la décision »).

Par exemple :

- ▶ suivi du taux de produits accidentels récoltés ;
 - ▶ suivi de la surface passée en coupes extraordinaires de produits accidentels ;
 - ▶ dans certains cas, suivi de l'extension géographique, par utilisation de la télédétection (voir annexe 2 « La télédétection : outils et perspectives »)...
- Ces suivis sont le plus souvent à mener à une large échelle : ils donnent des informations objectives et quantitatives fondamentales pour orienter les décisions de la cellule de crise.

➤ À l'échelle locale, un suivi possible des dépérissements¹

Confronté à un dépérissement dans une parcelle, le forestier doit tout d'abord évaluer l'ampleur de l'événement de façon à prendre les décisions

¹ Rappel de définition : phénomène traduisant une altération durable de l'aspect extérieur des arbres (mortalité d'organes pérennes, réduction de la qualité et la quantité du feuillage) et une réduction de la croissance. La mort d'un certain nombre de sujets est observée mais l'issue n'est pas obligatoirement fatale même si la situation est préoccupante (Delatour, 1990).

de gestion adéquates. Dans un deuxième temps, il doit s'intéresser à la dynamique temporelle du phénomène pour soupeser les risques d'aggravation de la situation.

Pour de telles évaluations, il utilisera essentiellement les symptômes caractéristiques d'un dépérissement. Cette évaluation à partir de symptômes a l'avantage d'être réalisable même en l'absence de compréhension des facteurs en cause dans le processus de dépérissement, compréhension qui nécessite en général des investigations poussées souvent hors de portée du gestionnaire.

Figurent dans ce chapitre les éléments synthétiques des protocoles de suivis proposés ; l'annexe 1 en donne tous les détails opérationnels.



OBJECTIF	MÉTHODE PROPOSÉE	OBSERVATIONS
Évaluation à un instant t de l'état d'une parcelle	Échantillonnage statistique de type diagnostic sylvicole : voir chapitre 6 « Actions opérationnelles »	Il s'agit d'une méthode de diagnostic ponctuel, et non pas de suivi. → à réserver aux diagnostics avant intervention (martelage, travaux)
Évaluation à un instant t de l'état des peuplements d'un massif forestier (ou petite région naturelle)	Échantillonnage statistique sans repérage pérenne des arbres. Voir protocoles en annexe 1	Il s'agit d'une méthode pour apprécier un état des lieux, et non pas d'une méthode de suivi.
Évaluation de la dynamique du phénomène par un suivi pluriannuel d'arbres individuels	Échantillonnage statistique avec repérage pérenne des arbres, la plupart du temps par numérotation à la peinture sur le tronc. Voir protocoles en annexe 1	Méthode de suivi coûteuse ¹ , à mener sur de longues durées (3 à 10 ans) → utilisation à limiter aux dépérissements à forts enjeux.

1. Coût approximatif : 60 à 100 € / placette de 20 arbres

■ Les différentes méthodes d'échantillonnage statistique

Suivant l'objectif poursuivi localement, un dispositif d'observation et de notation peut être mis en place (tableau ci-dessus).

■ Des protocoles standardisés

La notation des phénomènes de dépérissements forestiers est une opération complexe : elle doit

être réalisée à l'aide de protocoles aujourd'hui standardisés soit au niveau national soit au niveau européen.

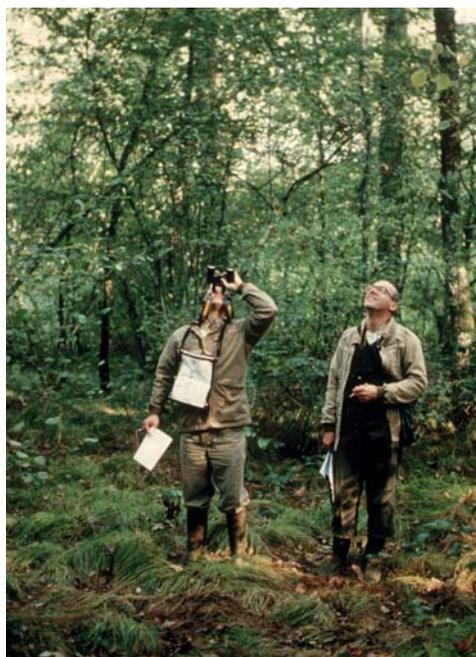
Trois indicateurs de l'état sanitaire et du suivi d'un dépérissement, largement utilisés depuis plus de 20 ans, sont proposés. Ils sont rapidement transférables à des observateurs forestiers, après une formation dispensée par des personnes expérimentées (correspondants-observateurs du DSF par exemple). Il s'agit de :

- ▶ la mortalité de branches dans la partie supérieure du houppier ;
- ▶ l'évaluation de l'aspect des houppiers (protocole DEPEFEU pour les essences feuillues) ;
- ▶ le déficit foliaire par rapport à un arbre de référence.

Les indications qui suivent sont extraites des protocoles du Département de la Santé des Forêts auxquels il convient de se reporter pour plus d'informations (voir annexe 1).

■ Principes généraux

L'évaluation est toujours effectuée à l'échelle de l'arbre, soit à l'avancée par exemple au cours d'opérations de martelage en vue de la récolte des arbres les plus dépérissants, soit au niveau de groupes d'arbres constituant une placette lors d'inventaires statistiques ou de suivis pluriannuels.



Type de placettes

Parmi les différents types de placettes possibles, des placettes spirales à partir d'un centre défini sont couramment utilisées. Le nombre de tiges échantillons par placette est fonction des objectifs, de la nature du peuplement, de la disponibilité en temps... Il est souvent compris entre 20 et 50. À noter que le nombre d'arbres par placette pour une essence donnée doit toujours être supérieur à 10.

Sélection des arbres échantillons

Afin de limiter les interférences entre problèmes phytosanitaires et symptômes liés à la concurrence ou au manque de lumière, ne sont pris en compte comme arbres échantillons que des arbres dominants ou co-dominants.

Conditions d'observation

Les arbres échantillons doivent être observés depuis plusieurs points d'observation (au minimum deux), en vision latérale, si possible depuis une distance équivalente à la hauteur totale de l'arbre.

On appelle houppier notable la zone du houppier sur laquelle est effectuée la notation. Il s'agit de la partie supérieure du houppier, « à la lumière », excluant les zones inférieures ou latérales soumises à des phénomènes de concurrence.

Principe et méthode de notation

d'un critère sur un arbre échantillon

On décrit l'aspect du houppier en attribuant aux critères retenus une note qualitative de 0 à 4 (*tableau ci-dessous*) qui peut correspondre à

une intensité (ex : transparence), un nombre (ex : fenêtre), une fréquence (ex : rameaux morts). Les limites de classes en pourcentage ne sont qu'indicatives et sont surtout utiles pour l'appréciation du déficit foliaire.

Assurance-qualité

Pour un(des) notateur(s) non expérimenté(s), une formation est nécessaire au préalable sur le terrain avec une personne ayant déjà pratiqué le protocole choisi. De plus, dans le cas d'un dispositif faisant intervenir plusieurs équipes de notateurs, avant toute campagne de notation il est strictement nécessaire de s'intercalibrer sur un échantillon d'arbres notés simultanément mais indépendamment par équipe. La confrontation des notes et le retour sur les arbres pour lesquels une divergence de note est constatée permettent d'harmoniser les façons de noter de chaque équipe.

■ La mortalité de branches

La mortalité de branches dans la partie supérieure du houppier est un critère simple qui s'applique à toutes les essences, de façon relativement aisée, en toutes saisons.

Il s'agit de quantifier globalement la mortalité de branches et de rameaux dans le houppier notable.

La mortalité de branches sera notée en % de « nombre branches mortes/nombre total de branches vivantes et mortes ».

NOTE	INTENSITÉ	FRÉQUENCE	NOMBRE	% INDICATIF
0	Absence ou trace	Nulle à très faible	0 à quelques rares	0 à 5
1	Légère	Faible	Quelques à peu nombreux	6 à 25
2	Assez forte	Modérée	Assez nombreux	26 à 50
3	Forte	Importante	Nombreux	51 à 75
3+	Très forte	Très importante	Très nombreux	76 à 95
4	Total	Toute la partie notée concernée	Total	96 à 100
M	Arbre totalement mort c'est-à-dire dont le cambium est mort à hauteur de poitrine			
NO	Arbre non observé . préciser la raison en remarques			

■ Évaluation de l'aspect du houppier des essences feuillues (protocole DEPEFEU)

L'évaluation de l'aspect des houppiers fait l'objet d'un protocole spécifiquement adapté au dépérissement, mis au point par le DSF pour les feuillues, (acronyme DEPEFEU pour DEPÉrissement d'essences FEUillues). Ce protocole ne s'applique que sur des essences feuillues à un stade adulte mais peut être mis en œuvre tant en hiver qu'en été.

Neuf critères élémentaires d'aspect des houppiers sont observés, correspondant à :

- une certaine transparence du houppier ;
- des mortalités d'organes pérennes ;
- une répartition plus ou moins homogène de la masse foliaire.

L'évaluation de l'aspect du houppier consiste alors à noter chacun de ces 9 critères élémentaires et de leur attribuer une note qualitative de 0 à 4 (*voir plus haut*). Un indice de dépérissement est calculé *a posteriori* à partir de ces 9 notes.

■ Le déficit foliaire par rapport à un arbre de référence

Le déficit foliaire par rapport à un arbre de référence est le critère de base utilisé par les divers réseaux de placettes qui se sont mis en place à l'échelle européenne depuis la crise du début des années 1980. À des fins de comparaison, la notation est réalisée sur toutes les essences tant résineuses que feuillues,

mais exclusivement au milieu de la saison de végétation, soit sur une période estivale courte.

Le déficit foliaire correspond à un manque de surface foliaire par rapport au houppier d'un arbre de même essence, au même stade de développement et placé dans les mêmes conditions de concurrence, dit arbre de référence. Il est noté en %.

Le déficit foliaire se traduit par :

- ▶ une absence de feuilles ou d'aiguilles due :
 - à leur chute ;
 - à la chute de rameaux (phénomène de décurtation¹, dessèchement par le vent, insectes ...);
 - à une réduction de croissance entraînant une réduction de la ramification ;
 - au dessèchement ou à un bris récent de branches ou de rameaux.
- ▶ une réduction de la surface foliaire individuelle, due au phénomène de microphyllie² ou à l'impact d'insectes phyllophages³ ou de maladies foliaires.

➤ Synthèse des protocoles recommandés

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques principales des protocoles détaillés en annexe 1.

1. Chute de rameaux verts au cours de la saison de végétation due à des mécanismes physiologiques.

2. Taille de feuilles anormalement petites

3. Insectes qui consomment les feuilles

MÉTHODES	TYPE DE CRITÈRE	ESSENCES	PÉRIODE DE NOTATION	RESTRICTIONS LIMITES	DOMAINE PRÉFÉRENTIEL D'UTILISATION
MORTALITÉ DE BRANCHES	Critère unique	Toutes	Toutes saisons	Disparition des branches mortes avec le vent	Cas où la période de notation ne peut être limitée à l'été ou l'hiver
DEPEFEU	9 critères élémentaires pour calculer un indice	Feuillues au stade adulte	Été hiver	Uniquement les essences feuillues	Peuplements adultes de Chênes pédonculé et sessile ou Hêtre
DÉFICIT FOLIAIRE	Note synthétique par rapport à une référence	Toutes	Été (juillet préférentiellement) Possible hors saison de végétation pour les résineux	Définition de la référence pour noter	Méthode bien adaptée aux résineux

6 Actions opérationnelles en situation de crise sanitaire

➤ Cellule de crise

Rappel :

Il est indispensable de mettre en place une cellule de crise impliquant l'ensemble des acteurs concernés, sous la coordination du préfet de région ou de son délégué.

(Voir chapitre 3 « Partenariats »).

➤ Aménagements et plans de gestion

Les crises sanitaires génèrent le plus souvent des dégradations aux peuplements forestiers : capital sur pied, composition en essences, structure et couvert des peuplements peuvent être fortement affectés. Cet état de fait peut alors remettre en cause les objectifs d'aménagement, sur des échelles liées à l'extension du phénomène (partie de forêt, massif forestier, région forestière voire au-delà).



■ En début de crise : modifier le document de gestion (procédure légère)

Lorsque les objectifs d'aménagement sont remis en cause et pour permettre de gérer la crise sanitaire dans un

cadre juridique garantissant la gestion durable de la forêt, il est nécessaire de réaliser en début de crise une modification d'aménagement (forêts publiques) ou un avenant au PSG (forêts privées) permettant de donner plus de souplesse au gestionnaire, confronté à des événements peu prévisibles. Cette modification (ou avenant) doit être réalisée de manière très légère, sur la base d'une analyse rapide du phénomène et de ses conséquences. Souvent, les évolutions ne sont pas prévisibles (localisation, intensité, rapidité) : il ne s'agit donc pas de fixer un nouveau cadre détaillé, mais plutôt d'autoriser qu'une gestion adaptative puisse se mettre en place, adaptable à l'évolution des dégâts dans le temps.

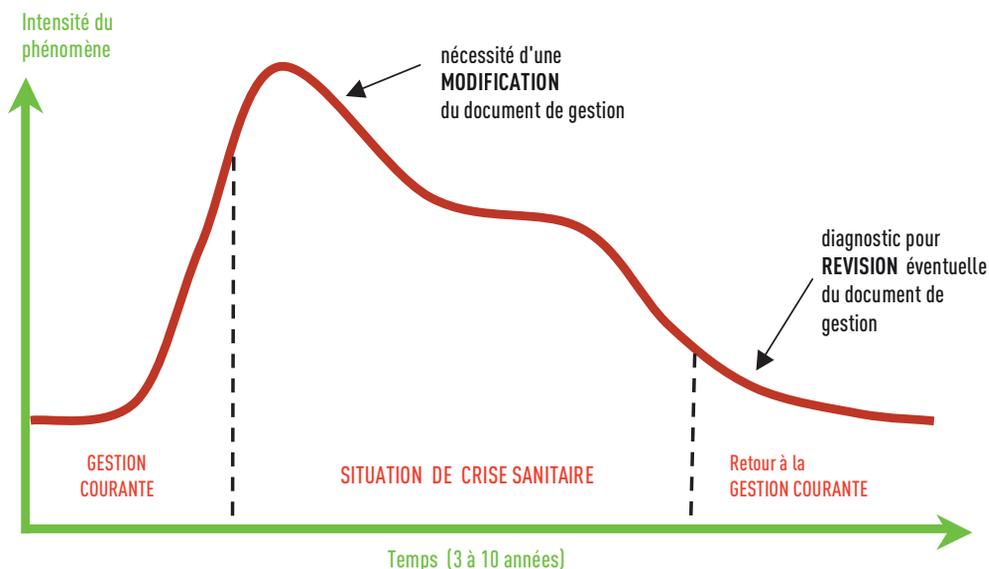
Cette modification peut concerner la périodicité des coupes, voire en cas de nécessité les classements de parcelles (possibilité de transférer amélioration ↔ régénération).

Un exemple figure dans la fiche de cas 1 « *Dépérisement du Chêne en forêt de Vierzon* ».

Une révision complète des aménagements ou plans simples de gestion n'est pas pertinente en début ou en cours de crise.

■ En fin de crise : diagnostiquer la nécessité de réviser (ou non) le document de gestion

Lorsque l'intensité du phénomène a régressé au point de clore la situation de crise, l'état des forêts doit être analysé succinctement de manière à répondre à la question suivante :



« l'état des peuplements permet-il de poursuivre les objectifs et le programme d'actions tel que définis dans le document initial et ses modificatifs ? ».

► En cas de réponse positive : pas de révision du document de gestion.

Exemples :

- phénomène ayant entraîné des mortalités accentuant le mitage de peuplements aménagés en futaie irrégulière sans entraîner de grandes ouvertures dans les peuplements ;
- phénomènes ayant entraîné des dégâts en peuplements classés en amélioration sans modifier leur structure régulière (cas de jeunes futaies de Douglas).

► En cas de réponse négative : révision du document de gestion.

Exemples :

- phénomène ayant entraîné des mortalités très importantes dans des peuplements classés en amélioration de futaie régulière ; nécessité de revoir le classement ;
- surfaces importantes nécessitant reconstitution ou mise en régénération ou changement d'essence ; nécessité de fixer un nouvel effort

de renouvellement et des essences objectifs adaptées.

En cas de révision du document de gestion¹, c'est une démarche complète qu'il y a lieu de mener : état des lieux, objectifs à poursuivre, programme d'actions et prévisions. Les données générées au cours de la période de crise pourront être mises à profit pour assurer un travail de qualité (images aériennes, bilans des volumes récoltés, diagnostics de peuplements, descriptions diverses...).

NB : la révision du plan de gestion peut intervenir lorsqu'une nouvelle stabilité et donc un nouvel équilibre semblent s'être mis en place (voir chapitre 8 « Sortie de crise sanitaire »).

➤ Diagnostics avant intervention

En situation de crise sanitaire, certaines interventions (essentiellement les opérations de désignation de bois à récolter) méritent d'être raisonnées sur la base d'un diagnostic préalable.

1. Pour la forêt publique, le seuil de 25 % de variation d'un des critères suivants est fixé pour entraîner une révision d'aménagement : surface totale, surface sur lesquelles les interventions sont profondément modifiées, surface affectée aux essences objectifs, objectifs de renouvellement, surface en enjeu fort.

Effectuer un diagnostic avant intervention permet de répondre aux questions suivantes :

- ▶ y a-t-il nécessité d'intervenir ?
- ▶ avec quel niveau de priorité par rapport à d'autres parcelles ?
- ▶ quel volume est potentiellement récoltable ?

NB : la notion de diagnostic sylvicole, action préalable à la réalisation d'une intervention, ne doit pas être confondue avec celle de suivi d'un phénomène, généralement réalisée à large échelle et s'inscrivant dans la durée (voir chapitre 5 « Suivi des phénomènes observés »).

■ Diagnostic avant désignation des bois à récolter

Échelle : peuplement homogène ou unité de gestion ;

Objectif :

- déterminer le volume récoltable (en m³) ou l'intensité de la coupe (en % de tiges ou de G), constitués des tiges atteintes par le phénomène de crise sanitaire et ayant une valeur marchande ;
- localiser les atteintes principales aux peuplements forestiers ;
- identifier les enjeux locaux (écologiques, paysagers, sociaux...),

Attention ! En phase aiguë de crise, un diagnostic permet d'obtenir une appréciation du peuplement qui n'a de valeur que pour une durée limitée.



Matériel nécessaire pour réaliser un diagnostic

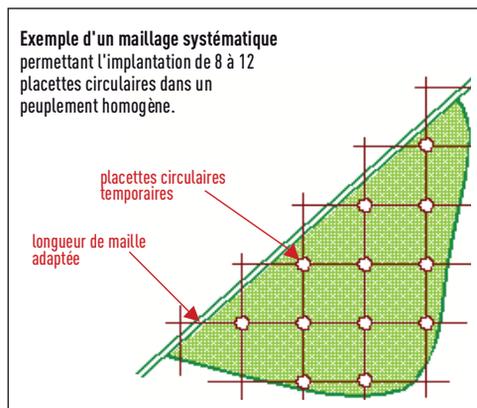
© ONF / X. Garquefin

Type d'inventaire recommandé :

- statistique, à l'aide de placettes circulaires temporaires, situées au nœud d'un maillage systématique ;
- implantation de 8 à 12 placettes par peuplement homogène (nombre de placettes pouvant être augmenté dans un objectif de cartographie).
- placettes incluant 10 à 12 arbres en moyenne ;
- surface et rayon des placettes (voir tableau et schéma ci-dessous).

■ Résultats attendus

- ▶ V total, V atteint (éventuellement par niveau de gravité).
- ▶ G totale, G atteinte (éventuellement par niveau de gravité).
- ▶ V total, V atteint (éventuellement par niveau de gravité).
- ▶ % du nombre de tiges atteintes par essence.
- ▶ Cartographie sommaire des dégâts par parcelle.

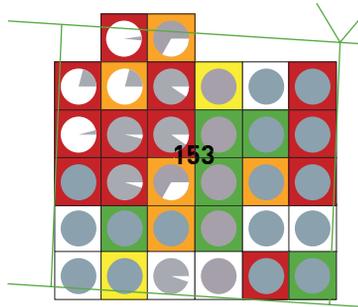


SURFACES ET RAYONS DE PLACETTES DE DIAGNOSTIC

Stade	Surface (ares)	Rayon (m)
Perchis	1-2 ares	6-8 m
Jeune futaie	3-4 ares	9-11 m
Futaie adulte	5-10 ares	12-18 m

EXEMPLE DE DIAGNOSTIC AVANT MARTELAGE

FORÊT DOMANIALE DE VIERZON
PARCELLE 153 - 16 HA
(maille : 0.50 ha)



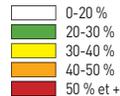
CARTOGRAPHIE DES DÉPÉRISSEMENTS

Proportion de Chênes (en surface terrière)

● Chênes sessile et pédonculé

○ Autres essences

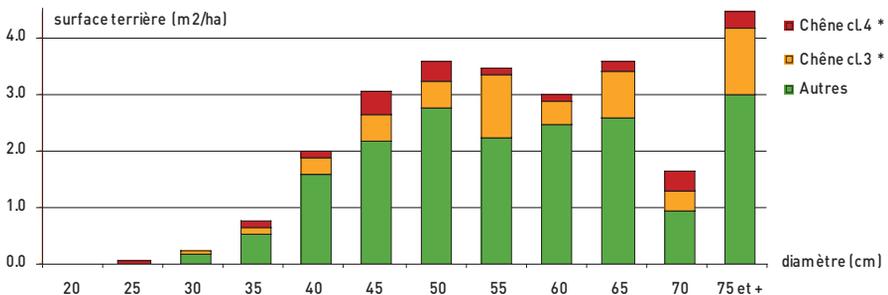
Proportion de Chênes dépérissants
(en surface terrière des chênes de classe DEPEFEU 3 et 4 / surface terrière totale des Chênes)



SURFACE TERRIÈRE PAR ESSENCE ET PAR CLASSE DE DIAMÈTRE

Essence	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75 et +	Total	%
Chêne cl. 1					0,31	0,35	0,43	0,59	0,53	1,04	0,48	1,32	5,05	19%
Chêne cl. 2			0,07	0,12	0,43	0,84	1,60	0,82	1,59	1,24	0,36	1,69	8,76	34%
Chêne cl. 3*			0,04	0,09	0,31	0,50	0,49	1,11	0,44	0,83	0,36	1,20	5,38	21%
Chêne cl. 4*		0,02		0,12	0,12	0,40	0,37	0,15	0,09	0,21	0,36	0,30	2,12	8%
Autres feuillus	0,01	0,02	0,07	0,06		0,05		0,07					0,28	1%
Autres résineux		0,02	0,07	0,39	0,86	0,94	0,74	0,74	0,35	0,31	0,12		4,54	17%
Total	0,01	0,05	0,24	0,78	2,04	3,08	3,62	3,49	3,00	3,63	1,68	4,51	26,14	100%

* Chêne cl. 3 et 4 : Chênes appartenant aux classes 3 et 4 de dépérissement (protocole DEPEFEU)
classe 3 = branches mortes composant plus de 50% du houppier et/ou disparition de plus de 50% de la ramification
classe 4 = arbre mort



Préconisations retenues

- Récolte de tous les pédonculés présents dans la parcelle, et seulement des pédonculés.
- Maintien systématique des pins et chênes sessiles qui peuvent constituer un capital reproducteur très précieux, même à l'état dispersé.
- Pas de « cueillette » des chênes pédonculés dans les îlots de chênes sessiles bien constitués : risque de déstabilisation du peuplement.
- Marquage de tous les bois d'œuvre, y compris les dépérissants non piqués ; les arbres piqués ne sont pas marqués.
- Distinction de la qualité « merrain ».

➤ Martelage et commercialisation des bois

■ Cas des peuplements

atteints par un phénomène sanitaire

Le plus souvent, les mesures de mobilisation et de commercialisation des bois prennent un caractère d'urgence affirmé : la valeur économique qu'ils représentent pour le propriétaire incite légitimement à rendre prioritaire cette récolte.

Quelles priorités pour traiter les parcelles ?

Le rôle des diagnostics (télé-détection, inventaires au sol) prend tout son sens pour répondre à cette question : généralement, le niveau de dégâts diagnostiqué permet d'établir les priorités et de se donner des règles d'intervention.

Attention ! Pour certains phénomènes (cas des scolytes), pour limiter l'épidémie, la récolte optimale des bois se situe avant que la mortalité des arbres soit devenue visible dans le paysage.

Des dégâts touchant les peuplements :

- ▶ fortement (plus de 20% de tiges notablement¹ atteintes) méritent généralement une opération de récolte prioritaire ;
- ▶ moyennement (10 à 20% de tiges notablement¹ atteintes) peuvent être martelées en 2^e priorité ;
- ▶ faiblement (moins de 10% de tiges notablement¹ atteintes), peuvent être traités en 3^e priorité (sauf très belles qualités des bois atteints), voire pas du tout (bois de faible valeur).

Quels arbres prélever prioritairement dans un peuplement fortement ou moyennement atteint ?

Le marquage d'un arbre (ou d'un groupe d'arbres) dans le cadre d'une crise sanitaire est issu d'une analyse multiple. Les tiges méritant d'être récoltées en priorité sont :

- ▶ les arbres (ou groupe d'arbres) à forte probabi-

lité de mourir à court terme (1 à 2 années maximum). Pour répondre à cette question, souvent centrale, la mise en place d'un réseau de plaquettes de suivi d'arbres est précieuse (voir chapitre 5 « Suivi des phénomènes observés ») ; un test de diagnostic de l'état physiologique peut être mobilisé dans le cas des chênes pour évaluer leur probabilité de mourir à court terme² ;

- ▶ les arbres jouant un rôle contaminant dans le peuplement (scolytes, gui...) ;
 - ▶ inversement, certaines tiges de sous-étage, bien qu'atteintes de dépérissement, méritent d'être conservées pour leur rôle structurant dans le peuplement ;
- Suivant les contextes, il est pertinent de récolter les tiges atteintes :

- ▶ soit par pied d'arbre : cas des dépérissements lents et diffus (suite à extrêmes climatiques, mauvaise adaptation essence/station, chenilles défoliatrices...) ;
- ▶ soit par bouquets : cas d'attaques de scolytes, de colonisation de peuplements par le gui.

Quelles précautions prendre en matière d'exploitation ?

Dans tous les cas, l'exploitabilité doit être prise en compte :

- ▶ en situation de faible pente, implantation indispensable de cloisonnements d'exploitation (protection des sols forestiers) ;
- ▶ en situation de forte pente générant des conditions d'exploitation difficiles, la récolte par pied d'arbre est génératrice de nombreux dégâts aux peuplements et de coûts élevés : il est préférable de prélever les bois par bouquets et de générer des trouées.

La sortie des bois abattus hors du massif forestier, dans des délais rapides³, s'impose dès que ceux-ci présentent un risque de contamination de la forêt (ex. : scolytes).

1. La notion de « notablement » atteinte est variable suivant les phénomènes provoquant des crises sanitaires. Par exemple, pour les crises de dépérissement de feuillus, les stades DEPEFEU 3 et 4 peuvent être considérés comme tels.

Pour des attaques de scolytes, sont à considérer comme notablement atteintes les tiges présentant les signes de présence de larves sous l'écorce : perforation de l'écorce, sciure rousse dans l'écorce et au pied de l'arbre.

2. Inra – UMR Écophysiologie ; contact Nathalie Bréda.

3. La vidange des bois doit néanmoins tenir compte de la protection des sols, notamment en période de sensibilité au tassement. Référence : guide Prosol ONF – FCBA ; 2009.

Capital sur pied	Si le capital est élevé, une anticipation de récolte est possible, corrigeant en partie ou en totalité la surcapitalisation héritée.
Diamètre moyen	Si celui-ci est proche du diamètre d'exploitabilité, une anticipation est possible.
Essences atteintes	Si les essences atteintes subissent des phénomènes à évolution rapide, une anticipation est possible.
Contexte économique	Si le marché du bois est porteur et que les qualités récoltées trouvent aisément preneur, une anticipation est possible.
Adaptation des essences	En cas d'inadaptation avérée de(s) essence(s) atteinte(s), une anticipation est possible, sans risque d'appauvrissement du patrimoine génétique local.

Faut-il anticiper lors du martelage, en prélevant des tiges faiblement atteintes ?

Pour limiter les risques financiers liés à la perte d'arbres de valeur économique, il peut être tentant d'anticiper lors du martelage, en prélevant des tiges peu atteintes, « *au cas où* » elles viendraient à dépérir rapidement après la coupe.

Intérêt : limiter le risque financier ; constituer des lots de bois importants, plus faciles à commercialiser ;

Inconvénients :

- risque de déstructuration du peuplement par prélèvement très fort, cumulant la récolte de tiges atteintes et de tiges *susceptibles* d'être atteintes ; le stress important subi par les tiges restantes peut produire un effet « boule de neige » pouvant conduire, au final, à une récolte totale du peuplement ;
- risque de perte de génotypes résistants et adaptés.

Cette pratique doit être utilisée après analyse des principales caractéristiques des peuplements (*voir tableau ci-dessus*).

Quelques exemples :

- dans le cas d'attaques fortes de scolytes évoluant rapidement, une anticipation peut permettre de sauver la valeur marchande d'un peuplement atteint par récolte totale (cas observé de peuplements arrivant à maturité et pouvant atteindre 50 ha dans le sud du Massif Central) ;
- dans le cas de peuplements de forte valeur (Chêne de qualité), l'intérêt économique l'emportera souvent sur l'inconvénient de déstructuration ; l'issue du phénomène incitera alors à une récolte très forte nécessitant une reconstitution du peuplement forestier ;
- dans le cas de peuplements mélangés ou présentant du sous-étage indemne, il est souhaitable de respecter les essences non atteintes pour limiter la déstructuration du peuplement forestier.

Pour mieux décider (anticiper ou non la récolte de bois non atteints), la mise en place d'un réseau de placettes de suivi d'arbres est très utile (*voir chapitre 5 « Suivi des phénomènes observés »*) : elle permet de mieux connaître l'évolution probable de tiges suivant leur degré d'atteinte, et donc de décider la nécessité ou non d'anticiper.

À quelle périodicité réaliser des coupes sanitaires ?

Pour limiter les coûts d'intervention et le stress subi par les peuplements, mais aussi pour faciliter l'organisation des chantiers, il est indispensable d'éviter des passages trop rapprochés : une rota-



Coupe d'Épicéas fortement scolytés : anticipation par récolte de grandes plages (Tarn)

tion de 3 ans¹ sur une même parcelle est considérée comme un minimum, sauf dépérissements très rapides (pour ces peuplements une anticipation doit être envisagée : voir § précédent).

■ **Cas des peuplements sains, inclus dans une zone plus large subissant des atteintes**

Au sein de la zone géographique en crise sanitaire, il existe souvent des peuplements qui restent non atteints. En effet, certains peuplements sont moins vulnérables car bénéficiant de conditions écologiques très locales plus favorables, d'une sylviculture différente ou d'une capacité de réaction meilleure. Souvent, ces peuplements ont subi les mêmes contraintes climatiques ou biotiques à l'origine de la crise sanitaire.

Faut-il y poursuivre une gestion normale et y appliquer la sylviculture habituelle ou bien y adopter des mesures spécifiques ?

Risque à court terme : d'une manière générale, il est préférable de limiter les interventions (notamment coupes de bois) lors de la phase aiguë de crise ; en effet, les perturbations inhérentes à l'intervention peuvent enclencher une évolution négative d'un peuplement jusque là épargné par le phénomène de dépérissement ou les attaques parasitaires. S'il est jugé nécessaire d'intervenir, des précautions doivent alors être prises (ex. : *limiter les dates d'exploitation de l'Épicéa en cours de crise liée au typographe*).

Risque à moyen terme : la gestion normale des peuplements forestiers doit reprendre dès que le risque à court terme est devenu moindre. En effet, en cas de rotation ajournée (6 à 15 ans), la capitalisation sur pied augmente le risque de retour de dépérissements ou de croissance perturbée des arbres forestiers. Il est donc nécessaire de redonner au peuplement, dès que possible, de bonnes conditions de croissance par des éclaircies dynamiques apportant lumière et meilleure économie en eau des milieux forestiers.

1. Sauf risque de pullulation de parasites dont il faut contenir l'épidémie (scolytes).

Haut-perchis de Chêne sessile nécessitant éclaircie par le haut



© ONF / X. Gauquelin

➤ **Travaux sylvicoles**

Les techniques de reconstitution de peuplements suite à une crise grave ne sont pas abordées dans ce document : de très nombreux paramètres interviennent (choix d'essences et adaptation aux stations forestières, nature du renouvellement naturel/artificiel, recherche de mélanges, conduite de jeunes peuplements...).

D'une manière générale, les recommandations formulées concernant la reconstitution des forêts après tempêtes (Mortier F., 2001 – Office national des forêts) peuvent inspirer les actions à mener concernant les travaux sylvicoles suite à des crises sanitaires. Parmi celles-ci, l'on peut citer :

- ▶ raisonner l'intervention utile pour qu'elle soit minimale et au coût le plus juste ;
- ▶ utiliser au mieux les processus naturels et les optimiser ;
- ▶ maîtriser les ongulés et protéger les régénérations ;
- ▶ planter si nécessaire, en respectant la meilleure adéquation stations-essences-provenances ; le document « *Préserver et utiliser la diversité des ressources génétiques forestières pour renforcer la capacité d'adaptation des forêts au changement climatique* » (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2008) fournit des recommandations sur ce sujet ;
- ▶ suivre et évaluer les travaux de reconstitution.

➤ **Prise en compte de la biodiversité**

■ **Cas des zones**

sous statut de protection biologique

Les actions liées à la crise sanitaire qui sont à réaliser dans les terrains bénéficiant de statut de protection biologique doivent faire l'objet d'information et/ou de demandes auprès des instances consultatives, décisionnelles ou administratives (gestionnaire du site, comité consultatif, comité scientifique, services de l'État ...). Les actions à mener d'urgence, qui s'avèrent incompatibles avec les objectifs du site protégé, sont à examiner prioritairement avec ces instances¹.

Cependant, les interventions liées à la crise peuvent le plus souvent être menées en cohérence avec les objectifs et actions courantes de conservation du milieu.

■ **Cas des arbres maintenus pour la biodiversité**

D'une manière générale, le maintien d'arbres disséminés pour la biodiversité² peut être poursuivi lors des épisodes de crise sanitaire.

Seuls les arbres contaminants, porteurs de pathogènes ou parasites pouvant menacer le peuplement avoisinant, méritent d'être extraits de la forêt (cas d'arbres infestés de scolytes).

On estime que, deux années après sa mort, un arbre ne présente plus de risques vis-à-vis du peuplement qui l'entoure : son maintien au titre de la biodiversité est donc possible.

➤ **Cas des zones à enjeu social (accueil, paysage)**

Les actions liées à la crise sanitaire doivent tenir compte des enjeux locaux sur les territoires à fréquentation importante du public.

1. À ce jour, dans les sites Natura 2000, toute coupe ayant un caractère d'urgence n'est pas soumise à évaluation d'incidence.

2. Pour les forêts relevant du régime forestier, une instruction de l'ONF fournit le cadre général concernant le maintien d'arbres pour la biodiversité.

Comme en gestion courante, les opérations de récolte programmées et les techniques mises en œuvre doivent être raisonnées de manière à intégrer au mieux ces enjeux. Les gestionnaires continueront à s'appuyer sur les documents techniques de référence existants (guides paysagers), au moins sur leurs grandes lignes.

Des actions ciblées de communication doivent systématiquement être menées (voir chapitre 7 « Communication ») tout au long de la durée de la crise sanitaire.

Parfois, certaines actions spécifiques visant à limiter la pénétration par le public doivent être décidées (cas des crises pouvant affecter la santé humaine). Le rôle de la cellule de crise est primordial pour de telles prises de décision.

➤ **Anticiper la survenue d'une crise consécutive**

Les crises sanitaires peuvent générer des risques naturels que la présence du couvert forestier, avant crise sanitaire, atténue ou masque (voir fin du chapitre 1) : risques d'incendie de forêt, reprise de chutes de blocs, de départs d'avalanches, d'érosion de terrains sensibles ou de phénomènes dunaires... Les interventions à réaliser dans le cadre de la gestion de la crise sanitaire devront, le cas échéant, intégrer ces risques suivant le contexte local. On peut citer les exemples suivants :

- ▶ traitement adapté des rémanents limitant le risque incendie en situation sensible ;
- ▶ reboisement en collectifs sur terrain mis à découvert, en zone de départ potentiel d'avalanches menaçant des enjeux économiques ou humains ;
- ▶ maintien d'un couvert minimum, arbustif ou forestier, sur terrains sensibles aux phénomènes d'érosion.

7 La communication

➤ Communiquer : une mission forte de la cellule de crise

Une communication organisée et structurée vers les services de l'État, les élus, les acteurs opérationnels de la crise et les interlocuteurs externes est nécessaire : c'est un des rôles importants de la cellule de crise et de son porte-parole (*voir chapitre 3 « Partenariats »*).

Cette communication est à adapter à l'échelle des phénomènes observés : de l'échelle locale jusqu'à une échelle régionale ou nationale en cas de besoin.

L'information des élus doit être assurée : concernant les collectivités propriétaires, la charte de la

forêt communale aborde spécifiquement les problèmes sanitaires (*article 9* : Signalement par le gestionnaire dans le mois suivant la constatation des phénomènes observés).

Les personnels des organismes publics ont sur ce sujet un devoir de réserve : ils doivent orienter les demandes d'informations sur la crise et sa gestion vers le porte-parole de la cellule de crise.

➤ Vers qui communiquer ?

La communication s'adresse d'une part aux personnes susceptibles d'être touchées par les effets de la crise : les informations diffusées doivent leur permettre d'agir pour limiter, voire éviter les effets de la crise. Il faut éviter de propager des informations anxiogènes si elles n'ajoutent rien à la capacité des personnes à réagir. Mais la communication s'adresse d'autre part aux relais d'information (journaux, audiovisuel) pour assurer une diffusion la plus large possible sur le territoire géographique concerné.

➤ Communiquer tout au long de la crise

Les crises sanitaires s'inscrivent souvent dans la durée : la qualité de la

Communication en forêt.



communication à mettre en œuvre est à assurer tout au long de la crise.

Les messages doivent donc être adaptés aux différentes étapes du processus : en entrée, en cours et en sortie de crise. Ils doivent également être adaptés aux enjeux impactés par la crise : enjeux de santé humaine, de protection de personnes ou de biens, enjeux économiques liés à la récolte de bois... Les spécialistes de ces enjeux sont à associer à l'élaboration des messages pour valider leur efficacité.

Les supports de communication externe peuvent varier, suivant l'ampleur de la crise, qu'elle ait un caractère local (communication possible par panneaux d'information en forêt ou dans les lieux publics - mairies -, par concertation locale...) ou bien régional ou national, justifiant la sollicitation de grands médias d'information.

La communication vers les acteurs opérationnels (techniciens de terrain, gestionnaires, exploitants et entrepreneurs...) permet de redonner cohérence et sens aux actions de chacun : préciser le rôle et la place des intervenants, briser le sentiment de solitude, coordonner les moyens disponibles, informer sur la stratégie retenue.

Une communication régulière au cours d'une crise doit faire apparaître que les autorités, experts et

acteurs concernés agissent pour limiter, voire remédier à la crise en cours. Une certaine transparence sur les actions menées est de nature à rassurer. Les étapes clés de la crise doivent être bien marquées.

➤ *Une constante des crises sanitaires : l'incertitude sur l'avenir*

Contrairement aux crises à caractère soudain, les crises sanitaires se développent sur des pas de temps qui se comptent en années. Les interrogations sur l'avenir sont donc particulièrement fortes et affectent aussi bien les professionnels forestiers que le grand public :

- ▶ la forêt va-t-elle disparaître ?
- ▶ une spirale négative (déperissements, mortalités, pullulation de parasites, mévente des bois...) se met-elle irrémédiablement en place ?
- ▶ les changements climatiques vont-ils accélérer les phénomènes en cours ?

Face à ces questionnements, partagés par de nombreux acteurs, il convient d'apporter des réponses s'appuyant sur la connaissance scientifique existante et/ou sur le programme d'actions mis en place dans le cadre de la cellule de crise pour comprendre, résoudre et affronter les difficultés générées par la crise.



Réunion d'information des élus.

8 La sortie de crise sanitaire

➤ Quand décider la fin de crise ?

Le suivi de certains indicateurs d'entrée de crise sanitaire tout au long des événements permet de suivre l'évolution du phénomène.

Ce sont essentiellement :

- ▶ le taux de produits accidentels récoltés ;
- ▶ le nombre de coupes extraordinaires en forêt privée soumise à plan simple de gestion ;
- ▶ l'expertise de personnes référentes.

La fin d'une crise peut être prononcée lorsqu'un nouvel équilibre semble être obtenu, qu'il soit :

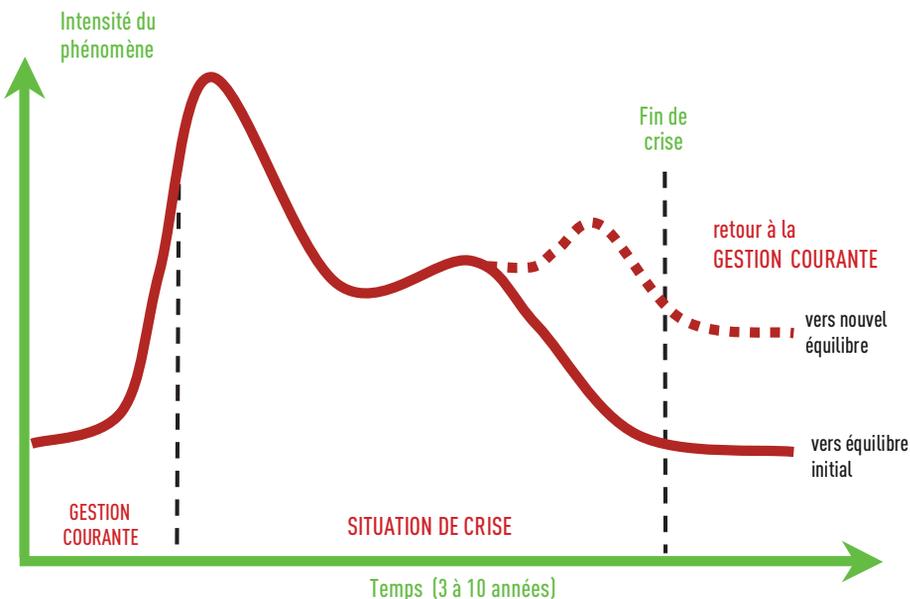
- ▶ analogue à l'équilibre avant crise

exemple : retour à une récolte marginale de bois résineux scolytés après quelques années de forte infestation ;

- ▶ différent de l'équilibre avant crise, mais apparemment stable dans le temps

exemple : mortalité due au gui dans une zone nouvellement infestée.

La fin de la crise est prononcée par la (les) même(s) autorité(s) qui a (ont) décidé en son temps l'entrée en crise.



➤ *Quelles actions mener en fin de crise ?*

- ▶ Informer la cellule de crise de la fin de l'épisode de crise sanitaire.
- ▶ Établir le retour d'expérience de l'ensemble de la crise : c'est le dernier rôle de la cellule de crise et principalement des responsables opérationnels des organismes engagés.

Un modèle de document figure en annexe 3 : il a vocation à être archivé sur le long terme pour servir la gestion de futures crises.

- ▶ Informer les acteurs de la fin de crise (1^{er} temps) puis leur faire part des principaux enseignements qui en ont été tirés (2^e temps). Il est important de « marquer » cette fin de crise : c'est l'occasion d'affirmer le retour à une gestion normale, et de remercier les intervenants qui ont contribué à sa

gestion (acteurs de terrain, institutions, filière, experts et scientifiques).

- ▶ Analyser les besoins en recherche-développement pour :
 - acquérir de nouvelles connaissances scientifiques sur les causes et le déroulement des phénomènes biologiques concernés ;
 - améliorer les stratégies opérationnelles à mener dans le cas, futur, de crises analogues.

➤ *Faut-il revoir les documents de gestion ?*

Chaque document de gestion doit faire l'objet d'un diagnostic pour évaluer la nécessité ou non de modifier ou de réviser les objectifs et programme d'actions (*voir chapitre 6* « Actions opérationnelles »).

 Fiches de cas



- 1 Le dépérissement du Chêne en forêt de Vierzon
- 2 Dépérissement en forêt domaniale de la Harth et création d'un observatoire
- 3 La « maladie du Hêtre » en Ardenne belge
- 4 Le dépérissement des résineux dans le Tarn et l'Aveyron, suite à la sécheresse et canicule de 2003
- 5 Les scolytes de l'Epicéa en forêt privée de Franche Comté
- 6 Le puceron lanigère sur Peuplier (*Phloeomyzus passerinii*)

1 Le dépérissement du Chêne en forêt de Vierzon

La forêt de Vierzon est une forêt domaniale ancienne de 5 300 ha, au Sud de la Sologne. Installée sur sols hydromorphes acides, elle est principalement composée de chênes sessiles (60 %) et pédonculés (40 %), répartis par plages ou bouquets en fonction de la microtopographie, mais dont la proportion et la localisation restaient approximatives jusqu'à ce que des diagnostics récents (2007/2008/2009) permettent de les préciser. La forte proportion de chênes pédonculés est en partie liée à l'histoire de cette forêt dont près de 2 000 ha étaient à l'état de landes jusqu'en 1850, lesquelles ont été reconquises essentiellement par le chêne pédonculé.

On y observe la présence de chênes pédonculés tardifs, débouillant plusieurs semaines après les plus précoces. L'origine de cette tardiveté n'est pas à ce jour élucidée, mais les chênes tardifs semblent localisés dans les zones les plus tardivement engorgées. Malgré ces conditions de sol contraignantes, la forêt, gérée en futaie régulière et en conversion des taillis sous futaie en futaie, fournit du bois d'œuvre de chêne de qualité

et de bonnes dimensions (à des âges relativement faibles), recherché par les acheteurs de merrain. Cependant ces conditions écologiques difficiles la prédisposent à des dépérissements, qui touchent régulièrement et depuis longtemps les chênes pédonculés (*aménagements forestiers de 1786 et 1857 - Molleveux, 1926*). Ces dépérissements ont conduit à des difficultés récurrentes dans la mise en œuvre des aménagements depuis 1950.

➤ Les facteurs déclenchants ; les indicateurs d'entrée en crise

Depuis l'an 2000 ces dépérissements ont atteint une ampleur nouvelle. D'après les observations des gestionnaires, le phénomène a touché d'abord les pédonculés tardifs, puis l'ensemble des pédonculés, avant de s'étendre aux sessiles. Il se traduit par une mortalité rapide des arbres atteints. Si les peuplements vieillissants sont les plus touchés (et les plus surveillés compte tenu des enjeux économiques afférents), aucune classe d'âge n'est épargnée. L'état de crise est ressenti lorsque les prélèvements sanitaires à l'échelle de la parcelle excèdent les prélèvements normaux en amélioration et que les modalités normales de gestion ne permettent plus de faire face au phénomène. Ce nouvel épisode de dépérissement particulièrement violent n'a pu être relié à aucun facteur déclenchant évident, mais l'accumulation des accidents biotiques et climatiques au cours des décennies 1990 et 2000 a été invoquée : fortes atta-

ques d'oïdium en 1998 et 1999, déstabilisation des arbres par la tempête de 1999, épisodes de sécheresse répétés (1996, 1998, 2005), excès d'eau printanier (2000, 2001), grêle (fin 2005).... La contribution de l'oïdium, déjà évoquée par Molleveux en 1922, est envisagée en particulier pour expliquer la vulnérabilité du chêne tardif, qui pourrait être atteint par le champignon dès le débourrement.



© DSF / Louis-Michel Nagelisen

Évolution du déficit foliaire des houppiers des chênes sessiles de la placette

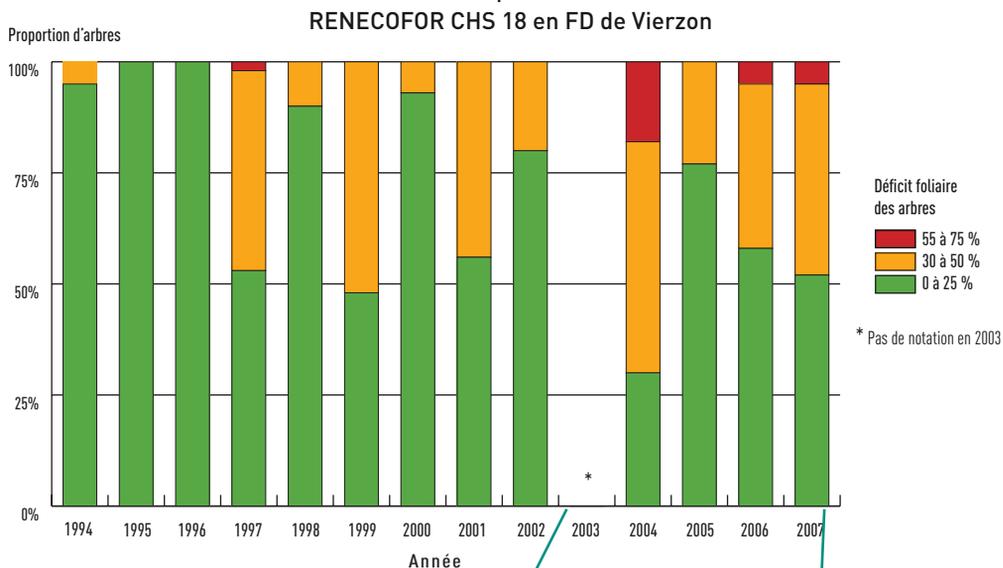


Figure 1 : Le chêne sessile est considéré comme moins atteint que le chêne pédonculé mais présente néanmoins des symptômes de souffrance (décoloration anormale et mortalités).

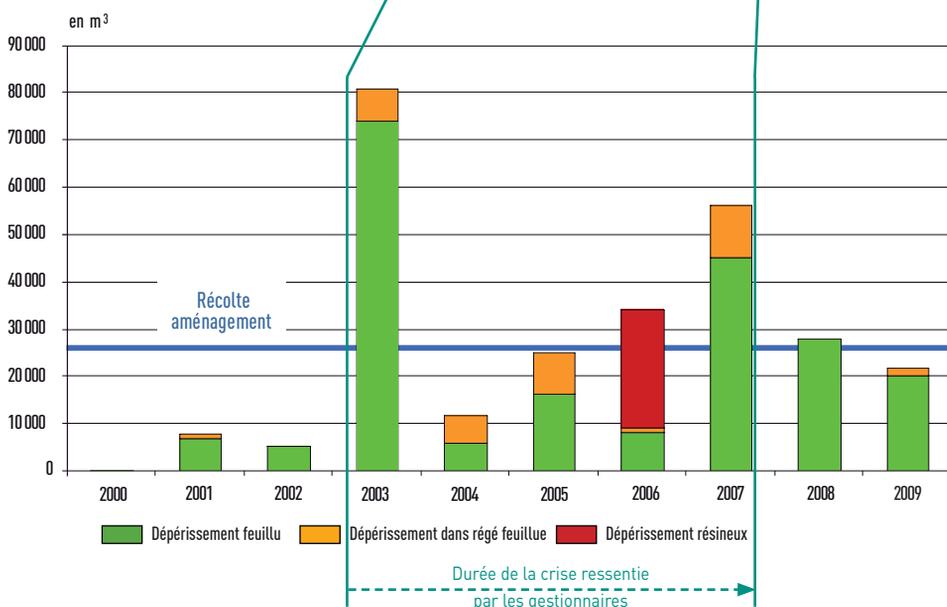


Figure 2 : Évolution du volume des récoltes d'arbres liées au dépérissement, et comparaison au niveau de récolte fixé par l'aménagement (source: archives ONF).

➤ *Les critères d'entrée en crise (voir chapitre 4)*

CRITÈRE	CAS DE LA CRISE
Atteinte à la santé humaine	Sans objet
Expertise de personnes référentes	Alerte du Département Santé des Forêts
Taux de produits accidentels récoltés	Dépasse 50% de la récolte aménagement à partir de 2003 pour atteindre 99% sur l'ensemble de la période 2000-2009
Nombre de coupes extraordinaires en forêt privée soumise à plan simple de gestion	Non connu
Extension géographique	Le dépérissement intense semble concerner essentiellement les massifs de Vierzon et Vouzeron
Proportion du capital sur pied atteint	D'après un échantillonnage réalisé en 2008, 60% du capital sur pied en chênaie adulte atteindrait ou dépasserait le stade DEPEFEU 3
Analyse de facteurs de vulnérabilité des peuplements forestiers	Des sols très pauvres, à alternance hydrique, très contraignants, notamment pour le pédonculé
Analyse des impacts possibles sur la filière bois	-

➤ *Les critères de sortie de crise (voir chapitre 8)*

CRITÈRE	CAS DE LA CRISE
Taux de produits accidentels récoltés	Il reste très supérieur, sur la période 2000-2009, à 50% de la possibilité aménagement
Nombre de coupes extraordinaires en forêt privée soumise à plan simple de gestion	Non connu
Retour à nouvel équilibre analogue ou différent de l'équilibre précédant la crise	L'équilibre nouveau, pas encore atteint, sera nécessairement différent, notamment en terme de proportion occupée par les espèces (très forte diminution de la population de pédonculés)



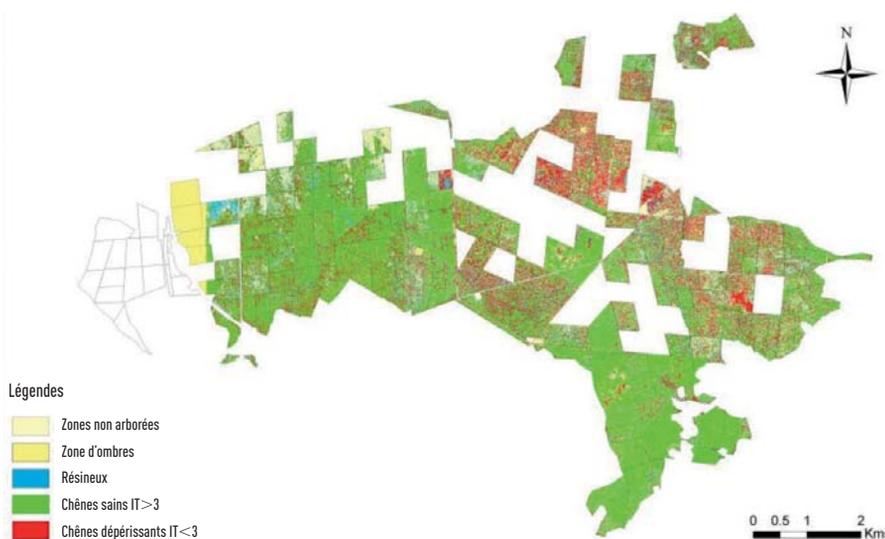
© ONF / Myriam Legay

Tournée en juin 2008 avec Nathalie Bréda, coordinatrice du projet Dryade.

► La gestion de la crise sanitaire

DATE, NATURE DE L'ACTION MENÉE	ACTION MISE EN ŒUVRE	ACTEURS	DIFFICULTÉS RENCONTRÉES
1998 Première alerte	Alerte donnée par un agent correspondant-observateur du DSF, mais le diagnostic de crise n'est pas encore posé par les gestionnaires.	DSF	Difficultés importantes du CO DSF à convaincre ses collègues et sa hiérarchie du bien fondé des observations, de l'ampleur du phénomène et a fortiori des décisions à envisager.
2000 Mise en place d'un dispositif de suivi	Premier compte-rendu DSF. Mise en place d'un réseau de placettes permanente de suivi : mort en un an des arbres classés en DEPEFEU 3.	DSF ONF	
1999-2002 Premières exploitations	Gestion du phénomène de dépérissement au jour le jour : les arbres dépérissants sont récoltés au moment des passages en coupes prévus par l'aménagement.	ONF	
Hiver 2002 Exploitations systématiques selon critère DEPEFEU	Premier plan de gestion du phénomène : récolte systématique des arbres en classe 3 et 4 du protocole DEPEFEU, à l'avancement, dans les parcelles considérées dépérissantes à gros bois. Formation accélérée de renfort de martelage : 75 000 m ³ martelés (entraînant culmination des récoltes en 2003 : voir figure 2).	ONF	Les gestionnaires sortent du cadre de l'aménagement forestier, et ont le sentiment d'être dépassés par le phénomène. De nombreuses critiques s'expriment, et contribuent à la difficulté ressentie par les gestionnaires.

Classification des dépérissements
Forêts domaniale de Vierzon - Août 2008



Classification des dépérissements (taux de transparence des houppiers), d'après une image Ikonos d'août 2008.

Auteur: Antoine TRIBOTTE
Sources: Image Ikonos-2 - 6 Août 2008
Données ONF - Données IFN

DATE, NATURE DE L'ACTION MENÉE	ACTION MISE EN ŒUVRE	ACTEURS	DIFFICULTÉS RENCONTRÉES
Eté 2003 Photo aérienne	Commande d'une photographie aérienne infrarouge fausses couleurs pour enregistrer l'ampleur spatiale du phénomène.	ONF Prestation IGN	
2003 Modification de l'aménagement	Modification de l'aménagement pour la période 2004-2010 : prise en compte des dégâts de la tempête de 1999, suspension des ouvertures en régénération, dynamisation de la sylviculture.	ONF	Manque d'outils pour caractériser et spatialiser l'état des peuplements.
2003-2006 Exploitations	Retour à une gestion locale du dépérissement au jour le jour (idem période 1999/2002) bien que le dépérissement semble partout se poursuivre, et même s'aggraver dans les parcelles déjà purgées en 2003 notamment.	ONF	Suractivité de l'unité territoriale : inadéquation temporaire entre effectif disponible et tâches à réaliser (éclaircies en hiver ; récoltes des arbres dépérissants l'été). Problèmes humains associés : accidents de travail, irritabilité et fatigue des personnels...
2006 Mise en place d'une gestion de crise	Plan d'actions de crise par l'agence et la direction territoriale : mise en place d'une cellule de crise, renforts apportés à l'unité territoriale, diagnostics en feuille avant martelage, martelages estivaux pour prélever les chênes pédonculés pied à pied ou en coupes rases à partir de 30 % d'arbres DEPEFEU 3 et + ; nouvelles modalités de commercialisation. Atteintes aux chênes sessiles : tournée DSF (août 2007) signalant des colorations anormales et mortalités. Mise en œuvre des premières reconstitutions.	ONF DSF	Création, adaptation et appropriation des nouveaux outils, consignes de martelage et d'exploitation. Activité demeurant importante malgré les renforts, liée à la mise en place systématique de cloisonnements en période de martelage. Poursuite de la formation des renforts.
2006 Réflexions en vue du projet Dryade	Intégration du cas de Vierzon dans le projet de recherche ANR Dryade (Vulnérabilité des arbres aux accidents climatiques).	INRA ONF DSF	
2007 Sortie de crise ?	Inventaires statistiques pour diagnostic de l'état sanitaire (400 placettes), avec compléments Dryade (1 ^{re} année) sur 166 de ces placettes.	ONF INRA DSF	Sentiment de sortie de crise : le phénomène est pour la première fois quantifié et cantonné, des consignes claires de gestion sont établies.
2008 Amélioration visible du phénomène	L'état des chênes commence à s'améliorer : le gros de la crise semble passé. Poursuite des diagnostics par inventaire statistique. Dryade, année 2 : acquisition de données de télédétection avec placettes vérité terrain : – image satellitale Ikonos (août 2008) pour la caractérisation du dépérissement ; – photos aériennes infrarouge fausses couleurs pour le suivi du débourrement (3 survols entre avril et juin 2008).	ONF INRA DSF	
2009 Révision de l'aménagement	Démarrage de la révision d'aménagement. Dryade, année 3 : campagne de prélèvement de carottes de bois pour étude de la croissance des arbres.	ONF INRA	
2009-2010 Recherche	Poursuite du projet Dryade : ses conclusions seront livrées début 2011.	INRA ONF DSF	

► Bilan général



© ONF / Myriam Legay

Vue d'une parcelle très atteinte, en juin 2008.

Le retour d'expérience met en évidence les points suivants.

- Dans cette forêt soumise à des dépérissements récurrents, le diagnostic de crise a été long et difficile à reconnaître, ce qui a retardé la mise en place d'une gestion adaptée.
- Les gestionnaires ont eu le sentiment que les récoltes des arbres atteints aggravait l'état des arbres restants. Des doutes subsistent sur l'impact des prélèvements répétés sur l'évolution du phénomène : le tassement induit par la circulation des engins, ou encore les perturbations du régime hydrique, pour-

raient avoir un effet négatif sur la santé des arbres restants. C'est une question importante, à laquelle certaines études ou expérimentations entreprises apporteront peut-être des réponses. L'analyse de la pertinence des actions menées devra être réexaminée à la lumière de ces éventuels résultats.

- Lorsque les premières études ont été entreprises pour comprendre le phénomène, les exploitations avaient prélevé les arbres atteints les premiers. Il faut s'efforcer de préserver dès le début du phénomène les archives nécessaires à son analyse ultérieure. À ce titre, l'initiative de commander une photographie aérienne durant l'été 2003 était judicieuse.

- La mise en œuvre efficace de la récolte des arbres dépérissants peut conduire à perdre la vision de l'évolution des peuplements atteints hors exploitation : le maintien de quelques îlots ou parcelles non exploités permet de mieux comprendre le comportement des peuplements sous forte contrainte.

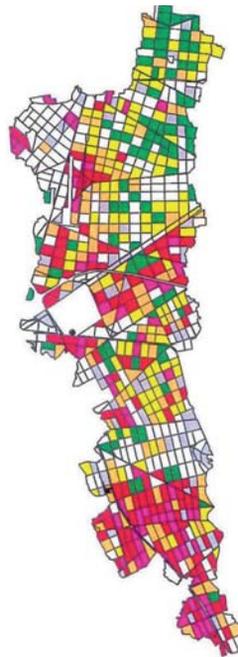
- Dès qu'une rémission s'est amorcée, l'analyse du phénomène a perdu beaucoup d'intérêt aux yeux des gestionnaires, accaparés par le retour à la gestion courante : le temps de la gestion n'est pas celui de la recherche, et c'est l'une des difficultés pour le suivi à moyen terme de ces phénomènes complexes. De même la révision en cours de l'aménagement forestier (pour 20 ans) ne dispose d'aucun résultat de DRYADE, qui seront traduits dans la pratique ultérieurement, et peut-être à la faveur...de la prochaine vague de dépérissement.

2 Dépérissement en forêt domaniale de la Harth et création d'un observatoire

Située au sud de la plaine d'Alsace, la forêt domaniale de la Harth est un ancien taillis-sous-futaie de chênes, de Charme et de Tilleul qui couvre plus de 13 000 hectares. Ce massif présente une position géographique particulière qui amplifie les effets de conditions climatiques difficiles sur les peuplements forestiers.

La barrière montagneuse vosgienne à l'est et, dans une moindre mesure, celle du Jura au sud, crée un effet dit d'ombre climatique sur la plaine qui connaît un climat continental marqué (forte amplitude thermique annuelle) avec des gelées tardives fréquentes et surtout une pluviométrie très faible. Les précipitations atteignent un niveau particulièrement faible au nord du massif qui reçoit seulement en moyenne 580 mm/an contre 780 mm/an au sud. La «poche de sécheresse de Colmar», zone la plus sèche de France (520 mm/an), n'est qu'à 20 kilomètres plus au nord. Mais la forêt de la Harth présente d'autres facteurs naturels pouvant aggraver les effets d'une sécheresse :

- un sol à faibles réserves en eau (épaisse couche filtrante de galets alluviaux rhénans, terre fine à texture sableuse),
- une absence de réseau hydrographique naturel,
- une nappe phréatique à 10 à 15 m de profondeur hors d'atteinte des végétaux



Forêt domaniale de la Harth
Volumes de bois feuillus secs
ou dépérissants commercialisés
entre 1992 et 1996

Volume d'arbres secs
ou dépérissants récoltés en 5 ans



Office National des Forêts
Observatoire Ecologique mai 1991

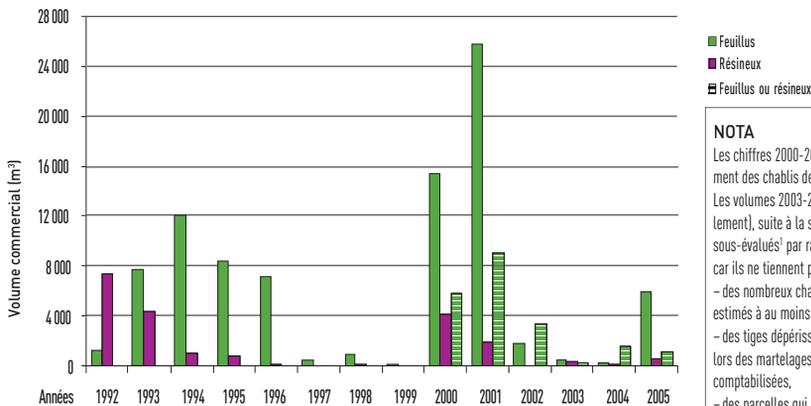
➤ Les facteurs déclenchants ; les indicateurs d'entrée en crise

Dès 1989, des dépérissements de pins sylvestres mettent en alerte le Département Santé des Forêts nouvellement créé. L'année suivante, chênes et charmes commencent à présenter des signes de dépérissement notamment dans la partie nord de la forêt.

Mais, c'est principalement en 1991 que l'inquiétude s'installe chez les forestiers : au cours de l'été particulièrement sec et chaud, après deux années

de sécheresse déjà marquée, les charmes et dans une moindre mesure les chênes voient leurs feuilles flétrir précocement puis roussir et tomber dès le mois d'août. Au cours de l'automne, de très nombreux suintements sur les chênes sont causés par des attaques massives d'agriles (coléoptères sous-corticaux, buprestidés).

Des mortalités très importantes (charmes, chênes, autres essences) se manifestent au cours de



Volume commercialisé de bois secs ou dépérissants entre 1992 et 2005

NOTA

Les chiffres 2000-2002 représentent quasi exclusivement des chablis de la tempête de 1999.
 Les volumes 2003-2005 de feuillus (Chêne essentiellement), suite à la sécheresse de 2003, sont largement sous-évalués par rapport à la réalité du dépérissement car ils ne tiennent pas compte :
 - des nombreux charmes secs non commercialisés, estimés à au moins 10 000 m³/an,
 - des tiges dépérissantes, à des degrés divers, prélevées lors des martelages classiques et non spécifiquement comptabilisées,
 - des parcelles qui ne sont pas encore passées en coupe.

l'hiver. Le gestionnaire prend des mesures drastiques pour limiter l'impact économique du phénomène: arrêt de l'aménagement en cours,

martelage sanitaire sur l'ensemble de la forêt, exploitation rapide des bois infestés d'insectes sous-corticaux...

➤ Les critères d'entrée en crise (voir chapitre 4)

CRITÈRE	CAS DE LA CRISE
Atteinte à la santé humaine	sans objet
Expertise de personnes référentes	expertises DSF
Taux de produits accidentels récoltés	1992-1996 : 35 000 m ³ de bois feuillus (volume commercial bord de route)
Extension géographique	échelle d'un massif de 13 000 ha
Proportion du capital sur pied atteint	étudiée : de 5 à 35% de la surface terrière
Analyse de facteurs de vulnérabilité des peuplements forestiers	étudiée au cours de la crise en collaboration avec la recherche
Analyse des impacts possibles sur la filière bois	modérée

➤ Les critères de sortie de crise (voir chapitre 8)

La fin de crise est datée par le gestionnaire en 1997. Cette fin de crise s'appuie sur différents critères (voir tableau ci-dessous)

CRITÈRE	CAS DE LA CRISE
Taux de produits accidentels récoltés	1997-1999 : 1 700 m ³ soit 11% de l'accroissement du massif
Expertise de personnels référents	CO notateurs du réseau ; amélioration des notes DEPEFEU
Retour à nouvel équilibre analogue ou différent de l'équilibre pré-crise	analogue

➤ *La gestion de la crise sanitaire*

DATE	ACTION MISE EN ŒUVRE	ACTEURS
1989	Mise en place du réseau de correspondants observateurs : premières observations de dépérissement (Pin sylvestre, Chêne pédonculé et Chêne rouge)	DSF
1990	Le dépérissement s'accroît (Pin sylvestre et Chêne pédonculé) : tournées d'investigation et information du gestionnaire	DSF
1991	Récolte importante des pins attaqués par Sphaeropsis	ONF
1992	Le dépérissement s'amplifie Plusieurs tournées de diagnostics Mise en place de 2 placettes pour suivre évolution des chênes dépérissants	DSF
	Prise de conscience du problème par le gestionnaire local : inquiétude ; première alerte vers la hiérarchie régionale Décisions prises : arrêt des coupes normales, récolte des chênes très dépérissants ou morts Arrêt de l'application de l'aménagement	ONF
1993	Idem 1992 : gestion locale de la crise Article de synthèse sur les dépérissements en plaine d'Alsace	ONF DSF
1994	Tournée de la direction générale ONF débouchant sur la création de l'Observatoire de la Harth	ONF
1995-2000	Mise en place d'un programme d'études et recherches pour comprendre le dépérissement ; financement par des fonds européens Interreg	ONF, universités, Inra...
	Mise en place et suivi d'un réseau de 100 placettes (systématique, maille carrée de 1km, 20 tiges par placettes) : notation estivale dépérissement et suivi printanier des causes de dommages Étude télédétection photographie aérienne	ONF, DSF
1996-2000	Aménagement forestier expérimental, adapté au contexte instable du à la crise sanitaire	ONF
1997	Fin des récoltes exceptionnelles de dépérissants ; reprise des coupes normales	ONF
2000	Révision de l'aménagement	ONF
1999-2000	Édition des rapports d'étude Communication - publications	ONF et partenaires
2000	Fin de l'Observatoire, animateur d'études ; mise en œuvre opérationnelle des recommandations de la recherche (martelage en feuilles ; distinction sessile – pédonculé, intensification des éclaircies) ; pas d'évaluation des résultats	ONF
2001	Arrêt des observations sur le réseau de 100 placettes	ONF
2002-2008	Suivi et observation sur un sous-échantillon de placettes	Inra
2003	Sécheresse-canicule : symptômes estivaux violents. Mobilisation Inra pour réaliser la notation des chênes sur les 100 placettes ; recherches initiées sur des indicateurs physiologiques pronostic sur ce réseau	Inra
2004-2009	Reprise des notations des 100 placettes sur financement Ministère de l'agriculture-DSF	DSF
2006-2010	Programme de recherche Dryade prenant en compte la Harth comme forêt modèle en pédo-climat sec	Inra
2010	Arrêt définitif de l'Observatoire de la Harth et abandon du réseau de placettes	

» Bilan général

De 1990 à 1995, la récolte de Pin sylvestre dépérissant dépasse¹ 13000 m³.

De 1992 à 1999, près de 40000 m³ de feuillus, essentiellement des chênes, sont récoltés.

En moyenne, la mortalité du Chêne représente 10% de sa surface terrière. Les charmes, sous forme essentiellement de brins de taillis, morts sur pied au cours de cette période, n'ont pratiquement pas été récoltés.

Les surfaces fortement impactées (à reconstituer) par cette phase de dépérissement n'ont pas été évaluées précisément. L'aménagement transitoire de 1996 fait cependant état de plus de 1000 ha à régénérer.

L'Observatoire Écologique de la Harth, avait deux missions :

- ▶ mettre en place un réseau de placettes permanentes pour suivre le phénomène et permettre de mieux comprendre et anticiper les conséquences d'un prochain événement similaire ;
- ▶ coordonner des recherches pluridisciplinaires pour tester les différentes hypothèses.

¹ Il s'agit de volumes commerciaux ; le volume réel est très supérieur.

Il a pleinement joué son rôle de 1994 à 2000 et rempli ses objectifs. L'analyse pluridisciplinaire du dépérissement a été permise grâce au rôle de coordination de l'observatoire et aux moyens spécifiques mobilisés notamment par un programme européen Interreg. De nombreux rapports et publications synthétisent l'ensemble des résultats.

La conclusion essentielle de ces études est que le facteur déclenchant du dépérissement est la sécheresse de 1989 (la plus intense des 30 dernières années) suivie par 3 années sèches (1990-1992) ; l'impact a été plus fort sur la croissance radiale du Chêne pédonculé que sessile (Bréda et Peiffer, 1999).

Après la phase d'étude, le dispositif de suivi mis en place pour « documenter la prochaine crise » a été suspendu par l'ONF : la crise qui a succédé (sécheresse-canicule de 2003) n'a pu être étudiée que partiellement. Le rôle de « forêt modèle » que pourrait avoir la forêt de la Harth au plan national dans le cadre du suivi du changement climatique sera à reconsidérer entre partenaires.



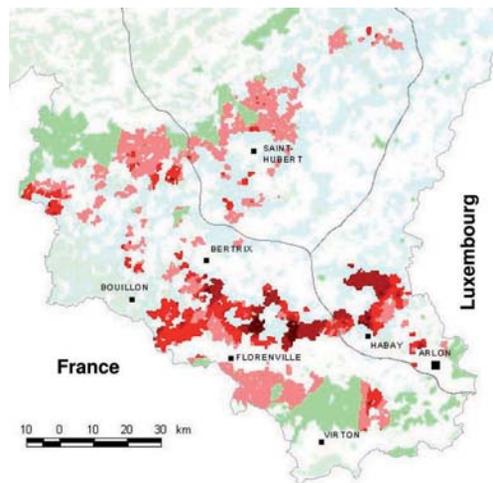
3 La « maladie du Hêtre » en Ardenne belge

En Wallonie, le Hêtre est la 2^e essence feuillue. Il est abondant sur près de 70 000 ha, soit 13 % de la forêt, souvent en futaie plus ou moins pure ou en mélange avec les chênes. Il se trouve essentiellement en Ardenne, sur des sols acides et dans un climat frais et arrosé (hêtraies à luzule). Les hêtraies sont majoritairement des propriétés publiques (communes et Région), gérées par le DNF (Département de la Nature et des Forêts).

À partir de l'automne 1999, les forestiers d'Ardenne et de Lorraine belges ont observé une fréquence anormale de décolllements d'écorce et de champignons en hauteur sur les troncs, puis des bris de gros hêtres, cassés à la base du houppier. En mai 2000, des abattages ciblés ont mis en évidence des zones de nécrose corticale, sièges d'intenses attaques d'insectes xylophages et départs de pourriture interne du tronc difficile à détecter de l'extérieur. Les arbres étaient irrémédiablement condamnés et le seul enjeu a été de les récolter dès le début de l'attaque afin d'encore récupérer du bois valorisable sur la grume : l'impact financier et psychologique a été important. De surcroît, cette crise est venue s'ajouter à celle du marché du bois qui a suivi la tempête de 1999. L'année 2001, sommet de la crise, se révèle catastrophique et inquiétante par la généralisation d'attaques de scolytes. En 2001 et 2002, un suivi spécifique de la situation en hêtraie, par des campagnes de mesure des placettes de Hêtre de l'inventaire forestier régional (collaboration GxABT-DNF)¹ a permis d'estimer la surface concernée en 2001 à 17 000 ha, le nombre d'arbres atteints à 750 000, pour un volume total de 1 327 000 m³ (soit 18 % du volume sur pied et 78 m³/ha). L'année suivante, les arbres qui présentent des symptômes visibles extérieurement sont, à quelques rares exceptions près ceux déjà atteints précédemment, et une certaine proportion, atteints par les scolytes en 2001 ne portent plus de symptômes extérieurs. Dans certains

grands massifs ardennais (Florenville, Anlier), plus de la moitié des gros hêtres sont atteints. La perte directe pour les propriétaires est estimée à plusieurs dizaines de millions d'€.

Les années suivantes, le nombre d'arbres présentant des symptômes a progressivement diminué pour devenir globalement négligeable dès 2006. Parallèlement, une grande partie des arbres présentant des symptômes en 2001 ou 2002 ont progressivement disparu par exploitation ou mort naturelle, tandis qu'un certain nombre d'entre eux n'a plus présenté de symptômes externes. Au total, on peut estimer que le volume total atteint approche les 2 000 000 m³.



Volume sur pied atteint

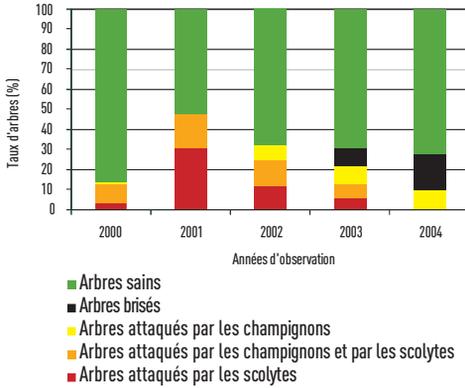


autres feuillus
autres résineux

Distribution géographique des dégâts, correspondant surtout à l'Ardenne (Huart et al., 2002).

1. Voir abréviations en page 55.

Évolution des symptômes au cours du temps (dispositif d'observation de Ste Cécile)

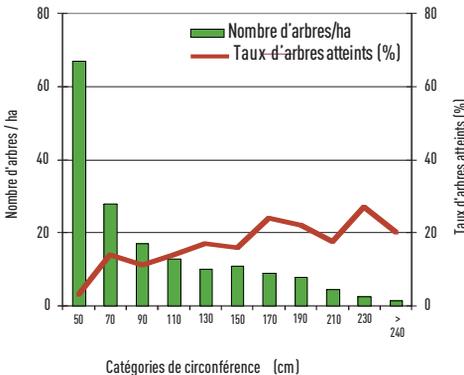


» « La maladie »¹

Grâce à un faisceau d'indices concordants (zone géographique concernée, altitude, localisation et orientation de la nécrose corticale, âge du cerne concerné par la nécrose...), il s'est avéré dès 2000, que l'origine de cette catastrophe fut un coup de froid précoce en automne 1998 (chute brutale de température sous -15°C après un automne exceptionnellement doux), qui a blessé le cam-

1. Référence : Huart et al, 2003 ; Henin et al., 2003.

Fréquence des dégâts selon la grosseur des bois (2001) Forêt soumise wallonne (42 000 ha)



bium, créant une nécrose sous-corticale. Il s'en est suivi une colonisation des troncs à partir de ces zones lésées par divers champignons et plusieurs espèces d'insectes xylophages, essentiellement des scolytes (*Xyloterus domesticus* et *X. signatus* surtout) attirés par le dégagement d'éthanol des zones nécrotiques. Les champignons lignivores secondaires (dont *Fomes fomentarius* et *Fomitopsis pinicola* essentiellement) ont ensuite détérioré très rapidement le bois sur pied, au départ de la zone nécrosée et attaquée par les insectes xylophages, engendrant de nombreux bris de troncs et la mort des arbres (en 2 à 5 ans). Une étude scientifique (ULB) tente de vérifier cette hypothèse en reproduisant artificiellement in situ les séquences de ce phénomène.

Au printemps 2001, une attaque généralisée de scolytes s'est sur-imposée à ce phénomène. Elle a affecté, de manière encore non expliquée avec certitude, beaucoup d'arbres sains, mais sans provoquer de mortalités généralisées. Les scolytes incriminés, naturellement présents en grand nombre dans toutes les hêtraies, sont donc demeurés strictement secondaires.

Pour les gestionnaires, les actions à mener sont d'éviter les risques de chutes d'arbres sur les voiries et les régénérations, ainsi que de tenter de commercialiser le bois qui peut l'être, la difficulté étant de détecter les bois atteints avant que ceux-ci ne soient trop altérés. Les symptômes précoces à rechercher sont : piqûres d'insectes, taches noires sur écorce, champignons, branches basses du houppier dépérissantes...

À la consultation des carnets de triage (archives des agents forestiers du DNF) et de la littérature, il semble qu'un événement similaire se soit déjà produit, avec moins d'ampleur, suite à l'hiver exceptionnellement rude de 1941-42.

➤ Les critères d'entrée en crise (voir chapitre 4)

CRITÈRE	CAS DE LA CRISE
Atteinte à la santé humaine	sans objet
Expertise de personnes référentes	alerte du Département Santé des Forêts
Taux de produits accidentels récoltés	connu
Nombre de coupes extraordinaires en forêt privée soumise à plan simple de gestion	non connu
Extension géographique	connue précocement (Ardenne et Lorraine belges)
Proportion du capital sur pied atteint	connu
Analyse de facteurs de vulnérabilité des peuplements forestiers	non connu en début de crise
Analyse des impacts possibles sur la filière bois	saturation de la filière, déjà très perturbée par les chablis de 1999

➤ Les critères de sortie de crise (voir chapitre 8)

CRITÈRE	CAS DE LA CRISE
Taux de produits accidentels récoltés	non connu ; forte baisse à partir de 2006
Expertise de personnels référents	nombreuses études de la recherche scientifique
Retour à nouvel équilibre analogue ou différent de l'équilibre d'avant crise	retour à équilibre analogue après purge des arbres atteints



Piqûres de scolytes prioritairement sur la zone nécrosée.



Dégradation typique du bois au départ de la lésion du cambium due au gel.

» La gestion de la crise sanitaire

PÉRIODE NATURE DE L'ACTION	ACTION MISE EN ŒUVRE	ACTEURS
1999 Premiers symptômes	Constatation d'une occurrence anormale de décollements d'écorce et de champignons sur les troncs	DNF, GxABT
2000 Coupes sanitaires Proposition de recherche	Révision des martelages pour y ajouter les hêtres atteints	DNF
	Appui scientifique de GxABT	GxABT
2000 – 2008 Suivi de l'évolution de la maladie	Mise sur pied et suivi de 3 dispositifs permanents de suivi des symptômes sans aucune intervention sylvicole	DNF, GxABT
2001 Alerte Récolte	Explosion de scolytes : nombreux arbres atteints Martelages sanitaires et sécurisation des bords de route. Organisation confiée aux chefs de cantonnement. Généralement : récolte urgente des bois Mise en place d'une cellule de crise (réunions mensuelles)	DNF
2001-2002 Information et protection de la filière-bois	Activation de la Cellule de Crise régionale (Ministre, Gouverneurs, Administrations, Filière Bois) : réunions mensuelles Diffusion régulière des acquis de la recherche Le DNF instaure une « clause de déclassement » qui permet aux acheteurs de bois sur pied jugés « sains » de revoir le prix des lots en cas de découverte de galeries de scolytes lors de l'exploitation	DNF, Ministre, FEDEMAR, FNS, SRFB, Scientifiques UWVC
	Estimation des pertes de rendement sciage sur base des symptômes présentés par les arbres sur pied	DNF, GxABT
Printemps 2001 à 2003 Piégeage scolytes	Grumes pièges à insecticide (pyréthrénoïdes) et déploiement en 2002 de 20 000 pièges «PM» (États-Unis) + phéromones (Autriche)...), par crainte de voir le scolyte devenir un ravageur primaire (par analogie à celui de l'Épicéa)	DNF, CRAgX, ULB
2001 Renforcement de la recherche multidisciplinaire	Renforcement de la recherche appliquée (épidémiologie, causes, conséquences sur le bois, gestion forestière, techniques de piégeage à grande échelle, etc..)	Ministre et DNF (coordinateur), GxABT, CRAw, ULB, UCL
2001 Suivi du phénomène	Mise sur pied d'un suivi à échelle régionale (2 années) : examen de 381 placettes de l'IPRFW installées en hêtraie et représentant 38.000 ha (domaine public)	DNF (IPRFW), GxABT
2001 Sensibilisation	Rédaction d'articles de sensibilisation dans les revues forestières, mise à jour des fiches techniques pour le piégeage Séances d'informations et formation de tous les agents gestionnaires du DNF des régions concernées Information des mandataires communaux (état des connaissances, gestion de la crise, marché du bois)	DNF (coordinateur) CRAw, GxABT UCL, ULB
2002 – 2006 Martelages sanitaires	Martelages annuels ou bisannuels en recherche des arbres atteints, avec clef de détection précoce des symptômes. Objectif : commercialiser le maximum de bois encore sain Les martelages « sylvicoles » classiques sont suspendus dans les zones les plus atteintes	DNF
2003 Synthèse scientifique	Article de synthèse sur la « maladie du Hêtre » et recommandations de gestion	GxABT, CRAw, ULB, UCL
2004 Recommandations	Rédaction et diffusion de recommandations sylvicoles pour la gestion des peuplements perturbés par la crise	DNF, GxABT
2004 Indemnisation des propriétaires	Maladie du Hêtre reconnue comme « calamité agricole » : intervention du Fond des calamités en faveur des propriétaires forestiers	Ministère fédéral de l'Agriculture
2006 – 2009 Retour à la normale	Diminution progressive du nombre d'arbres atteints Reprise des martelages « sylvicoles » dans les zones touchées et gestion des trouées Maintien d'arbres morts en faveur de la biodiversité (circulaire) Révision progressive des aménagements dans certaines zones parmi les plus touchées	DNF

➤ *Bilan général*

La situation de crise aiguë a perduré 5 ans (2000-2005), entre les premiers chablis et la diminution progressive des arbres présentant des symptômes, notamment suite aux récoltes. En 2001, devant l'ampleur des dégâts, la pullulation des scolytes et le caractère inconnu du phénomène, toute la filière bois fut prise de panique. Afin de répondre à la demande urgente des forestiers et des Communes propriétaires, des actions ont été proposées sur base des connaissances et de l'expertise scientifique du moment. *A posteriori*, les opérations de piégeage des scolytes, si elles ont permis de capturer un grand nombre d'individus, se sont révélées incapables de protéger efficacement les peuplements tant l'attractivité des arbres était élevée et les populations d'insectes importantes. Par ailleurs, la récolte urgente et à tout prix, du moindre chablis a souvent entraîné des dégâts conséquents aux sols forestiers.

Un an après le déclenchement de la maladie, une « cellule de crise », regroupant les gestionnaires

(DNF), les scientifiques et les Fédérations de la filière bois a été mise sur pied. Au fur et à mesure des constats dressés par les acteurs de terrain et des avancées régulières du consortium de recherches scientifiques appliquées (GxABT, ULB, CRAGx, UCL et des experts internationaux – France ONF, DSF, Luxembourg, Allemagne) elle a permis d'établir des directives pour la gestion de la crise, ainsi que des itinéraires de restauration des forêts atteintes.

L'ampleur des dégâts a pu être évaluée grâce à une collaboration entre la recherche et le DNF (Inventaire permanent des ressources forestières de Wallonie).

L'aide directe à la filière bois s'est limitée à l'introduction dans les cahiers des charges des ventes de bois (forêts publiques), d'une clause de déclassement pour les lots de grumes de hêtres achetés « sains » et diagnostiqués « scolytés » lors de l'exploitation.

Abréviations

DNF : Département de la Nature et des Forêts

DSF : Département de la Santé des Forêts

GxABT : Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (devenue « Gembloux Agro-Bio Tech » au sein de l'Université de Liège)

FEDEMAR : Fédération des Marchands de Bois.

FNS : Fédération Nationale des Scieries.

IPRFW : Inventaire Permanent des Ressources Forestières de Wallonie

ONF : Office National des Forêts.

UWVC : Union Wallonne des Villes et des Communes

SRFB : Société Royale Forestière de Belgique

ULB : Université Libre de Bruxelles

UCL : Université Catholique de Louvain

CRAW : Centre de Recherches Agronomiques de Wallonie



État d'un peuplement fortement atteint après 10 ans (forêt du Rurbush, Haute Ardenne ; 2008).

» *Les suites de l'après crise*

Fin 2009, les arbres atteints ont pratiquement tous été purgés des forêts, tandis qu'un certain nombre a été abandonné, participant à l'amélioration de la biodiversité. Parmi les tiges ayant subi des attaques de scolytes, certaines ont cependant réussi à surmonter ces attaques mais gardent en elles des traces de galeries. Les martelages ont repris leur cours normal, parfois avec des révisions d'aménagement dans les zones les plus touchées et des adaptations de la gestion, notamment des trouées. Cette crise a permis de se rendre compte de la fragilité de la hêtraie climacique, surtout lorsque celle-ci est « pure ».

À l'avenir, plusieurs actions seraient utiles :

- ▶ Établir un mode opératoire au cas où ce phénomène se reproduirait. Le DNF envisage d'élaborer un plan de crise spécifique à la « maladie du Hêtre » ;
- ▶ Trouver un équilibre forêt-gibier compatible avec les besoins de restauration des forêts, notamment vis-à-vis de la nécessaire diversification (Chêne, Bouleau, Érable : des espèces très appréciées) ;
- ▶ Envisager des révisions d'aménagement pour les propriétés fortement touchées, tenant compte notamment des contraintes liées à Natura 2000 et aux changements climatiques.

4 Le dépérissement des résineux dans le Tarn et l'Aveyron, suite à la sécheresse et canicule de 2003

Dans les départements du Tarn et de l'Aveyron, la surface des reboisements de résineux couvre de grandes surfaces, avec notamment 19 000 ha d'Épicéa et 23 000 ha de Douglas. La plupart des ces boisements, installés depuis les années 1950 grâce au Fonds forestier national, sont âgés de moins de 60 ans.

► Principaux phénomènes observés

Un phénomène de mortalité a démarré, suite à la canicule de 2003, dans les massifs de résineux du Tarn et de l'Aveyron. Les phénomènes observés ont été principalement :

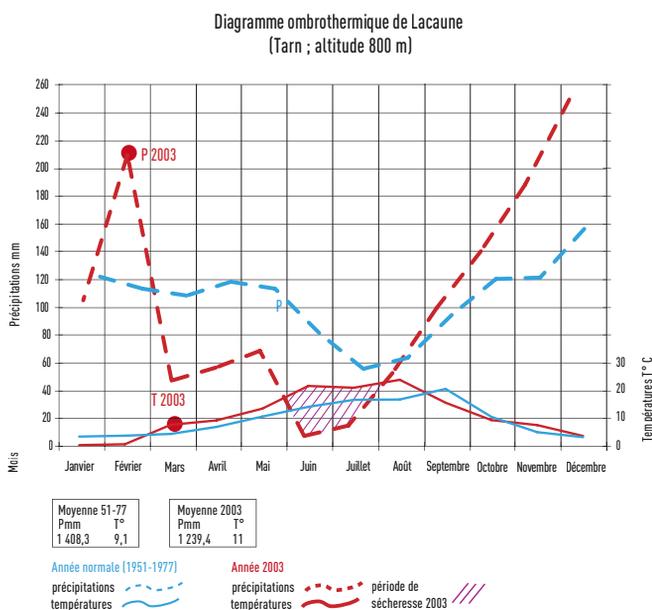
- Attaques importantes de scolytes sur Épicéa ;
- Dessèchement de cime pour le Douglas, sans agents pathogènes ;
- Disparition totale du Grandis.

► Les facteurs déclenchants ; les indicateurs d'entrée en crise

► Le facteur déclenchant a été climatique : la sécheresse et la canicule exceptionnelle 2003 se sont traduites dès l'automne par des mortalités dans les sapinières de Vancouver du sud de l'Aveyron et le dessèchement des cimes de Douglas notamment pour des peuplements introduits à très basse altitude (voir carte p. 20).

► Le graphique ci-contre permet de comparer les diagrammes ombro-thermiques de la station de Lacaune (800 m d'altitude) pour la période 1951 à 1977 à celui de l'année 2003 ; il fait apparaître une période sèche de 2 mois.

Un facteur de vulnérabilité à la sécheresse a probablement été la densité forte des peuplements, insuffisamment éclaircis.



➤ Les critères d'entrée en crise (voir chapitre 4)

CRITÈRE	CAS DE LA CRISE
Atteinte à la santé humaine	sans objet
Expertise de personnes référentes	alerte du Département Santé des Forêts
Taux de produits accidentels récoltés	connu en forêt publique (2003-2006) - 624 ha coupes exceptionnelles - 200 ha coupes partielles
Nombre de coupes extraordinaires en forêt privée soumise à plan simple de gestion	2003-2006 : - 350 coupes urgentes (1 750 ha) - 260 ha coupes d'anticipation
Extension géographique	déterminée par télédétection MODIS
Proportion du capital sur pied atteint	-
Analyse de facteurs de vulnérabilité des peuplements forestiers	non connu en début de crise ; a mobilisé la recherche scientifique pour le Douglas
Analyse des impacts possibles sur la filière bois	potentiellement forte

➤ Les critères de sortie de crise (voir chapitre 8)

CRITÈRE	CAS DE LA CRISE
Taux de produits accidentels récoltés	forte diminution dès 2007
Nombre de coupes extraordinaires en forêt privée soumise à plan simple de gestion	forte diminution dès 2007
Expertise de personnels référents	-
Retour à nouvel équilibre analogue ou différent de l'équilibre d'avant crise	Nouvel équilibre car éradication de la majorité des peuplements d'Épicéa et Sapin de Vancouver

➤ La gestion de la crise sanitaire

DATE NATURE DE L'ACTION	ACTION MISE EN ŒUVRE	ACTEURS
Printemps-été 2003	Sécheresse précoce et longue Canicule exceptionnelle : record de chaleur à Albi (81) 42° C	
Automne 2003 Premières récoltes de peuplements	Premières coupes urgentes (150 ha) dont : - 90 ha d'Épicéa (Tarn) - 60 ha de Sapin de Vancouver (Aveyron)	CRPF ONF FORESTARN DSF
Année 2004 Augmentation des récoltes	Poursuite des coupes urgentes (390 ha) dont : - 190 ha d'Épicéa, - 20 ha de Douglas, - 180 ha de Sapin de Vancouver	CRPF FORESTARN ONF DSF
2005 Installation de placettes d'observation	- 37 placettes d'observation et de notation de Douglas - 31 placettes de suivi de dégâts typographiques sur Épicéa	CRPF DSF

DATE NATURE DE L'ACTION	ACTION MISE EN ŒUVRE	ACTEURS
2005 l'année « catastrophe »	770 ha de coupes nouvelles : – 550 ha d'Épicéa dans le Tarn, – 220 ha dans l'Aveyron, dont 100 ha Sapin de Vancouver	CRPF FORESTARN ONF, DSF
	– Le volume mobilisé par Forestarn a doublé ! – Fort investissement des exploitants en matériel d'exploitation : 80% de la récolte est mécanisée – Atout fort : bonne tenue du cours des bois en 2005/2006	
	Réalisation d'enquêtes foncières (identifier les propriétaires ; constituer des lots importants de bois)	
Février 2006 Commande d'une étude par la DRAF - Serfob	Objectifs : – cartographier les atteintes par télédétection – identifier les modifications à apporter aux documents d'objectif en cours ou en préparation (DRA-SRA ; SRGS) ; proposer une alternative à l'Épicéa – rechercher les provenances de Douglas les mieux adaptées (commande aux organismes de recherche)	École d'Agriculture de Purpan (EIP) ONF CRPF
Année 2006 Baisse des récoltes	440 ha sont récoltés en coupes urgentes (90 % en Épicéa commun, dans le Tarn en forêt privée)	CRPF, DSF FORESTARN
	Maintien et suivi du réseau de 68 placettes Épicéa et Douglas (poursuite en 2007 et 2008)	CRPF
Janvier 2007 Rendu étude télédétection (1 ^{re} tranche)	Évaluation des coupes urgentes réalisées Rendu cartographique des boisements résineux à activité végétale en baisse	CRPF EIP ONF
Février 2007 Colloque à la Maison de la Forêt du Tarn	Colloque à l'initiative de la Maison de la Forêt du Tarn, regroupant les organismes de recherche et de gestion : – Inra – FCBA – CEMAGREF – Société VILMORIN Proposition de thèse formulée par l'Inra : causes du dépérissement et facteurs de vulnérabilité du Douglas ; réponses de provenances de Douglas à la sécheresse	CRPF DSF Inra ONF FORESTARN
Été 2007	– Mise en place d'une surveillance des tas de bois Épicéa en forêt ; CRPF = maître d'ouvrage, a distribué les aides obtenues ; 56 000 m ³ contrôlés – Il n'y a pas eu d'arrêtés préfectoral d'éradication obligatoire des foyers dans le Tarn : mise en œuvre jugée difficile et peu efficace – Pas de modifications de PSG : coupes faites sur dérogations (coupes d'urgence + coupes extraordinaires)	CRPF, ONF FORESTARN DSF SUD ABIES Exploitants et débardeurs
Année 2007 Baisse des récoltes	380 ha récoltés essentiellement dans le Tarn et en Épicéa	CRPF, ONF FORESTARN
Automne 2007 Démarrage thèse Inra-IDF Suivi de plantations récentes de Douglas	Démarrage thèse Inra dans le cadre de l'ANR DRYADE : (1) facteurs de vulnérabilité du Douglas ; (2) réponses provenances de Douglas aux aléas climatiques récents dans les plantations comparatives anciennes de l'Inra.	Inra IDF CRPF
	28 plantations (origine essentiellement Luzette et Darrington) ont été analysées	CRPF
2008 Rendu étude télédétection (2 ^e tranche)	Extension de l'analyse télédétection aux années 2006 et 2007. Conclusions : – remontée de l'activité foliaire printanière mais sans encore atteindre l'état de référence antérieur à 2003 – surfaces en déficit significatif d'activité foliaire printanière encore importantes : 10 000 ha [1/2 Épicéa ; 1/2 Douglas] – création d'une base de donnée avec liaison SIG : placettes d'observation, coupes urgentes, résultats issus de la télédétection	CRPF ONF EIP
Hiver 2008-2009 Étude des systèmes racinaires du Douglas	Étude des racines de Douglas et des réserves utiles des sols. Mise en liaison avec les notations de dépérissements et la croissance radiale. Constat : nombreux systèmes racinaires affectés par des pourritures attribuées au Fomès.	IDF CRPF Inra
Printemps 2009	Nouvelles orientations de choix d'essences dans les directives et schémas régionaux (DRA, SRA, SRGS)	CRPF, ONF
Prévision 2010	Projet de rédaction d'un guide pour les choix des essences forestières issu des modifications des directives et schémas régionaux	CRPF, ONF, PNR Haut-Languedoc
	Achèvement des travaux de thèse Inra	Inra, IDF

» Bilan général

■ Ampleur du phénomène

Globalement, fin 2008, ce sont environ 2 000 ha de coupes rases présentant un caractère d'urgence qui ont été réalisées.

NB : en 2006, 250 ha de forêt privée ont été récoltés selon la procédure de coupes extraordinaires, un certain nombre de propriétaires particulièrement touchés par des dépérissements ayant préféré anticiper la récolte de peuplements. Le CRPF ne s'est pas opposé à ces demandes car limitées et ne mettant pas en péril les cours des bois.

Les surfaces récoltées ont concerné :

- ▶ 65 % d'Épicéa commun quasiment toujours attaqué par le typographe,
- ▶ 10 % de Douglas, sec sur pied, sans présence de parasites sous-corticaux,
- ▶ 25 % de Sapin de Vancouver, avec invasion rapide par l'armillaire.

■ Efficacité des actions menées

La bonne réactivité des acteurs forestiers (propriétaires, coopérative, CRPF, ONF, exploitants et débardeurs), coordonnés par la Maison de la forêt du Tarn, a permis la récolte des bois au fur et à mesure de l'évolution des dépérissements : 900 000 m³ ont été récoltés de 2003 à 2007, avec un pic en 2005 (300 000 m³).

▶ Le suivi des bois d'Épicéa stockés en forêt en 2007, leur enlèvement rapide et le traitement à l'insecticide de quelques tas présentant un risque (moins de 15 % du volume suivi) ont sûrement participé au déclin de l'épisode de contamination des peuplements.

▶ La création d'une base de données commune, permettra de quantifier plus rapidement dans le futur l'ampleur de phénomènes similaires et d'envisager éventuellement la mise en œuvre de mesures curatives comme les traitements des tas de bois si nécessaire.

▶ L'analyse des réponses des couverts observées par télédétection, croisées avec un MNT, a permis

d'identifier des limites altitudinales différenciées selon les essences : cette analyse a permis de modifier les préconisations concernant les choix d'essences des documents directeurs.

■ Action de recherche engagée

Thèse Inra – IDF (programme Dryade) :

- ▶ facteurs de vulnérabilité sylvicole, écologique, historique, phytosanitaire du Douglas au dépérissement, quantification des sécheresses par bilan hydrique et analyse rétrospective conjointe de la croissance des peuplements ;
- ▶ mobilisation des plantations comparatives de provenances anciennes de l'Inra pour quantifier les réponses différentielles aux aléas climatiques récents.



Parterre de coupe d'Épicéas scolytés.



© J.-P. Orriisset

© J.-P. Orriisset

5 Les scolytes de l'Épicéa en forêt privée de Franche-Comté

Le problème récurrent des pullulations de «scolytes» sur résineux est pris en compte depuis longtemps par la forêt privée franc-comtoise. Il a donné lieu à des actions communes, initiées au début des années 1980 puis déployées après chaque aléa climatique (chablis de 1990, tempêtes de 1999, sécheresse et canicule de 2003). Les campagnes de sensibilisation et de vulgarisation des méthodes de lutte active se sont succédé à chaque épisode épidémique : la vigilance et la réactivité de nombreux propriétaires privés ont été renforcées ; mais l'ignorance et l'éloignement de beaucoup d'autres propriétaires limitent l'efficacité de la lutte active.

Suite à la sécheresse et à la canicule de 2003, le signalement de foyers en forêt privée et l'organisation de leur résorption rapide, maillons importants de la lutte, ont conduit le CRPF à mettre en œuvre une première action de coordination en 2004-2005.

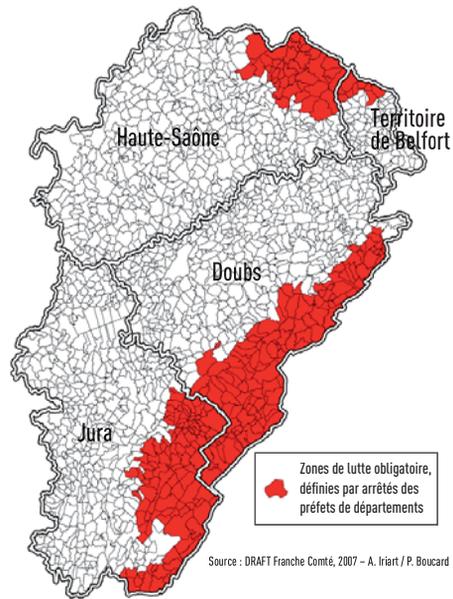
En 2007, le contexte économique très favorable et la forte demande en bois ont permis à la filière de résoudre seule de nombreux cas. Néanmoins, à la demande de la DRAF, le CRPF et la Chambre d'Agriculture ont mené une nouvelle action de lutte en forêt privée, selon une stratégie qui a mobilisé l'ensemble de la filière pour :

► maintenir une vigilance généralisée sur l'ensemble du territoire (observateurs de terrain formés aux détections précoces) ;



Galerie de chalcographe sur Épicéa.

Franche-Comté : zones de lutte obligatoire
contre les scolytes



Source : DRAFT Franche Comté, 2007 - A. Iriart / P. Boucard

► intensifier la détection et la lutte dans des zones de « lutte obligatoire » au sein desquelles la sauvegarde de l'Épicéa est collectivement souhaitée (arrêtés préfectoraux publiés à la fin du printemps 2007).

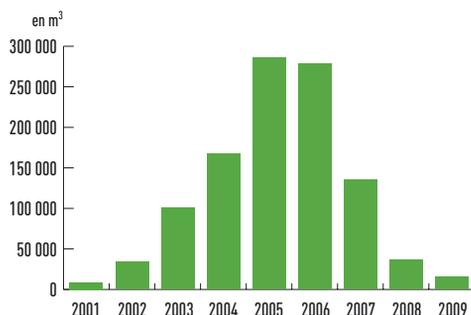
En parallèle, les recommandations du Département de la Santé des Forêts (DSF) ont été encouragées : actions préventives et lutte active.

➤ Les facteurs déclenchants ; les indicateurs d'entrée en crise

Suite aux déficits de précipitations des années 2003 puis 2005 et 2006, les volumes de bois scolytés récoltés en forêt privée ont atteint des records. Les attaques tendaient à se déplacer de manière inquiétante dans l'aire naturelle de l'Épicéa, jusqu'aux Hautes-Châines, impactant des peuplements en station.

L'échelon Nord-Est du DSF confirmait l'importance des dégâts en Franche-Comté et la nécessité de poursuivre la lutte active.

Une explosion des récoltes d'arbres scolytés
(volumes d'Épicéa scolyté exploités
en forêt publique de Franche-Comté)



Source : ONF

➤ Les critères d'entrée en crise (voir chapitre 4)

CRITÈRE	CAS DE LA CRISE
Atteinte à la santé humaine	sans objet
Expertise de personnes référentes	alerte du Département de la Santé des Forêts
Taux de produits accidentels récoltés	connu
Nombre de coupes extraordinaires en forêt privée soumise à plan simple de gestion	connu, avec un pic de 2004 à 2007
Extension géographique	-
Proportion du capital sur pied atteint	-
Analyse de facteurs de vulnérabilité des peuplements forestiers	bilan hydrique défavorable : réserve utile de sol faible ; pluviométrie insuffisante
Analyse des impacts possibles sur la filière bois	risque de saturation de la filière et de baisse forte des cours du bois

➤ Les critères de sortie de crise (voir chapitre 8)

CRITÈRE	CAS DE LA CRISE
Taux de produits accidentels récoltés	partiellement connu : forte baisse à partir de 2007
Nombre de coupes extraordinaires en forêt privée soumise à plan simple de gestion	connu : nul en 2008
Expertise de personnes référentes	néant
Retour à nouvel équilibre analogue ou différent de l'équilibre d'avant crise	retour à équilibre analogue

➤ *La gestion de la crise sanitaire*

PÉRIODE NATURE DE L'ACTION MENÉE	ACTION MISE EN ŒUVRE	ACTEURS
Janvier 2007 Constat d'une situation alarmante	Première réunion à la Préfecture du Jura afin d'organiser la lutte contre les scolytes : actions coordonnées par la DRAF impliquant tous les partenaires (propriétaires publics et privés, gestionnaires, exploitants, scieurs, ETF)	Préfecture DRAF
Mars 2007 Organisation de la lutte	Désignation du CRPF comme coordinateur régional de la lutte en forêt privée, avec 3 relais départementaux Élaboration des documents de référence	CRPF Chambre d'Agriculture du Doubs
	Implication des acteurs de l'aval pour accélérer la lutte dès le diagnostic de présence des foyers Projet de charte de bonne conduite	Gestionnaires exploitants ETF
Avril à juin 2007 Cadre réglementaire	Arrêtés préfectoraux réglementant la lutte et instituant des zones de « lutte obligatoire »	DDAF Préfectures
Avril à juin 2007 Formation des référents du Jura	Dispositif expérimental complémentaire dans le Jura : – identification de personnes volontaires au sein des membres du Syndicat des propriétaires producteurs forestiers privés et des Associations syndicales de desserte (ASA), – organisation de journées de formation à la détection précoce des foyers (sciure brune)	Échelon DSF CRPF Syndicat et ASA
Années 2007-2008 Vulgarisation et information des acteurs	Réunions d'information et conseil auprès des propriétaires	CRPF Chambres d'Agriculture ADEFOR
	Information et demande de signalement adressées aux maires des zones de lutte obligatoire par les DDAF	DDAF Élus locaux
Années 2007-2008 Mise en œuvre de la lutte active	Enregistrement de tous les signalements par les coordinateurs départementaux (tableaux de suivi) Identification du propriétaire : en général, communication des coordonnées au coordinateur départemental ou à défaut, identification de la parcelle et du propriétaire Diagnostic sanitaire réalisé par : – les professionnels dans le cadre de leurs signalements, – les référents ayant reçu la formation DSF (diagnostics validés ou confirmés après visite par le coordinateur départemental en cas de doute), – le coordinateur départemental dans les autres situations	Tous
	Information du propriétaire de la parcelle atteinte : procédure simple à l'initiative du coordinateur départemental, privilégiant premier contact par téléphone, ou envoi d'un courrier type et d'une fiche diagnostic	CRPF, Chambre d'Agriculture du Doubs
	Traitement des foyers Délai de 3 semaines laissé au propriétaire pour traiter soit par lui-même, soit en demandant au coordinateur départemental l'intervention d'un gestionnaire. Dans ce cas, le coordinateur diffuse la fiche diagnostic par mail aux gestionnaires partenaires de l'action. Celui qui prend en charge le foyer informe les autres et le coordinateur <i>NB</i> : un partage préalable du territoire entre gestionnaires destiné à réduire les temps d'intervention n'a pas été accepté Déclaration de résorption Déclaration sur l'honneur du propriétaire retournée sous 3 semaines au coordinateur départemental (contrôle statistique) Procédure simplifiée par téléphone ou mail pour le gestionnaire chargé du foyer	Propriétaires gestionnaires

PÉRIODE NATURE DE L'ACTION MENÉE	ACTION MISE EN ŒUVRE	ACTEURS
Années 2007-2008 Mise en œuvre de la lutte active	<p>Information du coordonateur départemental, en temps réel, des foyers traités par les professionnels de la filière en complément des signalements</p> <p>Mise en demeure Transmission par le coordonateur départemental des informations concernant un foyer en zone de lutte obligatoire qui n'est pas résorbé dans les délais (ou dont la résorption proche n'est pas signifiée), pour mise en demeure par la DDAF</p>	Tous CRPF, Chambre d'Agriculture du Doubs DDAF
Novembre 2007 et 2008 Remontée des informations quantifiées	<p>Implication souhaitée de toute la filière, sous la coordination de la DRAF</p> <p>Les informations recueillies (caractéristiques des foyers traités, volumes de bois scolytés et récoltés) ont été quantifiées et centralisées au niveau des coordonateurs départementaux, puis synthétisées au niveau régional</p>	Tous
Années 2007-2009 Charte de bonne conduite	Proposition d'une charte de bonne conduite de lutte contre les scolytes durant la période de validité des arrêtés préfectoraux. Signature en 2009 par tous les acteurs amont (public et privé) et aval	Tous (coordination DRAF)

➤ Bilan général

Les contextes météorologique et économique favorables à la forêt ont favorisé la régression des populations de scolytes (années 2007 et 2008 aux printemps et étés pluvieux ; forte demande du marché de bois résineux). La sortie de crise, amorcée en 2007, est à dater en 2008.

En forêt privée, le bilan global de la lutte évalue à 156 le nombre de propriétaires contactés par les coordonateurs, pour un volume total voisin de 12 000 m³, auquel s'ajoute l'activité des professionnels (exploitants forestiers, scieurs et ETF). Les propriétaires privés de parcelles touchées





© CRPF / Patrick Léchêne

en zone de lutte obligatoire ont généralement accompli les démarches nécessaires à l'exploitation des foyers, soit en agissant directement, soit suite à l'information des coordinateurs.

Le défaut de signature de la charte de bonne conduite durant la période de crise a sans doute contribué à limiter les résultats des actions entreprises.

■ Points positifs

- ▶ Mise au point d'un schéma organisationnel, évolutif et mobilisable rapidement.
- ▶ Présence d'un cadre réglementaire avec arrêtés préfectoraux et zones de lutte obligatoire définies dans chaque département.

- ▶ Implication de personnes référentes (Jura), « investissement » durable dans une formation ciblée pour la détection précoce des attaques, et mise en réseau de ces personnes.

■ Perspectives d'amélioration

- ▶ Mieux évaluer le risque présenté par chaque foyer, et améliorer sa localisation (GPS).
- ▶ Simplifier les procédures, réduire le nombre de documents de référence. Conserver une coordination départementale, mais s'appuyer davantage sur les techniciens de secteur.
- ▶ Étendre l'expérience du réseau de référents jurassiens aux autres départements ; solliciter ces personnes ressources dès le début de la saison de végétation.
- ▶ Renforcer les synergies dans une logique de filière mobilisant l'ensemble des acteurs, afin de réduire les risques de doublon lors des signalements de foyers. Favoriser le regroupement de chantiers par massif, orienter la prospection en fonction de la localisation des abatteuses.
- ▶ Laisser au propriétaire qui le souhaite la maîtrise des opérations avec l'intervenant de son choix (fournir une liste de professionnels).
- ▶ Associer au principe réglementaire de mise en demeure des solutions concrètes en cas de risque élevé de contamination.
- ▶ À l'exception des arrêtés préfectoraux uniquement justifiés lors des phases de pullulation, pérenniser le dispositif et l'engagement de tous les partenaires, afin de disposer rapidement des moyens nécessaires à la mise en œuvre du plan de lutte en cas de besoin.

6 Le puceron lanigère sur Peuplier (*Phloeomyzus passerinii*)

Depuis le milieu des années 1990, certaines peupleraies françaises subissent des attaques de puceron lanigère sur les troncs des arbres : des mortalités importantes peuvent en découler.

En l'état actuel des connaissances, les cultivars vulnérables seraient :

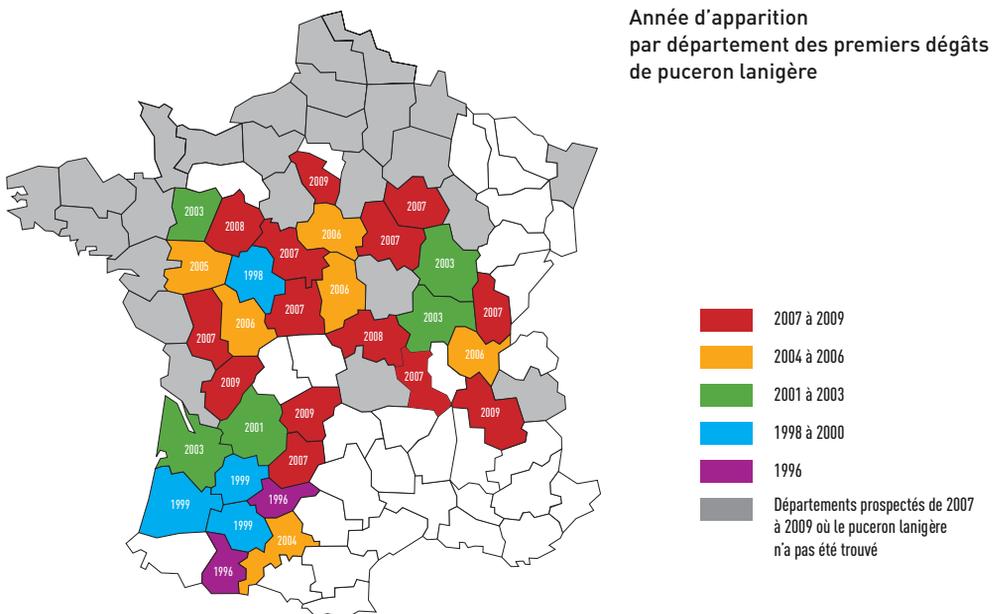
- ▶ le I 214, le Dorskamp et le Triplo, qui sont les plus sensibles (fortes mortalités),
- ▶ le I 45/51, également attaqué, mais ne présentant quasiment pas de mortalités.

Les peupleraies atteintes ont les caractéristiques suivantes :

- ▶ circonférence moyenne supérieure à 80 cm (diamètre 25 cm), avec début de fermeture du couvert,
- ▶ de bonne croissance, vigoureuses, sur stations favorables au Peuplier,
- ▶ sur station nitrophile.

La présence d'insectes en colonies sur les troncs en cours de printemps ou d'été entraîne d'importants dommages. Une pullulation automnale est généralement moins dommageable pour l'avenir du peuplement.

La lutte curative contre le puceron nécessite un traitement insecticide depuis le sol au canon pulvérisateur, lorsque plus de 30 % de la hauteur des troncs est infestée. Le traitement peut nécessiter d'être renouvelé dans l'année, une à deux fois.



Source : Département de la santé des forêts (2009)

➤ Conséquences économiques

L'absence ou l'échec d'un traitement peut être lourd de conséquence. En effet, une attaque de puceron peut décimer une peupleraie en quelques mois : en règle générale, ce n'est que l'année suivant l'attaque que l'on mesure réellement l'ampleur des dégâts. Cependant, il est impensable que toutes les peupleraies puissent être traitées à temps, par manque d'appareils de traitement et bien souvent d'accessibilité aux parcelles. Des mortalités dans des peuplements pas encore mûrs auront donc lieu. Une perte de bois pour la filière est inévitable.

Si la peupleraie est atteinte à maturité et l'exploitation réalisée rapidement, le bois peut être valorisé de façon à peu près satisfaisante. Toutefois, l'expérience 2008 a montré une saturation du marché local du Peuplier en Pays de la Loire.

Si la peupleraie est atteinte bien avant maturité, il faut récolter alors que le volume est insuffisant. La perte financière est dans ce cas importante.

La seule solution envisageable pour traiter durablement cette crise sanitaire est l'amélioration génétique et la plantation de cultivars peu ou pas sensibles au puceron lanigère.



Feutrage de puceron sur tronc de Peuplier.

© DSF / O. Baubet

➤ Les facteurs déclenchants

- ▶ Les facteurs déclenchants ne sont pas connus ; le seul véritable facteur prédisposant identifié est la sensibilité propre de chaque cultivar.



© F. Barbetin



► Il existe une périodicité de 2 ans pour les fortes attaques ; les raisons en sont inconnues. Des recherches sur la biologie de ce ravageur sont en cours afin de tenter de trouver une explication. Une crise peut donc potentiellement intervenir tous les 2 ans dans les secteurs à forte présence de cultivars sensibles.

► Dans l'état actuel des connaissances, aucun facteur ne peut expliquer l'absence de puceron dans les peuplements à risques des zones indemnes (Picardie, Champagne-Ardennes). C'est pourquoi il convient d'être prudent aussi dans ces régions sur l'utilisation de cultivars sensibles.

► Les critères d'entrée en crise (voir chapitre 4)

CRITÈRE	CAS DE LA CRISE
Atteinte à la santé humaine	néant
Expertise de personnes référentes	expert national DSF
Taux de produits accidentels récoltés	non connu
Nombre de coupes extraordinaires en forêt privée soumise à plan simple de gestion	non connu
Extension géographique	établissement d'une carte de France des départements atteints
Proportion du capital sur pied atteint	variable ; non estimée pour la crise
Analyse de facteurs de vulnérabilité des peuplements forestiers	facteur « clone sensible » identifié
Analyse des impacts possibles sur la filière bois	perturbations observées sur la filière populiicole française

NB : aucun critère quantitatif global n'est disponible concernant ce phénomène émergent. L'entrée en crise repose donc sur des éléments issus d'expertises.

► Les critères de sortie de crise (voir chapitre 8)

En 2010, cette crise n'est pas considérée comme terminée.

CRITÈRE	CAS DE LA CRISE
Taux de produits accidentels récoltés	non disponible
Nombre de coupes extraordinaires en forêt privée soumise à plan simple de gestion	non disponible
Expertise de personnes référentes	recherches scientifiques en cours
Retour à nouvel équilibre analogue ou différent de l'équilibre d'avant crise	différent après élimination et remplacement cultivars sensibles

» La gestion de la crise sanitaire

PÉRIODE NATURE DE L'ACTION MENÉE	ACTION MISE EN ŒUVRE	ACTEURS
1995 Apparition du phénomène	Premiers dégâts constatés en Midi-Pyrénées sur I 214	DSF, CRPF
1997 à 2003 Premiers traitements	Présence et dommages importants en Vallée de Garonne avec une périodicité de 2 ans Développement et mise en œuvre de méthodes d'évaluation et de traitement	DSF, CRPF, Coopératives
2002-2003 Premières récoltes de peuplements	Premiers dégâts importants en Midi-Pyrénées et Bourgogne	DSF, CRPF
	Premières récoltes significatives de peuplements atteints	Exploitants et propriétaires
2004-2005-2006 Poursuite des attaques	Période de moindre présence dans le Sud-Ouest alors qu'en Bourgogne, on assiste à diverses attaques. Récoltes des parcelles dépérissantes	Exploitants et Propriétaires
	Ralentissement des plantations de I 214 en Bourgogne	CRPF
	Article dans Forêt-Entreprise Réunions d'information pour les propriétaires	DSF, CRPF
2007 Mise en place d'un suivi sur placettes	Première année de mise en œuvre d'un suivi permanent par le réseau des correspondants-observateurs : bon fonctionnement du réseau pour sa phase d'alerte 70 % des placettes sont attaquées, dont 30 % sont fortement attaquées	DSF, CRPF, ONF
	Attaque massive en Sud-Ouest, Nord-Ouest et Bourgogne Poursuite des exploitations des parcelles attaquées	Exploitants et Propriétaires
	Lancement d'un programme national de recherche	Université d'Orléans
2008 Augmentation des coupes de peuplements atteints	Conséquences de l'attaque de 2007 : 8 exploitants de Pays de Loire et Bourgogne ont exploité 677 ha de I 214 en urgence suite aux attaques de pucerons. Fortes mortalités sur Dorskamp Vallée de la Garonne, Bourgogne et Pays de Loire sont les secteurs les plus contaminés	Exploitants et Propriétaires IDF, DSF, CRPF, ONF
	Suppression de 3 cultivars (I 214, Dorskamp, Triplo) dans la liste des clones éligibles pour le Sud-Ouest et la Bourgogne	Ministère de l'agriculture Organismes de recherche CNP, IDF
	Réunion d'information en Pays de Loire (groupe de travail Peuplier de l'IDF)	IDF
2009 Poursuite des actions de surveillance	Article d'information dans Forêt-Entreprise	IDF
	Surveillance DSF Présence automnale en Bourgogne et Nord-Ouest	DSF, CRPF, ONF

» Bilan général

La crise sanitaire « puceron lanigère » s'est développée progressivement au cours des années 1995-2004. À partir de 2005, les dégâts et les récoltes ont augmenté très fortement, incitant à réduire drastiquement les surfaces plantées en I 214.

■ Suivi du phénomène

Les diagnostics réalisés suite aux premiers signalements ont permis de suivre l'extension géographique du ravageur depuis 1995. La mise en place d'un suivi permanent par le Département santé des forêts a permis de mieux localiser et quantifier le phénomène.



■ Impact sur la production de Peuplier

La prise de conscience du problème par la profession a été rapide, dès 2002, dans les régions les plus touchées (Midi-Pyrénées, Aquitaine, Bourgogne). À partir de 2006, toutes les régions ont été sensibilisées.

■ Un suivi difficile des surfaces atteintes et des volumes récoltés

Aucune compilation des surfaces et des volumes récoltés n'a été menée hormis celle réalisée par

l'IDF auprès de 8 exploitants pour le seul cultivar I 214 : en 2008, 677 ha de I 214 pour 99 000 m³ ont été récoltés. La labellisation de cette crise est donc délicate, au regard des critères identifiés par le présent guide (voir chapitre 4 « Indicateurs d'aide à la décision »).

■ Une adaptation des politiques d'aides

Les décisions prises concernant la modification de la liste régionalisée des cultivars éligibles aux aides de l'État en juin 2008 ont été, pour les acteurs forestiers, un signal fort et porteur de l'ampleur de la crise.

■ Début 2010, la situation était la suivante :

- une crise sanitaire bien identifiée et reconnue ;
- des méthodes de gestion des parcelles touchées maîtrisées (surveillance, traitement chimique, attente d'exploitation, exploitation en urgence) ;
- des premiers résultats de la recherche sur la biologie du ravageur et la différenciation de la sensibilité entre les cultivars ;
- en revanche, une prévention balbutiante faute d'informations sur la sensibilité de tous les cultivars de remplacement, et sur la biologie et l'épidémiologie du ravageur. Même si des recherches ont été lancées, les réponses attendues par la profession demanderont du temps : ce décalage met en difficulté la filière populicole qui peut hésiter à investir dans des plantations dont le risque lié aux attaques de puceron est inconnu.

ANNEXES



- 1 Protocoles de notation pour placettes locales de suivi de dépérissement
- 2 La télédétection : outils et perspectives
- 3 Retour d'expérience de crise sanitaire
- 4 Se documenter : proposition bibliographique

1 Protocoles de notation pour placettes locales de suivi de dépérissement

Confronté à un dépérissement dans une parcelle, le forestier doit tout d'abord évaluer l'ampleur de l'événement de façon à prendre les décisions de gestion adéquates. Dans un deuxième temps, il va s'intéresser à la dynamique temporelle du phénomène pour soupeser les risques d'aggravation de la situation.

➤ Introduction

Pour de telles évaluations, il convient essentiellement d'utiliser les symptômes caractéristiques d'un dépérissement.

Cette évaluation à partir de symptômes a l'avantage d'être réalisable même en l'absence de compréhension des facteurs en cause dans le processus de dépérissement, compréhension qui nécessite en général des investigations poussées souvent hors de portée du gestionnaire.

Suivant l'objectif poursuivi localement, un dispositif d'observation et de notation peut être mis en place. Trois méthodes d'évaluation et de suivi d'un

dépérissement, largement utilisées depuis plus de 20 ans, sont proposées. Elles sont rapidement transférables à des observateurs forestiers, après une formation dispensée par des personnes expérimentées (correspondants-observateurs du DSF par exemple).

Il s'agit de :

- la mortalité de branches dans la partie supérieure du houppier,
- l'évaluation de l'aspect des houppiers (protocole DEPEFEU pour les essences feuillues),
- le déficit foliaire par rapport à un arbre de référence.

OBJECTIF	MÉTHODE PROPOSÉE	OBSERVATIONS
Évaluation à un instant t de l'état d'une parcelle	Échantillonnage statistique de type « diagnostic sylvicole » : voir chapitre 6 « Actions opérationnelles »	Il s'agit d'une méthode de diagnostic ponctuel, et non pas de suivi ➔ à réserver aux diagnostics avant intervention (martelage, travaux)
Évaluation à un instant t de l'état des peuplements d'un massif forestier (ou petite région naturelle)	Échantillonnage statistique sans repérage pérenne des arbres Voir protocoles ci-dessous	Il s'agit d'une méthode pour apprécier un état des lieux, et non pas d'une méthode de suivi
Évaluation de la dynamique du phénomène par un suivi pluriannuel d'arbres individuels	Échantillonnage statistique avec repérage pérenne des arbres, la plupart du temps par numérotation à la peinture sur le tronc Voir protocoles ci-dessous	Méthode de suivi coûteuse ¹ , à mener sur de longues durées (3 à 10 ans) ➔ utilisation à limiter aux dépérissements à forts enjeux

1. Coût approximatif : 60 à 100 € / placette de 20 arbres.

➤ Généralités

■ Type de placettes

Trois types de placettes, à nombre de tiges fixe, sont couramment utilisés :

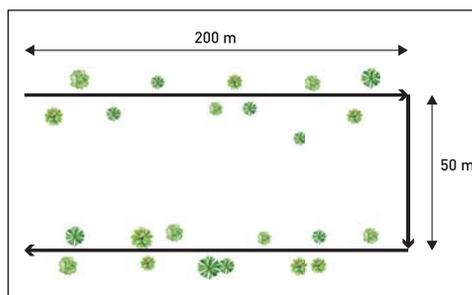
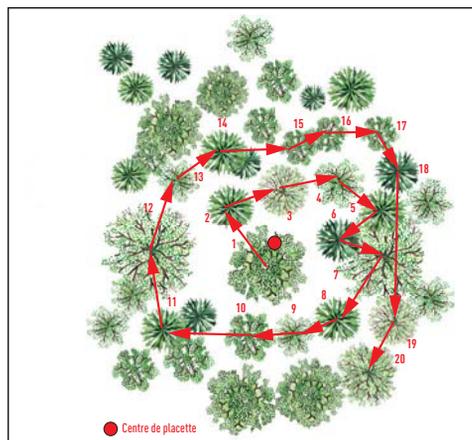
▶ des placettes « spirale ». Le centre de la placette étant fixé par les modalités du plan d'échantillonnage, le premier arbre est le plus proche du centre de la placette et les arbres suivants sont choisis de proche en proche en parcourant une spirale jusqu'à atteindre le nombre défini (recommandé : 20 tiges dans un rayon maximal de 40 m).

▶ des placettes en « U ». À partir du point de départ fixé par les modalités du plan d'échantillonnage, on parcourt en ligne droite 200 m en choisissant de part et d'autre du cheminement la moitié de l'effectif de la placette.

À la fin de ce cheminement on se déporte de 50 m perpendiculairement puis on effectue un nouveau cheminement de 200 m dans le sens inverse en choisissant de part et d'autre l'autre moitié de l'effectif de la placette. Un nombre de 50 tiges est recommandé.

▶ dans un peuplement de grande densité, on peut procéder par grappes de 10 arbres réparties tous les 50 m le long d'un cheminement en U. Dans ce cas, l'effectif sera de 100 tiges (10 grappes de 10 arbres).

L'effectif à échantillonner est à évaluer avec attention car la notation demande un temps non



négligeable proportionnel au nombre de tiges observées et aux nombres de critères à observer par arbre.

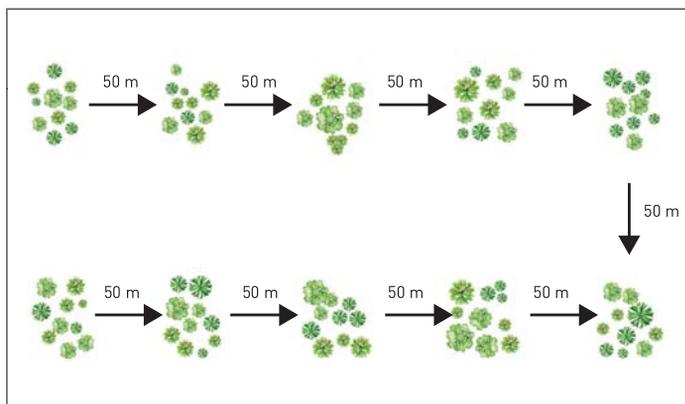
À titre indicatif :

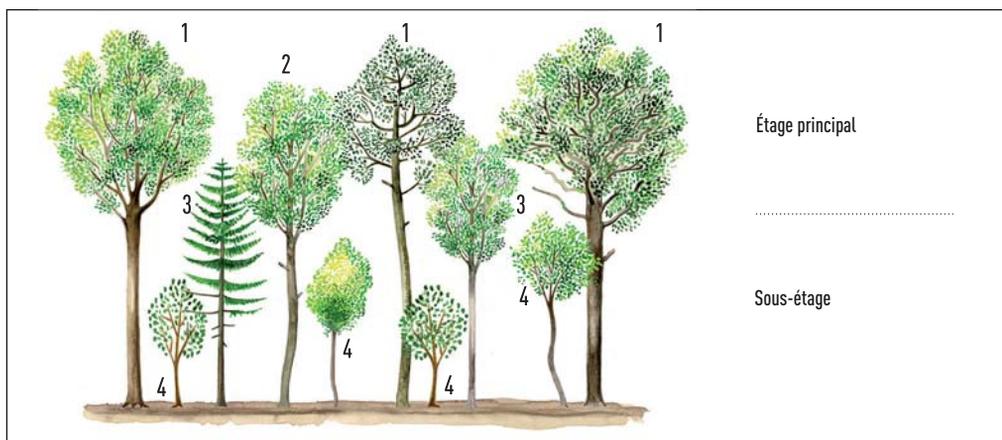
▶ la notation en déficit foliaire de 20 tiges sur une placette spirale prend environ 2h,

▶ la notation de 50 tiges en DEPEFEU le long

d'un parcours en U peut prendre plus de 3h. Il est important de bien définir au préalable les essences à observer : en effet un nombre minimal de 10 tiges d'une même essence est absolument nécessaire pour obtenir des indications significatives au niveau de la placette.

Les arbres sont numérotés individuellement en cas de suivi pluriannuel.





Statut des arbres dans un peuplement : 1 = dominant, 2 = codominant, 3 = dominé, 4 = sous-étage

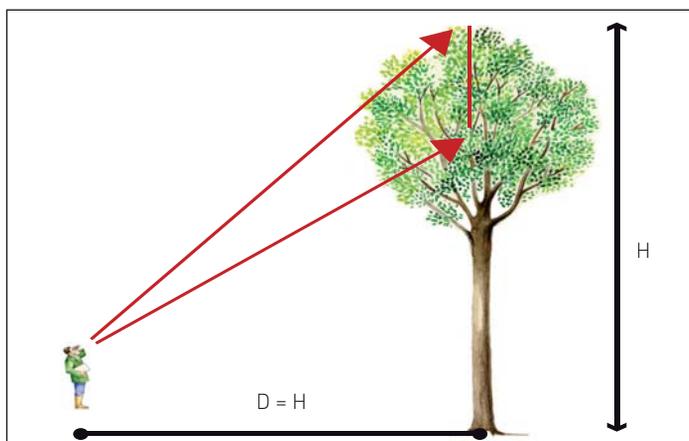
■ Sélection des arbres échantillons

Afin de limiter les interférences entre problèmes phytosanitaires et symptômes liés à la concurrence ou au manque de lumière, ne sont pris en compte comme arbres échantillons que des arbres dominants ou codominants.

■ Conditions d'observation

Les arbres échantillons doivent être observés depuis plusieurs points d'observation (au minimum deux), si possible en vision latérale depuis une distance équivalente à la hauteur totale de l'arbre (figure ci-dessous). En peuplement dense,

ces conditions optimales sont cependant rarement rencontrées. Dans ce cas, il faudra s'efforcer d'effectuer des observations de parties du houppier depuis plusieurs emplacements de façon à cumuler un maximum d'observations. Les observations sont réalisées en pleine lumière du jour en évitant les heures trop tardives (ou trop précoces) au cours desquelles la lumière est modifiée (dominante rouge ou bleue) et ne permet pas des observations correctes de certains critères (coloration anormale notamment). L'utilisation de jumelles est en général utile pour affiner les observations.



Conditions optimales d'observation d'un arbre échantillon.

Nota 1 : dans les pentes, il est préférable d'observer les arbres échantillons depuis le côté amont ou sur la courbe de niveau.

Nota 2 : il faut éviter les observations en contre-jour (soleil derrière l'arbre à noter).

Nota 3 : si la densité du peuplement ne permet pas d'observer correctement les houppiers de certains arbres, ces arbres ne doivent pas être pris dans l'échantillon.

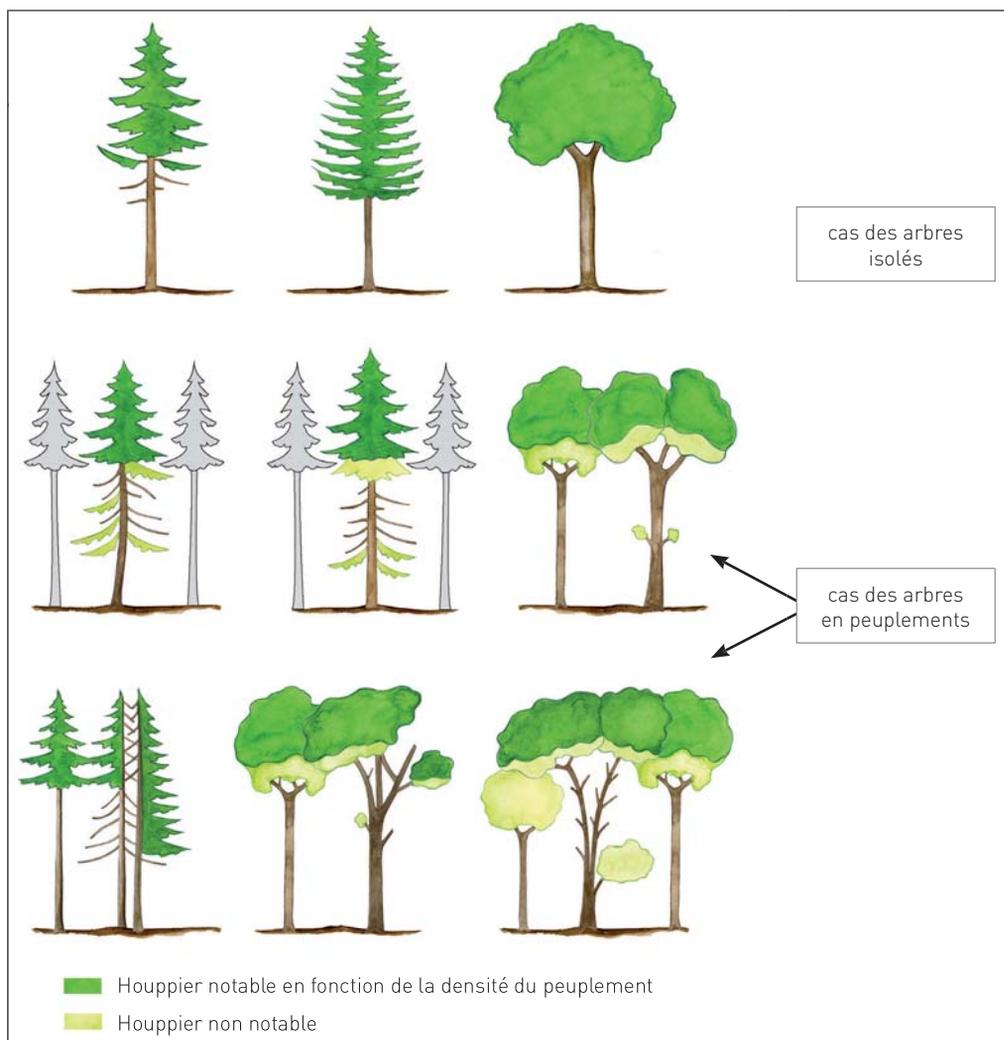
■ Le houppier notable

Pour tous les critères retenus, la quantification dépend énormément de la zone de notation dans le houppier. Il est nécessaire d'exclure les parties de la couronne directement influencées par des phénomènes de concurrence ou de compétition intra-arbre (partie inférieure du houppier) ou inter-arbres (interactions entre tiges voisines).

On nomme la partie où est effectuée l'évaluation quantitative d'un critère dans le houppier : « houppier notable ». Le houppier notable est la partie supérieure du houppier, « à la lumière », excluant

les zones inférieures ou latérales soumises à des phénomènes de concurrence. On peut schématiquement l'appréhender en peuplement en considérant la zone de houppier au-dessus de la ligne joignant les contacts latéraux avec les voisins.

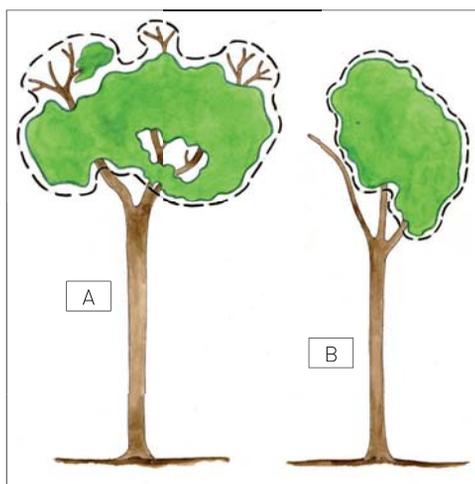
Pour un arbre isolé en croissance libre depuis longtemps, le houppier notable correspond à la totalité du houppier, pour un arbre en peuplement à une portion seulement (*figure ci-dessous*). Dans le cas d'un arbre récemment isolé à la suite de la coupe de ses voisins, on pourra se contenter de prendre la moitié supérieure du houppier.



Cas particuliers :

- ▶ Les branches, mêmes vivantes, le long du tronc et qui ne font pas partie de la canopée (= masse continue de branches et feuilles en contact avec l'atmosphère au-dessus des arbres) sont exclues du houppier notable. Ainsi les gourmands sur le tronc sont exclus.
- ▶ Les vides importants dans le houppier, dans lesquels on estime qu'il ne pouvait y avoir de branches sont exclus du houppier notable (cas fréquent des feuillus en zone méditerranéenne dont le houppier est composé de plusieurs « boules »).

- ▶ Les vides dans lesquels on estime qu'il y a un manque de branches ou de rameaux liés à une diminution de la ramification par une réduction de la croissance ou par une disparition pour diverses raisons (décurtation, vent...), sont inclus dans le houppier notable.
- ▶ Les branches mortes, très anciennes, qui ne font plus partie réellement de la vie de l'arbre peuvent être exclues du houppier notable (*figure B ci-contre*). Par contre les branches mortes récentes sont à inclure (*figure A ci-contre*).



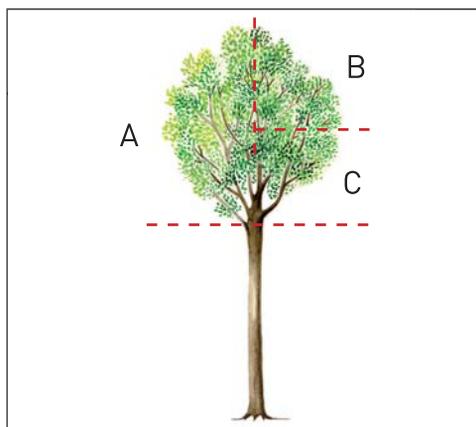
Prise en compte des branches mortes dans le houppier notable :
A : branches récemment mortes ;
B : branches mortes depuis très longtemps (houppier notable délimité par les pointillés).

■ Principe et méthode de notation d'un critère sur un arbre échantillon

On décrit l'aspect du houppier en attribuant aux critères retenus une note qualitative de 0 à 4 (*tableau ci-dessous*) qui peut correspondre à une intensité (ex. : transparence), un nombre (ex. : fenêtre), une fréquence (ex. : rameaux morts). Les limites de classes en pourcentage ne sont qu'indicatives et sont surtout utiles pour l'appréciation du déficit foliaire.

Le houppier notable est subdivisé éventuellement en zones homogènes correspondant chacune à des intensités différentes du critère observé. Chaque zone est affectée d'une note d'intensité puis une note globale pour le houppier notable est calculée en effectuant la moyenne pondérée (*voir figure page suivante*).

Note	Intensité	Fréquence	Nombre	% indicatif
0	Absence ou trace	Nulle à très faible	0 à quelques rares	0 à 5
1	Légère	Faible	Quelques à peu nombreux	6 à 25
2	Assez forte	Modérée	Assez nombreux	26 à 50
3	Forte	Importante	Nombreux	51 à 75
3+	Très forte	Très importante	Très nombreux	76 à 95
4	Total	Toute la partie notée concernée	Total	96 à 100
M	arbre totalement mort, c'est-à-dire dont le cambium est mort à hauteur de poitrine			
NO	Arbre non observé. Préciser la raison en remarques			



Exemple de notation
d'un critère sur un arbre échantillon

A = 50 % du houppier notable Critère : déficit foliaire
B = 25 % du houppier notable A = 30 B = 60 C = 5
C = 25 % du houppier notable

Note globale
= 50 % x 30 + 25 % x 60 + 25 % x 5
= 15 + 15 + 1,25 = 31,25 → classe 2

➤ La mortalité de branches

La mortalité de branches dans la partie supérieure du houppier est un critère simple qui s'applique à toutes les essences, de façon relativement aisée, en toutes saisons. Son interprétation est cependant délicate car d'une part les fines branches mortes disparaissent rapidement avec le vent et d'autre part les causes de mortalités de branches peuvent être multiples (insectes, sylviculture...). Ce critère est cependant depuis peu utilisé en routine par l'Inventaire forestier national sur tout le territoire. Il s'agit de quantifier globalement la mortalité de branches et de rameaux dans le houppier notable. On ne note que ce qu'on voit c'est-à-dire les branches effectivement présentes qu'on estime mortes au moment de la notation.

La mortalité d'une branche sera appréciée par un ensemble de symptômes observables aux jumelles depuis le sol :

- Absence de feuilles ou aiguilles en période de végétation.

■ Assurance-qualité

Pour un (des) notateur(s) non expérimenté(s), une formation est nécessaire au préalable sur le terrain avec une personne ayant déjà pratiqué le protocole choisi.

De plus, dans le cas d'un dispositif faisant intervenir plusieurs équipes de notateurs, avant toute campagne de notation, il est strictement nécessaire de s'intercaler sur un échantillon d'arbres notés simultanément mais indépendamment par équipe.

La confrontation des notes et le retour sur les arbres pour lesquels une divergence de note est constatée permet d'harmoniser les façons de noter de chaque équipe.

Un contrôle statistique en cours de campagne est utile (par exemple 5 % de placettes renotées par une autre équipe).

- Absence de bourgeons à l'extrémité des rameaux.
- Absence de pousses fines terminales ou latérales.
- Écorce altérée : traces d'attaque de pics, présence de champignons lignivores, écorce déhiscente et dans les cas avancés écorce absente.

Les branches mortes très anciennes, qui sont souvent réduites à des chicots, sans ramification secondaire, sont à exclure du houppier notable et donc ne sont pas à prendre en compte.

Nota : une branche cassée n'est pas une branche morte. Elle est considérée comme absente.

Tous les types de branches sont à prendre en compte : les pousses de l'année, les pousses terminales, les petites branches ou rameaux (diamètre < 2 cm), les branches moyennes (diamètre < 10 cm) et les grosses branches (diamètre > 10 cm).



Hêtre ; stade DEPEFEU 3



Chêne pédonculé avec descente
de cime ; stade DEPEFEU 3



Chêne pédonculé ; stade DEPEFEU 2

Illustration de dépérissement à différents stades (Photos : DSF/ Louis-Michel Nageleisen)

La mortalité de branches sera notée en % de « nbre branches mortes/nbre total de branches vivantes et mortes ». Cette valeur sera obtenue soit par comptage (cas des grosses branches) soit par estimation visuelle (autres branches).

➤ Évaluation de l'aspect du houppier des essences feuillues (protocole DEPEFEU)

L'évaluation de l'aspect des houppiers fait l'objet d'un protocole spécifiquement adapté au dépérissement, mis au point par le DSF pour les feuillus, (acronyme DEPEFEU pour DEPErissement d'essences FEUillues). Ce protocole ne s'applique que sur des essences feuillues à un stade adulte mais peut être mis en œuvre tant en hiver qu'en été. L'aspect général du houppier d'un arbre est la résultante de plusieurs phénomènes :

- ▶ la croissance en longueur des pousses qui en cas de réduction, à la suite d'un stress par exemple, prennent notamment chez le Hêtre un aspect caractéristique en « fouet » pouvant conduire à une répartition en « paquets » (Roloff, 1991) ;

- ▶ la vitalité ou la mortalité des rameaux et des branches ;
- ▶ l'abondance de la ramification fine qui en cas de diminution peut évoluer en fenêtre ou échancrure dans le houppier.

Ces phénomènes en cas de dépérissement se traduisent par trois catégories de symptômes visibles :

- ▶ une certaine transparence du houppier qui laisse voir des fragments de ciel à l'observateur depuis le sol ;
- ▶ des mortalités d'organes pérennes ;
- ▶ une répartition plus ou moins homogène de la masse foliaire.

Chacune de ces catégories de symptômes est scindée en sous-catégories (voir tableau 1) :

Nota : une notation hors saison de végétation à l'état totalement défeuillé ou partiellement feuillé (période de débournement au printemps ou de chute des feuilles à l'automne) ne permet pas d'apprécier la transparence globale. Aussi dans le calcul de l'indice de transparence IT ne sont retenus que la présence de fenêtres (TF) ou d'échancrures (TE).

TRANSPARENCE	Apprécier la transparence globale mais aussi la présence de fenêtres (trouées dans le houppier laissant voir une tache de ciel) ou d'échancrures dans le pourtour du houppier	FENÊTRE	TF
		ÉCHANCRURE	TE
		TRANSPARENCE GLOBALE	TG
MORTALITÉ ORGANES PÉRENNES	Distinguer les rameaux ($\emptyset < 3$ cm) des branches ($\emptyset > 3$ cm) et apprécier l'importance de cette mortalité par rapport à l'ensemble du houppier observé	RAMEAUX	MR
		BRANCHES	MB
		MORTALITÉ GLOBALE	MG
RÉPARTITION MASSE FOLIAIRE	Estimer la perte globale de ramification fine dans le houppier notable ainsi que la présence de rameaux en fouet ou de feuilles agglomérées en paquet dans la périphérie supérieure du houppier	FOUETS	F
		PAQUETS	P
		PERTE RAMEAUX FINS	PR

Tableau 1 : Critères symptomatologiques à observer dans la partie supérieure du houppier des arbres suivis (arbres adultes de l'étage dominant) pour une notation de dépérissement.

Indice de transparence	$IT(\text{été}) = (TF + 2 \times TE)/6 + TG/2$ $IT(\text{hiver}) = (TF + 2 \times TE)/3$
Indice de mortalité	$IM = (MR + 2 \times MB)/6 + MG/2$
Indice de masse foliaire	$IF = (F + 2 \times P)/6 + PR/2$
Indice de dépérissement	$DEPEFEU = [((4 - IM)/4) \times ((IT + IF) / 2)] + IM$

Tableau 2 : Calcul d'un indice de dépérissement à partir des critères symptomatologiques élémentaires du tableau 1 ci-dessus.

L'évaluation de l'aspect du houppier consiste alors à noter chacun de ces 9 critères élémentaires et de leur attribuer une note qualitative de 0 à 4 (voir

plus haut). Un indice de dépérissement est calculé à partir de ces 9 notes selon les modalités du tableau 2.

► Le déficit foliaire par rapport à un arbre de référence

Le déficit foliaire par rapport à un arbre de référence est le critère de base utilisé par les divers réseaux de placettes qui se sont mis en place à l'échelle européenne depuis la crise du début des années 1980. À des fins de comparaison, la notation est réalisée sur toutes les essences tant résineuses que feuillues, mais exclusivement au milieu de la saison de végétation, soit sur une période estivale courte. Une notation hors de cette période est possible pour les résineux dans le cadre d'un suivi local, à condition d'effectuer cette observation chaque année à la même période.

■ Définition

Le déficit foliaire correspond à un manque de surface foliaire par rapport au houppier d'un arbre de

même essence, au même stade de développement et placé dans les mêmes conditions de concurrence, dit arbre de référence. Il est noté en %.

Le déficit foliaire se traduit par :

- une absence de feuilles ou d'aiguilles due :
 - à leur chute,
 - à la chute de rameaux (phénomène de décurtation¹, dessèchement par le vent...),
 - à une réduction de croissance entraînant une réduction de la ramification,
 - au dessèchement ou à un bris récent de branches ou de rameaux;
- une réduction de la surface foliaire individuelle,

1. Chute de rameaux verts au cours de la saison de végétation due à des mécanismes physiologiques.

due au phénomène de microphyllie¹ ou à l'impact d'insectes phyllophages² ou de maladies foliaires.

Nota : par convention, les feuilles nécrosées ou desséchées encore présentes sur l'arbre au moment de la notation ne sont pas prises en compte dans le déficit foliaire (elles sont assimilées à des feuilles vertes) même s'il est vraisemblable qu'elles ne soient plus fonctionnelles. Elles seront notées par contre en coloration anormale.

■ L'arbre de référence

Il n'existe pas d'arbre de référence type au niveau national. En effet, un Sapin des Hautes-Vosges n'a pas du tout le même aspect qu'un Sapin de l'Aude. De même, un Pin sylvestre de l'Orléanais est différent de celui du Diois. En outre, dans un massif forestier, de nombreux paramètres influent sur l'aspect général de l'arbre (arbres de versant sud ou nord, essences en limite d'aire, arbres de TSF ou de futaie, etc.). Ainsi, doit être considéré comme arbre de référence, l'arbre que les gestionnaires forestiers locaux (et pas seulement l'équipe de notateurs) estiment être un arbre normal dans les conditions stationnelles, climatiques et sylvicoles moyennes du massif.

Cet arbre est noté à 0 % de déficit foliaire.

L'arbre de référence retenu en France est donc un arbre de référence local, par opposition à des arbres de référence absolus décrits dans certains pays.

Localement on essaie donc de décrire l'arbre de référence en observant un ou des arbres qui existent en forêt, en prenant en compte les différents stades de développement, de la jeune tige à l'arbre adulte. En aucun cas un arbre entré dans sa phase de sénescence ne peut être pris comme arbre de référence. Si localement, il apparaît que l'arbre de référence n'existe plus, on élargira la zone de prospection en faisant attention de conserver des conditions climatiques, stationnelles et sylvicoles comparables. Les notateurs du réseau systématique de suivi des dommages forestiers connaissent

les caractéristiques des arbres de référence de leur région. Ils seront utilement contactés sur ce point s'ils ne sont pas associés à la notation.

Nota : l'arbre de référence n'est en aucun cas l'arbre qui présente des bonnes caractéristiques exceptionnelles en termes de croissance, de feuillage... Prendre un tel arbre comme référence induirait un biais systématique dans les notations.

■ Notion d'arbre(s)-étalon(s)

Un arbre-étalon est un arbre présent sur la placette au moment de la notation, qui est observé avec une attention particulière par rapport à l'arbre de référence. Les notations des arbres échantillons seront alors effectuées en référence à cet (ou ces) arbre(s)-étalon(s).

■ Démarche de notation

La démarche à tenir lors la notation, sur la placette, est la suivante :

- ▶ repérer, parmi les arbres à noter, celui qui se rapproche le plus de la description de l'arbre de référence ;
- ▶ délimiter son houppier notable ;
- ▶ examiner sa ramification ;
- ▶ voir la taille des feuilles ou des aiguilles ;
- ▶ sur résineux, procéder, si possible au comptage des générations d'aiguilles, quantifier l'importance de chaque année par rapport à l'ensemble ;
- ▶ compléter par d'autres critères propres (coloration anormale, floraison...) ;
- ▶ examiner son environnement et définir les limites de son houppier ;
- ▶ le comparer à la description de l'arbre de référence.

Deux possibilités :

- ▶ c'est l'arbre de référence (0 % de déficit foliaire et catégorie 0 de coloration anormale) ;
- ▶ ce n'est pas l'arbre de référence, dans ce cas noter son déficit foliaire par rapport à la description de l'arbre de référence. Cet arbre devient « l'arbre-étalon » qui servira de base à la notation des autres arbres.

1. Taille des feuilles anormalement petites.

2. Insectes qui consomment les feuilles.

Cette façon de procéder permet :

- ▶ de s'étalonner en début de notation ;
- ▶ de régler les différences d'appréciation entre notateurs ;
- ▶ d'éviter de se laisser trop influencer par une partie (très) défoliée du houppier.

Cette opération répétée pour chaque essence et sur plusieurs arbres de la placette d'aspect différent, offre la possibilité de noter plus rapidement les arbres restants.

Par la suite pour chaque arbre échantillon, on examine l'environnement de l'arbre et on définit les limites de son houppier notable. On le compare aux arbres-étalons et on lui attribue une note par rapport à l'arbre de référence.

En cas de houppier très hétérogène, le principe de notation du déficit foliaire reste le même que celui des autres critères :

La microphyllie

La microphyllie qualifie des dimensions anormalement petites des feuilles ou des aiguilles qui induisent une réduction substantielle de surface foliaire.

Elle est mise en évidence fréquemment par une transparence inhabituelle du houppier alors qu'on estime que toutes les feuilles sont présentes.

Elle est souvent associée à des événements phénologiques (fructification abondante par exemple), biotiques (seconde feuillaison après défoliation), stationnelles (carences minérales) ou climatiques (sécheresse durable...) sans que la liaison de cause à effet soit cependant très formelle.

Elle est donc à signaler et à prendre en compte dans la note de déficit foliaire quand le notateur estime qu'elle est flagrante, sans cependant qu'on puisse fixer un seuil quantitatif. Cependant pour éviter les confusions entre microphyllie et la variabilité naturelle des feuilles ou aiguilles intra-arbre et inter-arbres, il est suggéré de prendre en compte la microphyllie lorsqu'on estime que les feuilles sont environ deux fois plus petites que la normale en surface, c'est-à-dire plus petites d'un tiers en longueur. On peut aussi considérer qu'il y a microphyllie lorsque la dimension des feuilles est en dessous des minima signalés le cas échéant dans la description de l'arbre de référence.

- ▶ Découpage du houppier notable en zones homogènes,
- ▶ Estimation des pertes par zones, par rapport à l'arbre de référence,
- ▶ Faire la moyenne pondérée par zone et définir la note globale.

La notation des résineux

Dans la plupart des cas, le déficit foliaire se traduit par un éclaircissement du houppier dû à la chute des aiguilles les plus anciennes, accompagnée éventuellement de phénomènes de microphyllie ou de mortalité de rameaux.

Le comptage du nombre de générations d'aiguilles est utile, même s'il est problématique. Il permet de mettre en évidence l'absence éventuelle d'aiguilles, et donc d'aider à l'évaluation du déficit foliaire.

Il y a déficit foliaire s'il manque une ou plusieurs générations (d'aiguilles généralement les plus anciennes) ou/et s'il y a des manques dans les générations présentes ou/et si les aiguilles sont de taille réduite. Il faut cependant tenir compte du fait que les générations les plus récentes, disposées sur des rameaux plus nombreux, représentent une part plus importante de surface foliaire.



Houppier de Sapin dépérissant.

Effet floraison

Chez les pins, les fleurs mâles occupent une zone du rameau qui, à l'automne, apparaît « comme défeuillée ». Localement il faut étudier sa prise en compte dans la définition de l'arbre de référence. Cette floraison peut cependant, lorsqu'elle est très abondante, être considérée, à juste titre, comme anormale et par suite être intégrée dans le déficit foliaire. La note d'intensité correspondante est la

part de déficit foliaire induit par le phénomène de floraison anormalement abondante.

Polycyclisme

Certains résineux, (Pin maritime, Pin d'Alep...) peuvent faire plusieurs pousses par an. Pour le comptage des années d'aiguilles on se repèrera par rapport à l'emplacement des fleurs mâles ou des cônes afin d'effectuer un dénombrement correct.

➤ Conclusion

MÉTHODE	TYPE DE CRITÈRES	ESSENCES	PÉRIODE DE NOTATION	RESTRIC-TIONS-LIMITES	DOMAINE PRÉFÉRENTIEL D'UTILISATION
MORTALITÉ DE BRANCHES	Critère unique	Toutes	Toutes saisons	Disparition des branches mortes avec le vent	Cas où la période de notation ne peut être limitée à l'été ou l'hiver
DEPEFEU	9 critères élémentaires pour calculer un indice	Feuillus au stade adulte	Été Hiver	Uniquement les essences feuillues	Peuplements adultes de Chênes pédonculé et sessile ou Hêtre
DÉFICIT FOLIAIRE	Note synthétique par rapport à référence	Toutes	Été (juillet préférentielle-ment) Possible hors saison de végétation pour les résineux	Définition de la référence pour noter	Résineux

2 La télédétection : outils et perspectives

Au sens large, la télédétection inclut tous les moyens d'observation à distance, sans contact direct avec l'objet observé.

Cette annexe porte essentiellement sur le type d'information accessible (dans le cas de phénomènes sylvosanitaires) et sur les données de télédétection (images de satellites et photographies aériennes), ainsi que les autres données complémentaires indispensables.

➤ En bref

Il n'existe pas de méthode unique applicable dans toutes les situations. Le choix de la méthode d'analyse des données dépend du phénomène concerné, de son extension, de son rythme d'évolution et surtout de la nature des informations recherchées.

Il est donc nécessaire de se rapprocher de spécialistes pour étudier la faisabilité d'une évaluation par télédétection, son coût et les délais de résultats.

Actuellement, les applications opérationnelles les plus robustes concernent les phénomènes sylvosanitaires brutaux, à l'échelle du peuplement ou du massif forestier : les données utilisables sont alors les images de satellites (à haute ou très haute résolution) ou les photographies aériennes. À l'échelle de l'arbre ou de la placette, il est

également possible d'évaluer les phénomènes plus ténus ou plus diffus à partir de photographies aériennes. Les autres applications sont actuellement du domaine de la R&D.

Dans tous les cas, les données les plus adaptées couvrent le domaine du visible et surtout du proche infrarouge, sensibles aux altérations de l'activité chlorophyllienne, de la teneur en eau et de la structure interne des végétaux.

Bien évidemment, le recours à la télédétection doit être examiné en parallèle des autres moyens d'informations disponibles ou mobilisables rapidement. Ainsi, dans des secteurs majoritairement couverts par des forêts publiques, le recours à un inventaire sommaire de terrain peut être suffisant pour obtenir une information globale et rapide.

➤ Quels sont les phénomènes observables par télédétection ?

Dans le domaine du visible et surtout du proche infrarouge, les données de télédétection mesurent la réflexion de la lumière solaire, qui est essentiellement influencée par :

- ▶ l'activité chlorophyllienne des végétaux : taux de couvert, densité de feuillage, indice foliaire, équilibre des différents pigments foliaires,
- ▶ la structure cellulaire des végétaux, leur teneur en eau, leur évapotranspiration et dans certains

cas la température de la surface du couvert (« température de surface »).

Par sa très grande résolution spatiale et sa capacité d'observation en stéréoscopie, la photographie aérienne permet en outre d'observer, à l'échelle de l'arbre, des modifications du houppier.

S'agissant d'une observation à distance, la télédétection permet d'observer des symptômes, mais ne permet pas d'identifier la cause d'un dépérissement.

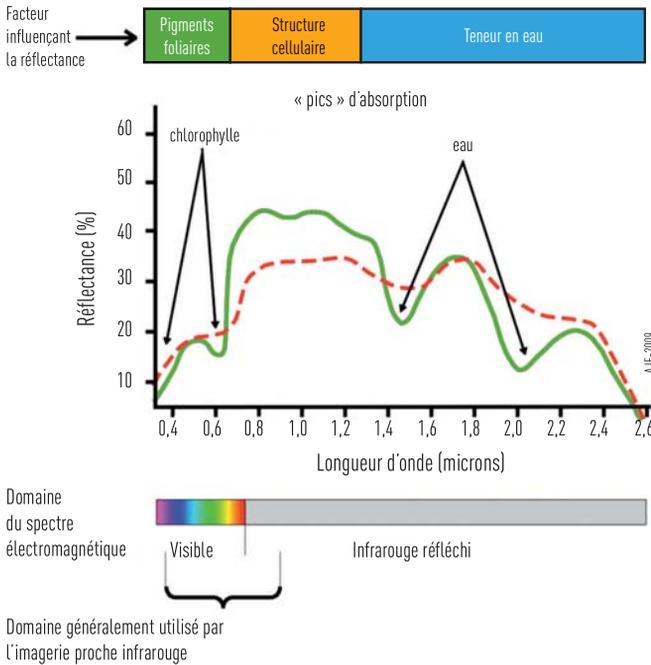


Fig. 1 : Influence de l'état sanitaire sur la réflectance d'une feuille (principes).

Source : A. Jolly, courbe de réflectance d'après le guide européen « Remote Sensing Applications for Forest Health Status Assessment » - second edition - 2000



Fig. 2 : Effet d'une défoliation sévère d'un Épicéa sur un cliché infrarouge couleur. À gauche : vision depuis le sol, à droite, vue sur un cliché aérien en infrarouge couleur. (Extrait du guide européen « Remote Sensing Applications for Forest Health Status Assessment » - second edition)

En général, ces symptômes sont observés de manière relative :

- ▶ soit à une date donnée, par comparaison avec des peuplements ou des arbres sains situés dans le même secteur géographique ;

- ▶ soit par étude de l'évolution des peuplements par analyse de données acquises à des dates différentes : avant le déclenchement du phénomène (archives) et pendant l'épisode sanitaire.

➤ *Quelles sont les limites de la télédétection pour l'évaluation de phénomènes sylvosanitaires ?*

En l'état des techniques et des moyens actuels, la télédétection est plus adaptée au suivi ou à l'évaluation de l'ampleur d'un phénomène qu'à une alerte précoce.

La capacité à détecter un symptôme dépend de sa nature et de son intensité : plus le phénomène sanitaire est brutal, plus l'analyse par télédétection est performante.

La répartition spatiale du phénomène a également une influence importante sur la possibilité de distinction par télédétection : un dépérissement diffus touchant seulement des arbres ou des bouquets d'arbres sera difficile à distinguer et nécessitera le recours à des données de très haute résolution. Inversement, un phénomène étendu, touchant de larges plages, sera plus aisément détecté.

Enfin, les actes de gestion (exploitation d'arbres morts, coupes sanitaires importantes) compliquent l'analyse : d'une part ils limitent la possibilité d'avoir des références de terrain sur l'état sanitaire des peuplements avant la coupe, d'autre part des actes de gestion « normaux » peuvent être confondus avec un phénomène sanitaire.

➤ *Quelles sont les conditions de mise en œuvre ?*

Il s'agit d'un domaine technique : l'acquisition des données et leur exploitation nécessitent des compétences spécialisées et des moyens adaptés (ordinateurs, logiciels d'analyse d'image, matériel de vision stéréoscopique, etc).

L'acquisition et l'analyse des données nécessitent toujours une préparation : l'utilisation de la télédétection en situation de crise nécessite donc d'avoir anticipé (veille sur l'avancement de la recherche, sur les données existantes, sur les capteurs et les moyens d'acquisition, sur les moyens de traitement, sur les prestataires de service).

Enfin, il est essentiel de disposer de relevés de terrain d'une part pour « calibrer » l'analyse des données, d'autre part pour évaluer les résultats. Ainsi, le protocole doit intégrer à la fois l'acquisition de données de télédétection et la réalisation d'un échantillon de notations de terrain.

➤ *Comment choisir les données de télédétection pour quantifier et cartographier un phénomène sanitaire et son évolution ?*

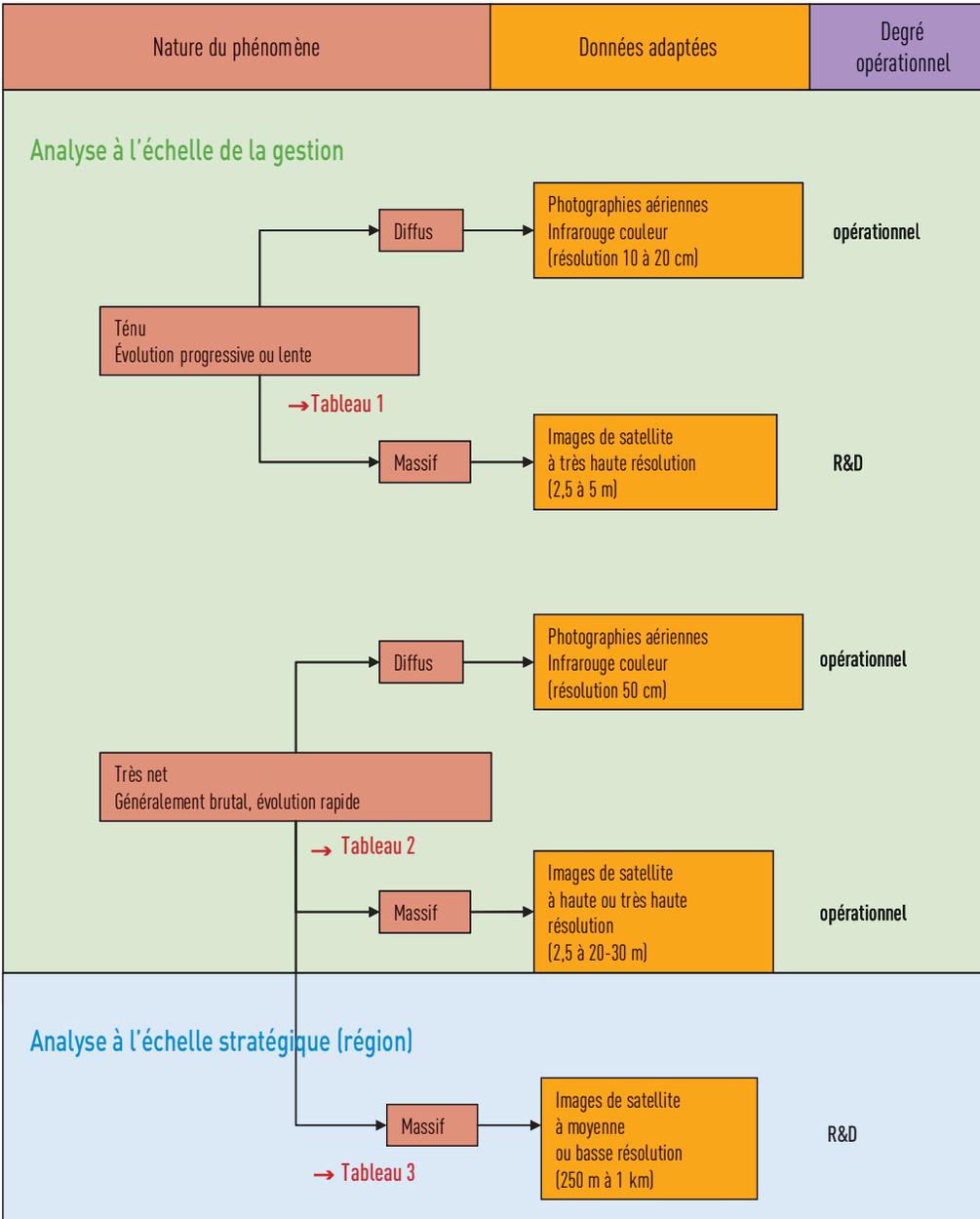
Il n'existe pas de méthode unique applicable dans toutes les situations. Les choix sont donc à adapter au cas par cas, avec l'aide de spécialistes en télédétection.

Le choix des données et de leur mode d'analyse dépend :

- ▶ du phénomène sanitaire concerné : essence(s) concernée(s), type de symptômes, répartition, dynamique d'évolution,
- ▶ du domaine géographique à étudier : forêt, massif, région, territoire national,
- ▶ du rythme d'observation souhaité, et du délai maximal acceptable pour l'obtention des informations,
- ▶ de la nature des informations recherchées : statistique sur l'ensemble d'un massif ou d'une région ? Estimation globale à l'échelle du massif ou de la forêt ? Carte détaillée à l'échelle de la parcelle ou du peuplement ?
- ▶ de l'ensemble des informations disponibles ou mobilisables rapidement,
- ▶ du budget mobilisable.

Le schéma ci-dessus et les tableaux qui suivent proposent un « arbre de décision » simplifié pour identifier le type de données utilisable.

Remarque : Ces informations sont valables à la date d'édition du présent guide et pourront évoluer en fonction de l'avancement de la technologie et des projets de R&D.



■ À l'échelle de la gestion (peuplement, forêt, voire massif forestier)

Tableau 1 : Cas de phénomènes lents ou ténus

Caractéristiques du phénomène sanitaire				
Nature et intensité des symptômes	Lents ou ténus : ex. : jaunissement de quelques feuilles ou branches dans le houppier, mortalité progressive de rameaux, réduction de la masse foliaire			
Évolution dans le temps	Souvent progressive, voire lente			
Répartition spatiale	Diffuse (arbres isolés ou bouquets d'arbres)	Par larges plages (> 50 m de largeur)		
Données adaptées				
Type de données	PHÉNOMÈNES DIFFUS	PHÉNOMÈNES MASSIFS		
Caractéristiques spectrales			Photographies aériennes (de préférence numérique) Focale (équivalent en analogique) > 200 mm	Image de satellites à très haute résolution
Résolution spatiale			Infrarouge couleur	Multispectral : visible et proche infrarouge (moyen infrarouge également intéressant si disponible)
Aspects temporels			10 à 20 cm (50 cm possible si le phénomène touche le houppier dans son ensemble de manière nette)	2,5 à 5 m, voire plus fin
Conditions d'acquisition			Une seule date d'acquisition, pendant la période de végétation (de préférence en été)	De préférence 2 dates d'acquisition (avant le phénomène = image d'archive / et image pendant le phénomène). Images acquises pendant la période de végétation (de préférence en été)
Exemples de données (liste non exhaustive)			Mission aérienne spécifique, à réaliser par un prestataire spécialisé. Données à fournir par le prestataire (en plus des clichés eux-mêmes) : - paramètres de calibration de la caméra - trajectographie	Recherche de données d'archives + programmation d'acquisition spécifique : commande spécifique à effectuer auprès du fournisseur, délai minimal théorique entre la programmation et le passage du satellite = 3 semaines environ
	Photographie aérienne : dépend du prestataire et de son équipement	Images de satellite à très haute résolution : Ikonos, Quickbird, RapidEye, GeoEye, éventuellement SPOT5 (à venir : Pléiades 1 et 2)		
Autres données à utiliser ou à recueillir				
Données de gestion	Zonage des principaux types de peuplements permettant de cibler l'analyse sur les zones impactées par le phénomène (réduction du temps d'analyse et limitation des confusions)			
Relevés de terrain pour « calibrer » les traitements et vérifier les résultats	Échantillonnage de placettes de terrain avec notation de l'état sanitaire arbre par arbre ou par placette (voir annexe 1). NB : repérage au GPS différentiel du centre de la placette + repérage relatif des arbres de la placette			
Autres données de télé-détection	Souhaitable : photographies aériennes d'archives pouvant aider à l'interprétation [BDOrtho®, en IRC de préférence]			
Degré d'utilisation opérationnel				
	Opérationnel pour des notations à l'échelle de l'arbre ou de la placette. R&D pour la réalisation de cartographies exhaustives d'une forêt ou d'un massif	R&D		

Tableau 2 : Cas de phénomènes très nets, généralement brutaux

Caractéristiques du phénomène sanitaire		
Nature et intensité des symptômes	Très nets, généralement brutaux : ex. : rougissement d'aiguilles sur résineux, défoliation brutale, mortalité rapide	
Évolution dans le temps	Souvent rapide	
Répartition spatiale	Diffuse (arbres isolés ou bouquets d'arbres)	Par larges plages (> 50 m de largeur)
Données adaptées		
Type de données	Photographies aériennes (de préférence numérique) Focale (équivalent en analogique) > 200 mm. Éventuellement image de satellite à très haute résolution	Image de satellites à haute résolution ou très haute résolution
Caractéristiques spectrales	Infrarouge couleur	Multispectral : visible et proche infrarouge
Résolution spatiale	50 cm (arbres isolés) à 2 m (bouquets d'arbres)	5 à 10 m, éventuellement plus fin
Aspects temporels	Une seule date d'acquisition (la résolution élevée permettant une interprétation sans trop d'ambiguïté)	Si possible : 2 dates d'acquisition (avant le phénomène = image d'archive / et image pendant le phénomène) Éventuellement une seule date si pas d'image d'archive, en privilégiant la très haute résolution
Conditions d'acquisition	Mission aérienne spécifique à réaliser par un prestataire spécialisé. Données à fournir par le prestataire (en plus des clichés eux-mêmes) : - paramètres de calibration de la caméra - trajectographie	Recherche de données d'archives + programmation d'acquisition spécifique : commande spécifique à effectuer auprès du fournisseur, délai minimal théorique entre la programmation et le passage du satellite = 3 semaines environ
Exemples de données (liste non exhaustive)	Photographie aérienne : dépend du prestataire et de son équipement. Image de satellite à très haute résolution : Ikonos, Quickbird, RapidEye, GeoEye (à venir : Pléiade 1 et 2)	Images de satellite à haute résolution : SPOT 5, Formosat, IRS. Images de satellite à très haute résolution : Ikonos, Quickbird, RapidEye, GeoEye (à venir : Pléiades 1 et 2)
Autres données à utiliser ou à recueillir		
Données de gestion	Zonage des principaux types de peuplements permettant de cibler l'analyse sur les zones impactées par le phénomène (réduction du temps d'analyse et limitation des confusions)	
Relevés de terrain pour « calibrer » les traitements et vérifier les résultats	Quelques relevés de terrain : localisation de zones d'état sanitaire connu, dans des secteurs variés (versant N/S par exemple) de la zone concernée : 30 à 40 zones de taille et de situation variée	
Autres données de télédétection	Souhaitable : photographies aériennes d'archives pouvant aider à l'interprétation (BDOrtho®, en IRC de préférence)	
Degré d'utilisation opérationnel		
	Opérationnel / photographie aérienne R&D / images de satellites à très haute résolution	Opérationnel

■ À l'échelle stratégique (massif, région, voire territoire national)

Les besoins essentiels sont de pouvoir quantifier les phénomènes, si possible en distinguant plusieurs classes d'atteinte. Une cartographie est également très souvent demandée, mais à l'échelle « régionale » (précision de l'ordre du 1 : 50 000).

Les applications actuellement développées concernent les phénomènes brutaux et très nets, qui touchent de larges plages de peuplements.

Tableau 3

Caractéristiques du phénomène sanitaire	
Nature et intensité des symptômes	Très nets et brutaux (ex. : rougissement d'aiguilles sur résineux, défoliation brutale) Méthode non pertinente pour les phénomènes peu marqués ou diffus
Évolution dans le temps	Souvent rapide
Répartition spatiale	Par larges plages (50 à 100 m de largeur)
Données adaptées	
Type de données	Images de satellites à moyenne résolution, voire faible résolution
Caractéristiques spectrales	Multispectral : visible et proche infrarouge
Résolution spatiale	250 m, 500 m
Aspects temporels	Série chronologique d'images permettant d'analyser l'évolution des peuplements au cours de la période de végétation, sur une longue période, incluant : les années précédant l'apparition du phénomène (« années normales ») et la saison de végétation sur laquelle on veut faire l'analyse
Conditions d'acquisition	Données acquises par les satellites de manière régulière, archivées régulièrement
Exemples de données (liste non exhaustive)	Images de satellites MODIS Terra, Spot-Végétation
Autres données à utiliser ou à recueillir	
Données de gestion	Limites des zones boisées et si possible localisation de l'essence ou du type de peuplement impacté par le phénomène (couche SIG d'occupation du sol, types de peuplements IFN, etc.)
Autres données	Modèle numérique de terrain
Degré d'utilisation opérationnel	
	R&D

Remarque : cas de phénomènes diffus ou ténus

L'analyse à l'échelle d'une région entière de phénomènes diffus ou de phénomènes dont les symptômes sont peu nets (qu'ils soient diffus ou massifs) ne semble actuellement réalisable qu'en utilisant des données à très haute résolution (photographies aériennes ou images de satellites THR). Pour des raisons de coût, de volume des données à traiter, il semble illusoire de vouloir acquérir des données sur l'ensemble de la région. La quantification de ce type

de phénomène à l'échelle d'une région pourrait en revanche s'envisager en utilisant une approche par échantillonnage : acquisition d'images de satellites ou aériennes par transects, par exemple.

En dehors de ces modalités d'acquisition spécifiques, l'analyse des données et les autres caractéristiques sont identiques aux cas décrits dans le tableau précédent (échelle du peuplement).

Une approche opérationnelle utilisant la photogra-

phie aérienne a été mise au point au niveau européen dans le contexte des « pluies acides » : elle a donné lieu à un guide méthodologique pour l'analyse de massifs ou de régions entières (European Commission – 2000 : *Remote Sensing Applications for Forest Health Status Assessment – second edition*, 216 p. ISBN 92-828-8144-X).

➤ **Quelle est la place de la reconnaissance aérienne (« sketchmapping ») ?**

La reconnaissance aérienne permet de réaliser très rapidement un état des lieux pour estimer grossièrement l'état des peuplements sur une forêt, un massif, voire une région.

Il s'agit de repérer en vol (généralement par avion, hélicoptère ou ULM), les secteurs touchés et de les repérer sur un fond cartographique, en notant quelques informations telles que la taille de la zone, l'intensité des symptômes visibles.

■ **Type de phénomène sanitaire susceptible d'être observé par reconnaissance aérienne**

Du fait du repérage « en vol » par un opérateur, seuls les phénomènes bien marqués aux symptômes suffisamment nets peuvent être observés (ex. : rougissement de houppiers de résineux suite à une attaque de scolytes, ou dans un autre domaine : plages de chablis). Un opérateur bien entraîné peut cependant détecter des plages de taille relativement réduite (quelques arbres : cf. Delplace, 2008).

■ **Nature et limites des informations obtenues**

Le positionnement sur carte, qu'il soit effectué de manière manuelle ou sur un système informatique (*tablet PC*) reste grossier et ne permet pas une réelle cartographie, ni une évaluation précise des surfaces affectées.

Cette technique permet donc uniquement d'obtenir des informations grossières, et une cartographie sommaire.

De plus, sa lourdeur de mise en œuvre ne permet pas d'envisager son utilisation à l'échelle d'une région complète, sauf avec une approche par

échantillonnage (axes de vol espacés de quelques kilomètres).

■ **Conditions de mise en œuvre**

- ▶ choisir un prestataire et un pilote habitué à ce type d'exercice ;
- ▶ préparer méticuleusement le plan de vol avec le pilote, réaliser la mission en binôme : un opérateur forestier et le pilote (ou idéalement avec trois personnes : un pilote, un forestier connaissant bien le terrain et un opérateur expérimenté dans la technique du sketchmapping) ;
- ▶ préparer les données nécessaires au relevé avant le vol : cartes à une échelle adaptée ou SIG nomade sur « tablet PC » ;
- ▶ compléter les relevés avec des clichés aériens, même obliques, et repérer également les prises de vue sur la carte au cours du vol (certains prestataires proposent des clichés numériques référencés avec les coordonnées GPS de l'avion) ;
- ▶ le choix de l'aéronef (avion, hélicoptère, ULM) est à faire en fonction du budget (l'ULM étant généralement le moins cher, l'hélicoptère le plus coûteux), de la nature des informations recherchées (l'hélicoptère étant le plus adapté pour une localisation de phénomènes diffus, du fait de ses possibilités de vol stationnaire) ;
- ▶ choisir un observateur connaissant le terrain, ayant une bonne habitude à se repérer sur photographie aérienne, et si possible ayant déjà une expérience de ce type d'exercice.

➤ **Quels sont les coûts d'acquisition de l'information par télédétection ?**

De même qu'il n'existe pas de méthode standard, il n'est pas possible de donner de prix standard. L'exemple ci-dessous est extrait d'un travail portant sur la détection de dégâts de scolytes sur *Épicéa* dans l'Est de la France (source : Delplace, 2008). Le coût moyen d'acquisition inclut le coût des données elles-mêmes, leur exploitation et leur intégration sous SIG (*voir tableau page suivante*).

Tableau 4 : Coûts moyens d'acquisition de données de télédétection

MÉTHODE	PRÉCISION GLOBALE DE DIAGNOSTIC	ACQUISITION DES DONNÉES SOUS FORME SIG (JOURS / 10 000 HA)	COÛT D'ACQUISITION MOYEN (€ / HA)
Détection exhaustive au sol	95 % (méthode de référence)	27	8 € / ha
Reconnaissance aérienne par hélicoptère	42 %	14	3,31 € / ha
Reconnaissance aérienne par ULM	36 %	6	0,53 € / ha
Télédétection par analyse numérique photos aériennes infrarouge couleur	89 %	10	1,71 € / ha
Télédétection par analyse numérique d'image satellitale à haute résolution (SPOT)	61 %	8	0,55 € / ha
Télédétection par analyse numérique d'image satellitale à très haute résolution (Quickbird)	81 %	8	0,55 € / ha

Source : Delplace, 2008.

3 Retour d'expérience de crise sanitaire

Modèle de document à établir en fin de crise et après analyse des événements qui se sont déroulés.

Personnes ayant participé au retour d'expérience	
--	--

■ Description des facteurs ayant déclenché la crise sanitaire

.....

.....

■ Entrée en crise sanitaire

Date d'entrée en crise :

- Directeur ayant déclaré la situation de crise
- Critères ayant contribué à la déclaration de crise sanitaire
- Y a-t-il eu cellule de crise ? (Composition ; organismes concernés)
- Y a-t-il eu journal de crise ? (Lieu de consultation possible)

■ Sortie de crise sanitaire

Date de sortie de crise :

- Directeur ayant déclaré la fin de crise
- Critères ayant contribué à la déclaration de fin de crise sanitaire

■ Déroulement de la crise et des actions opérationnelles menées

- Principales actions menées (nature, date, efficacité)
- Principaux partenaires associés
- Critères ayant contribué à la déclaration de crise sanitaire
- Estimation des dégâts et/ou nuisances générés :
 - volumes de bois concernés
 - surfaces forestières concernées
 - impacts sur le milieu et l'environnement
 - impacts sur la filière-bois

CONCLUSIONS À RETENIR / PROPOSITIONS D'AMÉLIORATION / ACTIONS À ENGAGER	RESPONSABLE	DÉLAI

Établi le, par

Transmis pour archivage aux organismes ayant contribué à résoudre la crise sanitaire.

4 Se documenter : proposition bibliographique

➤ Références en français et aisément accessibles

Principales sources :

- ▶ Revue forestière française : articles parus de 1949 à 2002 téléchargeables gratuitement (<http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/4752>)
- ▶ Forêt méditerranéenne (<http://www.foret-mediterraneenne.org/revue.htm>)
- ▶ Rendez-vous techniques de l'ONF : articles téléchargeables gratuitement (http://www.onf.fr/lire_voir_ecouter)
- ▶ Unasylva : articles téléchargeables gratuitement (<http://www.fao.org/forestry/unasylva/fr/>)
- Forêt wallonne : articles de plus d'un an téléchargeables gratuitement (<http://www.foretwallonne.be/031.html>)
- ▶ Département de la santé des forêts : actualité phytosanitaire en ligne et articles de synthèses téléchargeables gratuitement (<http://agriculture.gouv.fr/sante-des-forets>) (références signalées par « DSF » dans le tableau).

1 Collectif (1994). Les dépérissements d'arbres forestiers : causes connues et inconnues, *Revue forestière française*, 46 (5), numéro spécial. 207 p.

2 Becker, M. et Lévy, G. (1983). Le dépérissement du Chêne : les causes écologiques : exemple de la forêt de Tronçais et premières conclusions. *Revue forestière française*, 35 (5), pp. 341-356.

3 Bréda, N. (1999). Le rôle clé des déficits hydriques dans le dépérissement des chênaies en forêt de la Harth (Alsace du Sud) établi par une analyse dendroécologique et écophysologique. *Les Cahiers du DSF*, 1 [La santé des forêts [en France] en 1998], pp. 92-94.

4 Bréda, N. (1996). Séquences climatiques et successions de sécheresse : outils d'analyse et exemples sur la période 1979-1994. *Les Cahiers du DSF*, 1 [La santé des forêts [en France] en 1995], pp. 45-47.

5 Bréda, N., Granier, A. et Aussenac, G. (2004). La sécheresse de 2003 dans le contexte des 54 dernières années : analyse écophysologique et influence sur les arbres forestiers. *Revue forestière française*, 61 (2), pp. 109-131.

6 Delatour, C. (1983). Le dépérissement des chênes en Europe. *Revue forestière française*, 35 (4), pp. 265-282.

7 Deshayes, M., Stach, N. et Malphettes, C. (1998). Utilisation des images satellitaires pour l'observation des défoliations dues au Bombyx disparate en forêt de Haguenau. *Les Cahiers du DSF*, 1 [La santé des forêts [en France] en 1997], pp. 87-89.

8 Dubois-Coli, C., Nageleisen, L.-M. et Bréda, N. (2006). Suivi d'un massif forestier très sensible à la sécheresse : l'observatoire de la Harth, historique et perspectives. *Rendez-vous techniques ONF*, 13, pp. 85-92.

9 Dupouey, J., Bréda, N., Gérémy, F., Behr, P., Gerdreich, P. et Duc, G. (1998). Confirmation du rôle important des facteurs prédisposants lors du dépérissement des chênes en forêt de Haguenau par une étude dendrochronologique. *Les Cahiers du DSF*, 1 [La santé des forêts [en France] en 1997], pp. 85-87.

10 GIP ECOFOR (2005). Journée d'information et de débat « pluies acides, 20 ans après ». <http://>

www.gip-ecofor.org/publi/page.php?id=975&rang=0&domain=1&lang=fr_fr

11 Guillaumin, J., Bernard, C., Delatour, C. et Belgrand, M. (1983). Le dépérissement du Chêne à Tronçais : pathologie racinaire. *Revue forestière française*, 35 (6), pp. 415-424.

12 Huart, O., Proft (de), M., Grégoire, J.-C., Piel, F., Gaubicher, B., Carlier, F.-X., Maraïte, H. et Rondeux, J. (2003). Le point sur la maladie du Hêtre en Wallonie. *Forêt wallonne*, 64, pp. 2-16.

13 Konkin, D. et Hopkins, K. (2009). Apprendre à s'adapter aux changements climatiques et aux perturbations forestières catastrophiques. *Unasylva*, 60 (231/232), pp. 17-23.

14 Landmann, G. (2002). Les changements de productivité forestière, le dépérissement des forêts et la presse : radioscopie d'un évènement médiatique. *Revue forestière française*, 54 (3), pp. 215-226.

15 Landmann, G., Bréda, N., Houllier, F., Dreyer, E. et Flot, J.-L. (2003). Sécheresse et canicule de l'été 2003 : quelles conséquences pour les forêts françaises ? *Revue forestière française*, 55 (4), pp. 299-308.

16 Nageleisen, L.-M. (1993). Les dépérissements d'essences feuillues en France. *Revue forestière française*, 45 (6), pp. 605-620.

17 Nageleisen, L.-M. et Huart, O. (2005). Problèmes sanitaires d'actualité en hêtraie : la maladie du Hêtre dans les Ardennes, *Revue forestière française*, 57 (JST Inra 2003 « L'avenir du Hêtre dans la forêt française »), pp. 249-254.

18 Nageleisen, L.-M., Piou, D., Saintonge, F.-X., Riou-Nivert, P. (2010). La santé des forêts. Maladies, insectes, accidents climatiques... Diagnostique et prévention... *Institut pour le développement forestier*. 608 p.

19 Rigling, A., Dobbertin, M. et al. (2006). Les chênes pubescents chassent-ils les pins sylvestres valaisans ? *Notice pour le praticien WSL*, 41, 16 p.

20 Schvester, D. et Fabre, J. (2001). Le dépérissement du Pin maritime des Maures et de l'Esterel provoqué par *Matsucoccus feytaudi* : connaissances acquises de 1964 à 1990 - 1^{re} partie : historique et rôle des insectes *Forêt méditerranéenne*, 22 (3), pp. 213-234.

21 Schvester, D. et Fabre, J. (2001). (...idem...) 2^e partie : dynamique des populations de la Cochenille et ses facteurs. *Forêt méditerranéenne*, 22 (4), pp. 303-331.

Le tableau page suivante spécifie pour chaque référence bibliographique le type de crise sanitaire et l'essence principale concernée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES VENTILÉES PAR TYPES DE CRISE SANITAIRES ET PAR ESSENCES.

TYPES DE CRISES SANITAIRES	AGENT	NON SPÉCIFIQUE : TOUTES ESSENCES	CHÊNE	HÊTRE	AUTRES FEUILLUS	PINS	SAPIN OU ÉPICÉA	AUTRES RÉSINEUX
ASPECTS GÉNÉRAUX (hors typologie)	Concepts	1 (Landmann)						
	Médiatisation	14						
	Manuel phytosanitaire forestier	18						
	Dépérissements feuillus		16 DSF					
DÉPÉRISSEMENTS ou MORTALITÉS dus à des phénomènes MONO FACTORIELS (ou bi factoriels) BIOTIQUES	Autochtones ou acclimatés : Scolytes des résineux, Graphiose de l'Orme, Puceron lanigère...	1 (Lieutier)		1 (Mormiche)	1 (Pinon)	13 20 21 DSF	DSF	
	Émergents : <i>Chalara fraxinea</i>				DSF			
	Parasites de quarantaine : (liste réglementaire) Nématode du Pin, Flétrissement américain du Chêne, ...		DSF		DSF	DSF		
DÉPÉRISSEMENTS ou MORTALITÉS dus à phénomènes MONO FACTORIELS (ou bi factoriels) ABIOTIQUES		4 5 15 DSF	DSF	12 17 DSF			DSF	
DÉPÉRISSEMENTS ou MORTALITÉS dus à des phénomènes MULTI FACTORIELS à facteur déclenchant principal BIOTIQUE	Insectes défoliateurs : Chenilles, pucerons, tenthrèdes Pathogènes foliaires : Oïdium, Rouge cryptogamique des Pins, Bandes rouges des aiguilles, <i>Sphaeropsis sapinea</i> Parasites : Gui...	1 (Bonneau)	1 (Becker, Lieutier)	6 7 9 DSF	DSF	DSF	DSF	DSF
DÉPÉRISSEMENTS ou MORTALITÉS dus à des phénomènes MULTI FACTORIELS à facteur déclenchant principal ABIOTIQUE	Sécheresse, canicule Tempêtes, grêle, givre, neige lourde... Pollutions		1 (Aus-senac, Becker) 4 5 10 15	2 3 6 8 11 DSF	DSF	DSF	1 (Guyon) 19 DSF	1 (Jamey, Landmann, Landmann et Bonneau) 14 DSF
	Causes anthropiques tassement de sol			17 DSF				
PAS DE MORTALITÉS Perte de qualité technologique des bois	Champignons lignivores : <i>Fomes annosus</i> Insectes xylophages : Agents de piqûre, Capricornes, Buprestes	DSF					DSF	

Les numéros renvoient aux références bibliographiques des pages précédentes.

Ont contribué à la réalisation de ce document

Coordination du projet

Xavier Gauquelin (Office national des forêts)

Conception et rédaction principale

Nathalie Bréda (Institut national de la recherche agronomique)

Xavier Gauquelin (Office national des forêts)

Myriam Legay (Office national des forêts)

Louis-Michel Nageleisen (Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche ;
Département de la santé des forêts)

Olivier Picard (Institut pour le développement forestier)

Autres contributeurs

Olivier Baubet (Pôle Interrégional Massif central de la santé des forêts)

Hugues Claessens (Université de Liège ; Gembloux Agro Bio Tech)

Anne Jolly (Office national des forêts)

Olivier Huart (Département de la Nature et des Forêts ; Région Wallonie)

Patrick Léchine (Centre régional de la propriété forestière Franche-Comté)

Jean-Pierre Ortisset (Centre régional de la propriété forestière Midi-Pyrénées)

Eric Paillassa (Institut pour le développement forestier)

Comité de pilotage

Etienne Chapelant (Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche)

Hugues Claessens (Université de Liège ; Gembloux Agro Bio Tech)

Bernard Gamblin (Office national des forêts)

Stéphane Le Goaster (Office national des forêts)

Jean-Marie Lejeune (Ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche)

Laurence Lefebvre (Office national des forêts)

Jean-Luc Peyron (Groupement d'intérêt public ECOFOR)

Thierry Sardin (Office national des forêts)

Guide de gestion

DES FORÊTS EN CRISE SANITAIRE

Les crises sanitaires font partie des aléas auxquels les forêts gérées sont parfois confrontées. Elles sont susceptibles de se multiplier au cours des décennies à venir, notamment du fait des conséquences attendues des changements globaux.

Les acteurs forestiers ont alors à faire face à des événements qui désorganisent la gestion forestière courante, pouvant conduire à des épisodes de crise qui se déroulent sur plusieurs années (3 à 10 ans).

Ce document met à disposition des acteurs forestiers les bonnes pratiques à mettre en œuvre pour affronter les différents événements liés à une crise sanitaire, sur les plans organisationnels (partenariat, surveillance sanitaire, cellule de crise, communication) et techniques (mobilisation des bois, aménagement et sylviculture, suivi des phénomènes observés).

Document financé par :

