

LE POINT SUR LA MALADIE DU HÊTRE EN WALLONIE

OLIVIER HUART

*Unité de Gestion et Économie forestières
Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux*

MICHEL DE PROFT

*Département de Phytopharmacie
Centre de Recherches Agronomiques de Gembloux*

JEAN-CLAUDE GRÉGOIRE

*Laboratoire de Biologie animale et cellulaire
Université Libre de Bruxelles*

FRÉDÉRIC PIEL

*Biologie des Communautés animales
Université Libre de Bruxelles*

BETTY GAUBICHER

*Département de Phytopharmacie
Centre de Recherches Agronomiques de Gembloux*

FRANÇOIS-XAVIER CARLIER

*Unité de Phytopathologie
Université catholique de Louvain*

HENRI MARAÎTE

*Unité de Phytopathologie
Université catholique de Louvain*

JACQUES RONDEUX

*Unité de Gestion et Économie forestières
Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux*

Le hêtre, troisième essence feuillue (en volume) de Wallonie, est actuellement victime, essentiellement en Ardenne et en Gaume, d'un important problème sanitaire mettant en jeu des attaques d'insectes et de champignons, communément appelé « maladie du hêtre ».

Les premiers symptômes inquiétants du phénomène ont été identifiés à l'automne 1999, puis se sont considérablement amplifiés en 2000 et surtout en 2001, et se sont accompagnés de dégâts très importants et sans précédent connu.

La nature et la dynamique d'apparition des symptômes observés suggèrent d'emblée qu'il s'agissait d'un phénomène inhabituel et apparemment distinct des dépérissements « classiques » du hêtre, bien que la possibilité d'interactions entre ces deux problèmes ne puisse être écartée a priori. L'ampleur de la zone géographique au sein de laquelle les symptômes se sont déclarés de manière relativement brusque et simultanée constitue également une caractéristique remarquable du phénomène observé.

Partie 1

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DE LA MALADIE :

- importance, répartition et évolution
- principaux symptômes et hypothèses explicatives
- conséquences sylvicoles

IMPORTANCE, RÉPARTITION ET ÉVOLUTION DE LA MALADIE

Quatre pays sont concernés par cette maladie : la Belgique (en Wallonie) dont les hêtraies sont les plus touchées, et des zones limitrophes de France, du Grand-Duché du Luxembourg et d'Allemagne.

En Région wallonne, deux outils d'analyse et de suivi de la maladie ont été mis en œuvre : d'une part, des campagnes d'inventaires ciblés menées à l'échelle de la Région wallonne et, d'autre part, des dispositifs permanents d'observations approfondies à l'échelle de trois peuplements.

Un aperçu des principaux résultats issus de ces deux types d'analyse sont présentés ci-dessous.

État des lieux à l'échelle de la Région wallonne

Méthodologie

Devant l'ampleur des dégâts constatés au printemps 2001 en Wallonie, il s'est avéré indispensable de réaliser un état des lieux spécifique à l'échelle des hêtraies de la Région wallonne. Une première opération d'inventaire fut menée de mi-mai à début-juillet 2001. Afin de suivre l'évolution de la maladie, une seconde campagne a été menée de mi-mai à mi-juillet 2002. Ces deux campagnes, issues d'une collaboration entre la FUSAGx (Professeur Jacques Rondeux) et la « Cellule Inventaire permanent des Ressources forestières de Wallonie » de la DNF (ir. Hugues Lecomte), ont concerné 381 unités d'échantillonnage de l'Inventaire permanent des Ressources forestières de Wallonie (IPRFW), situées dans des peuplements soumis au régime forestier du sud du sillon Sambre-et-Meuse, et dans lesquelles le hêtre représentait au moins 50 % de la surface terrière¹. L'inventaire a porté sur environ 38 000 hectares, soit la quasi-totalité des hêtraies publiques wallonnes. Les hêtres d'au moins 40 cm de circonférence à 1,5 m ont fait l'objet d'observation relatives notamment à la présence de piqûres d'insectes, de carpophores, de décollements d'écorce, de bris de tronc et d'une description sommaire de l'aspect du feuillage.

Résultats principaux des campagnes d'inventaire 2001 et 2002

L'interprétation des principaux résultats issus de ces campagnes de mesures doit être prudente et doit tenir compte de plusieurs éléments ayant trait à l'échantillonnage (un certain nombre de tiges ont été abattues entre les deux inventaires, l'échantillon a donc varié) et aux conditions d'observation (conditions météorolo-



giques d'observation moins favorables qu'en 2001, observations des arbres depuis le sol). De même, la période choisie pour l'observation des arbres échantillonnés, de mi-mai à mi-juillet, correspond à celle au cours de laquelle apparaissent de manière la plus évidente les attaques de scolytes, symptôme de loin le plus fréquent en 2001. Mais d'autres symptômes, comme l'apparition automnale (surtout en 2002) de certains carpo-

phores n'ont pu être observés lors du passage annuel de l'équipe de l'inventaire. Les principales informations fournies par l'inventaire et extrapolées sur base d'arbres « atteints » quelque soient les symptômes (piqûres d'insectes et/ou carpophores et/ou décollements d'écorce et leur intensité, sont les suivantes :

- ◆ lors de l'observation de mai à juillet 2002, le volume bois fort tige* d'arbres « atteints », c'est-à-dire présentant

des symptômes (piqûres d'insectes et/ou champignons et/ou décollements d'écorce), se serait élevé à 627 000 m³, soit 9 % du volume sur pied en Région wallonne (soit 6 906 000 m³ estimés en 2002), contre 1 327 000 m³ en 2001 (soit 18 % des 7 360 000 m³ sur pied estimés en 2001) (figure 1) ;

- ◆ en nombre de tiges, 304 000 auraient été atteintes en 2002 (soit 5 % des 6 354 000 tiges estimées en 2002), contre 747 000 en 2001 (soit 11 % des 6 350 000 tiges estimées en 2001) (figure 2) ;
- ◆ les superficies de hêtraies soumises concernées, à des degrés divers, par la maladie en 2002 représentent environ 12 000 hectares, contre environ 17 000 hectares en 2001 (estimations sur base de la présence d'au moins un arbre atteint par point de sondage) ;
- ◆ le volume moyen atteint par hectare est estimé à 16 m³ en 2002, contre 35 m³ en 2001, avec de très fortes variations entre régions et entre peuplements.

Ces chiffres montrent que, sur base des symptômes visibles sur les hêtres toujours sur pied lors de l'inventaire 2002, les volumes, comme les nombres de tiges atteints, seraient deux fois moins importants qu'en 2001.

Les deux inventaires successifs ont également montré que :

- ◆ 6 % du volume (455 000 m³) a été exploité entre 2001 et 2002, se répartissant en 271 000 m³ d'arbres atteints et 184 000 m³ d'arbres non-atteints lors de l'inventaire 2001, ce qui représente 226 000 tiges dont 115 000 jugées atteintes et 111 000 jugées non-atteintes en 2001 ;
- ◆ en ce qui concerne les arbres toujours sur pied lors de l'inventaire 2002, sur un total d'environ 6 906 000 m³ (6 354 000 tiges) estimé en 2002, 1 180 000 m³, soit 17 %, ont été atteints en 2001 et/ou en 2002 (soit en nombre de tiges : 710 000 tiges sur un total de 6 354 000, soit 11 %) ;
- ◆ sur le plan de l'évolution de la maladie, illustrée par la figure 4, il est plutôt rassurant de constater que sur les 627 000 m³ considérés « atteints » en 2002, 502 000 m³ l'étaient déjà en 2001, seuls 125 000 m³ (soit moins de 2 % du volume total sur pied) ont présenté des symptômes de maladie en 2002 alors qu'aucun n'avait été

* Volume bois fort tige : volume sur écorce de la tige calculé jusqu'à la recoupe de 22 cm de circonférence, appelé par la suite « volume » afin de ne pas alourdir le texte.

FIGURE 1 – AMPLIEUR DE LA MALADIE EXPRIMÉE EN VOLUME (TIGES) POUR 2001 ET 2002

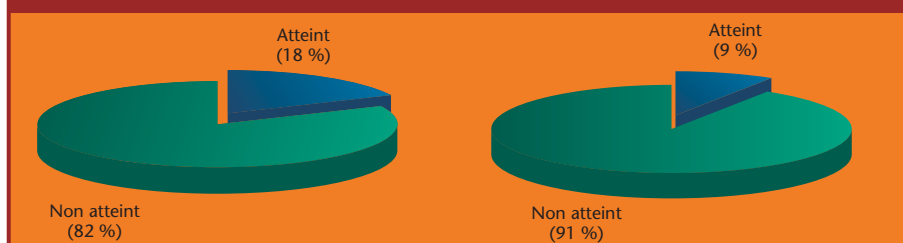


FIGURE 2 – AMPLIEUR DE LA MALADIE EXPRIMÉE EN NOMBRE DE TIGES POUR 2001 ET 2002

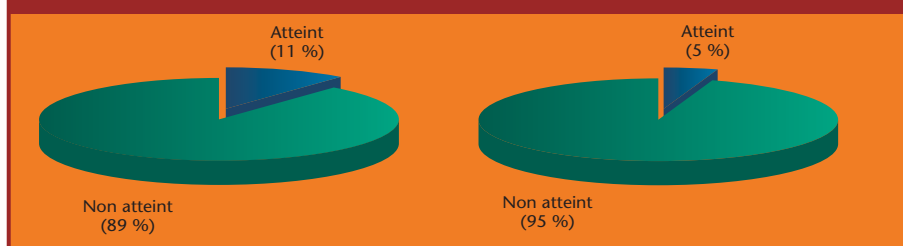


FIGURE 3 – ÉVOLUTION DU STATUT DES ARBRES ENTRE LE PREMIER INVENTAIRE (2001) ET LE SECOND (2002) (EN VOLUME)

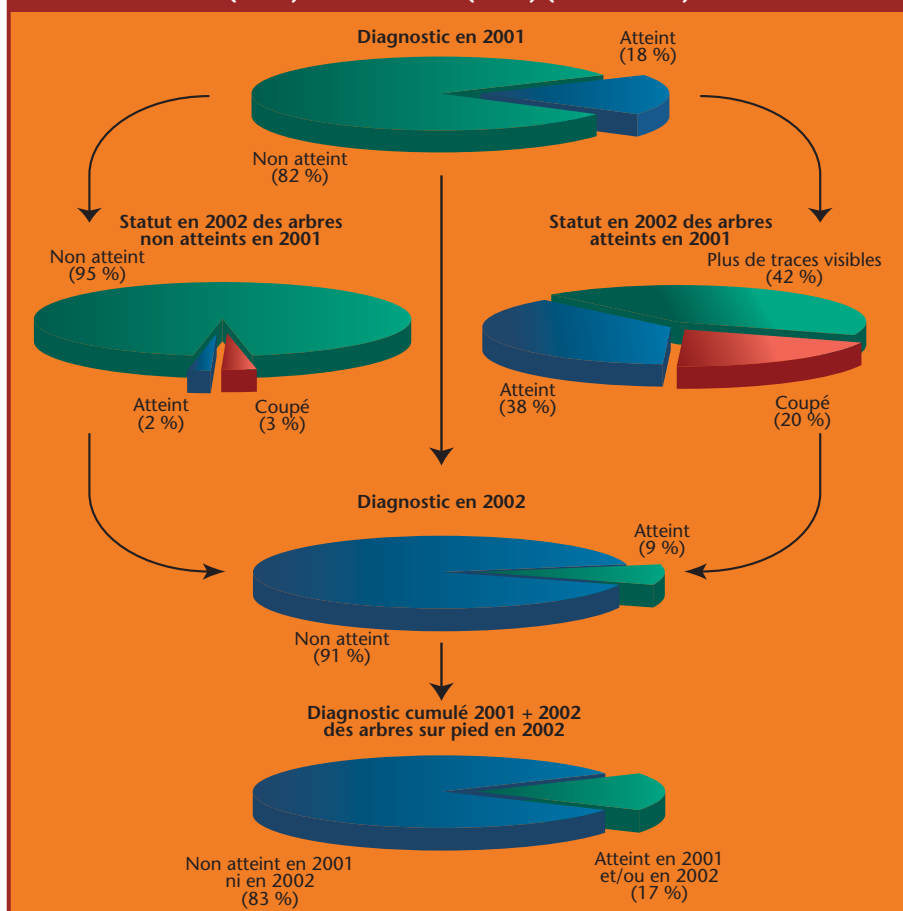


FIGURE 4 – DISTRIBUTION POUR 2001 ET 2002 DES VOLUMES (BOIS FORT TIGE) ESTIMÉS DE HÊTRES ATTEINTS ET DES TAUX D'ATTEINTE PAR CATEGORIES DE CIRCONFERENCE COMMERCIALES

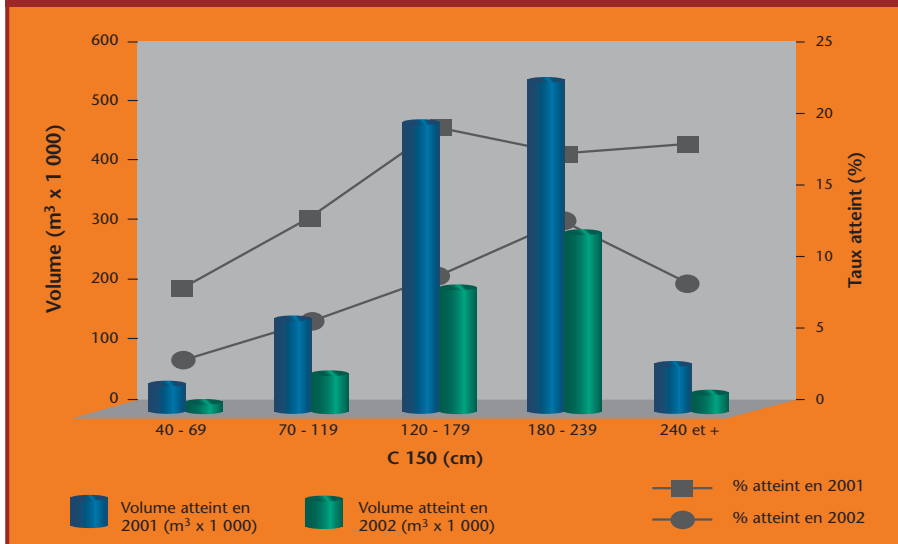
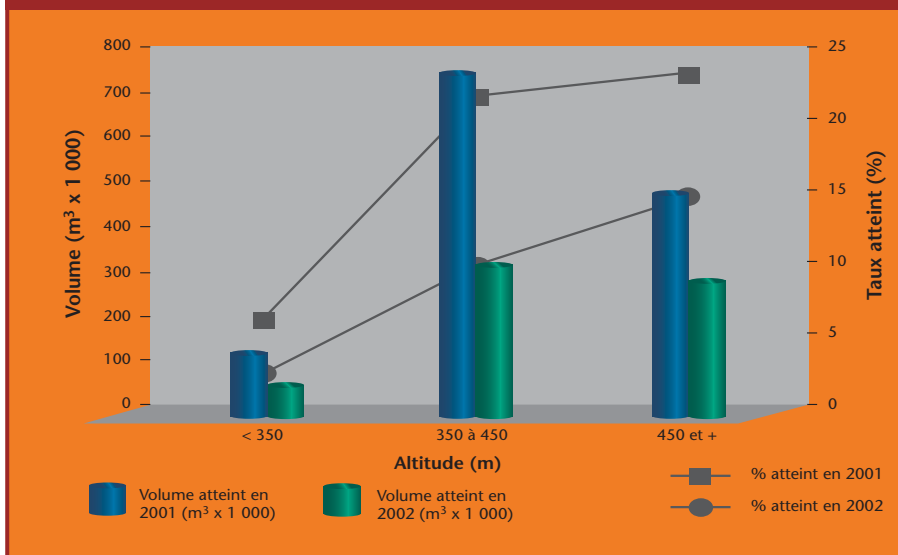


FIGURE 5 – DISTRIBUTION POUR 2001 ET 2002 DES VOLUMES (BOIS FORT TIGE) ESTIMÉS DE HÊTRES ATTEINTS ET DES TAUX D'ATTEINTE PAR CLASSES D'ALTITUDE



- ◆ 2 % (125 000 m³) présentent des symptômes en 2002 ;
- ◆ 3 % (184 000 m³) ont été exploités.

Notons encore les résultats suivants :

- ◆ par rapport à 2001, nous observons une augmentation de la part du volume « fortement atteint », ce qui semble logique en considérant que 80 % du volume atteint en 2002 l'était déjà en 2001 ;
- ◆ environ le tiers (34 %) du volume atteint en 2002 appartient à la catégorie 120-179 et environ la moitié (48 %) à la catégorie 180-239. Plus de 80 % de ce volume correspond donc à des arbres de circonférence comprise entre 120 et 240 cm. Des tiges de faible circonférence sont également touchées, bien que dans une proportion bien moindre. Par rapport au volume sur pied, la catégorie de circonférence commerciale la plus touchée en 2002 est celle des « 120-179 », tandis que celle des « 180-239 » était la plus touchée en 2001 (figure 4) ;
- ◆ comme en 2001, la région forestière de l'Ardenne comporte le plus grand volume d'arbres atteints, soit 95 % du total ; le solde (5 %) provient de la région jurassique ;
- ◆ comme en 2001, le taux d'arbres atteints augmente fortement avec l'altitude. La plus grande part du volume total atteint a cependant été identifiée à une altitude comprise entre 350 et 449 mètres (figure 5) ;
- ◆ la province de loin la plus touchée est celle du Luxembourg, suivie de Namur et Liège, tandis que celle du Hainaut resterait non concernée ;
- ◆ à l'image des observations de 2001, les deux directions forestières de loin les plus touchées restent respectivement Arlon et Neufchâteau ; viennent ensuite Marche-en-Famenne, Dinant, Malmédy et Liège, tandis que Mons et Namur ne seraient pas concernées.

Sans entrer dans les détails, l'analyse statistique des données de l'inventaire 2001 a montré que l'importance des dégâts augmentait lorsque les paramètres suivants augmentaient :

- ◆ l'altitude du peuplement ;
- ◆ l'acidité des sols (évaluée par les espèces indicatrices).

À l'inverse, l'importance des dégâts diminuait lorsque les variables suivantes augmentaient :

- ◆ la pente du sol ;
- ◆ la surface terrière totale à l'hectare ;
- ◆ la proportion de très petits bois

détecté lors du premier passage. Il s'agit donc soit de véritables « nouveaux cas », soit de hêtres sur lesquels des symptômes n'ont pas pu être détectés en 2001 (symptômes non vus ou symptômes apparus après le moment de l'observation).

Au total, les 1 327 000 m³ jugés atteints en 2001 se répartissaient comme suit en 2002 :

- ◆ 38 % (502 000 m³) ont à nouveau été jugés atteints en 2002 ;
- ◆ 42 % (554 000 m³) ne présentaient plus de symptômes visibles en mai-juillet 2002. Les observations de terrain ont cependant montré que des champignons sont apparus sur de nombreux arbres en octobre-novembre 2002 (après le passage des équipes d'inventaire). Ces champignons, s'ils n'étaient pas déjà présents lors de la visite des points de sondage, n'ont

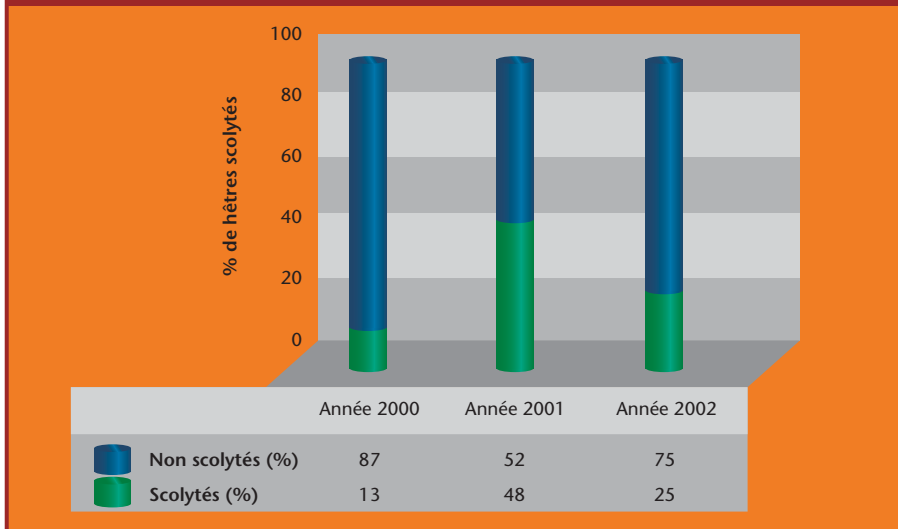
évidemment pu être décelés. Cependant, nos observations, menées également au sein des dispositifs permanents, montrent qu'il s'agit là toujours d'arbres qui étaient déjà atteints auparavant, le plus souvent des « nouveaux scolytés » de 2001. À titre exploratoire et de vérification, un rapide inventaire portant sur de nouvelles observations au sein de 30 unités d'échantillonnage (11 cantonnements) a été mené à la mi-février 2003 afin d'évaluer sommairement la situation. Le traitement des données est en cours ;

- ◆ 20 % (271 000 m³) ont été exploités.

Enfin, les 6 033 000 m³ jugés non atteints en 2001 se répartissent comme suit en 2002 :

- ◆ 95 % (5 725 000 m³) ne présentent toujours pas de symptômes en 2002 ;

FIGURE 6 – PROPORTIONS DE HÊTRES « SCOLYTÉS » OU NON EN 2000, 2001 ET 2002 (DISPOSITIF PERMANENT DE SAINTE-CÉCILE, CANTONNEMENT DE FLORENVILLE)



(C150 < 40 cm) et de petits bois (C150 entre 40 et 89 cm) ;

Les territoires écologiques de l'« Ardenne méridionale » (caractérisée par ses surfaces planes et ses versants situés à des altitudes élevées entre 380 et 500 m) et des « Vallées supérieures des bassins mosans » présentaient des taux de dégâts nettement plus importants que les autres territoires écologiques de l'Ardenne.

L'exposition nord-est associée à des pentes de plus de 5° présentait en moyenne une intensité de dégâts supérieure à celle des autres expositions.

Quelques résultats issus de dispositifs d'observation permanents

Trois dispositifs d'observation et de suivi ont été installés au sein du cantonnement de Florenville dans les deux régions naturelles les plus touchées, au sein desquels plus de 430 hêtres font l'objet d'observations périodiques et approfondies. Le dispositif ardennais est installé et suivi depuis l'été 2000, tandis que les deux autres le sont depuis l'automne 2001. Ces dispositifs, dans lesquels il est prévu

qu'aucun arbre, même atteint, ne soit abattu, ont véritablement acquis une valeur de référentiel, puisqu'ils permettent actuellement, grâce à l'ensemble des observations et mesures régulièrement effectuées dont ils ont fait l'objet, de mieux connaître la symptomatologie développée par les arbres atteints, ainsi que leur cinétique d'apparition et les interactions entre symptômes.

Nous ne reprendrons ici que quelques résultats parmi les plus importants issus du dispositif ardennais, en complément de résultats issus des campagnes d'inventaire régionales, menées à une échelle plus large mais basées sur des observations *one-shot* annuelles. L'interprétation de ces résultats sera discutée ci-dessous.

Sur un total de 210 hêtres (d'au moins 40 cm de circonférence), le pourcentage de hêtres « scolytés » (présentant des piqûres d'insectes xylophages) en 2000 était de 13 %, puis a grimpé à 48 % durant le printemps 2001. Ce taux est redescendu à 25 % en 2002 (figure 6).

Aucun nouveau cas n'a été observé au cours de l'année 2002 (dernières observa-

tions des carpophores en octobre-novembre 2002), tous les arbres atteints l'ayant déjà été précédemment.

Au total, ce sont donc 48 % qui ont été piqûrés au moins une fois au cours de ces 3 années, ce qui en fait un peuplement assez fortement touché.

Grâce au recul que procurent des états des lieux successifs effectués depuis l'été 2000, nous observons que (figure 7) :

- ◆ environ la moitié des hêtres n'ont été scolytés ni en 2000, ni en 2001, ni en 2002 ;
- ◆ 5 % ont été scolytés en 2000 puis en 2001 ;
- ◆ 18 % n'ont été scolytés qu'en 2001 (« nouveaux scolytés » de 2001) ;
- ◆ 17 % ont été scolytés en 2001 et en 2002 (sans l'avoir été en 2000) ;
- ◆ 8 % ont été scolytés lors des 3 années.

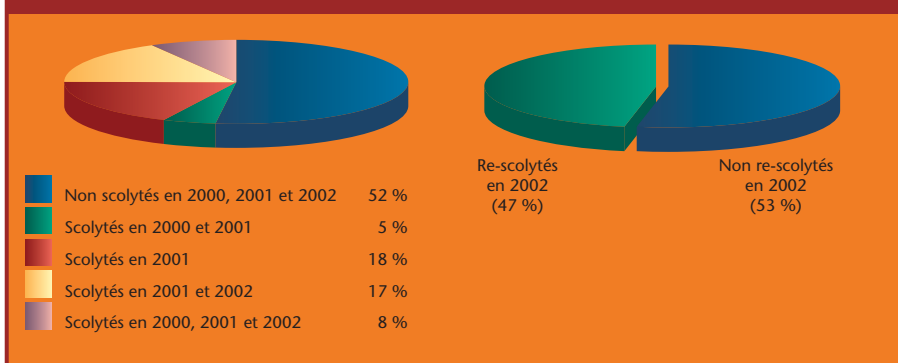
Il est intéressant de constater que parmi les « nouveaux scolytés » de 2001, environ la moitié ont été ré-attaqués en 2002, tandis que l'autre moitié ne l'a plus été.

En ce qui concerne l'observation de carpophores, la répartition suivante a été notée en octobre-novembre 2002 :

- ◆ parmi les hêtres déjà atteints en 2000, 97 % ont présenté des carpophores en 2000 et/ou en 2001 et/ou en 2002 : il s'agit d'arbres porteurs de grandes lésions de gel, dont l'espérance de survie est à peu près nulle ; plus du tiers de ces arbres ont d'ailleurs été brisés lors d'un épisode venteux de novembre 2002 ;
- ◆ parmi les hêtres nouvellement scolytés en 2001, 25 % ont présenté des carpophores en 2001 et/ou en 2002, ce qui donne une idée, à l'échelle locale de ce dispositif, de l'évolution de ces arbres environ un an et demi après leur attaque par les *Trypodendron* ;
- ◆ parmi les hêtres atteints par des scolytes au printemps 2002, 59 % ont présenté des carpophores en 2000 et/ou en 2001 et/ou en 2002, ce qui confirme le fait que les arbres atteints par les *Trypodendron* en 2002 étaient généralement dans un état sanitaire assez dégradé.

Remarquons que généralement, l'action de champignons lignivores n'implique pas une mort rapide des hêtres atteints. Par contre, l'extension de la colonisation des tissus enduits, conduit souvent après plusieurs années, au bris du tronc ou à son « teinturage » complet, induisant la mort de l'arbre.

FIGURE 7 – STATUT GLOBAL DES ARBRES EN JUIN 2002 ET STATUT ANTÉRIEUR DES HÊTRES NOUVELLEMENT SCOLYTÉS EN 2001



En ce qui concerne les observations de bris de tronc, effectuées à la mi-novembre 2002, soit après un épisode très venteux, elles présentent un intérêt d'un point de vue « sécurité » notamment :

- ◆ parmi les arbres observés cassés, tous ont présenté des carpophores en 2000, 2001 ou 2002 ;
- ◆ parmi l'ensemble des arbres ayant présenté des carpophores en 2000, 36 % étaient cassés ;
- ◆ parmi les hêtres ayant développé des carpophores à partir de 2001, 14 % étaient cassés ;
- ◆ parmi les hêtres ayant développé des carpophores à partir de 2002, aucun n'était cassé.

PRINCIPAUX SYMPTÔMES OBSERVÉS ET HYPOTHÈSES EXPLICATIVES

La majorité des symptômes observés et leurs caractéristiques principales ayant été précédemment décrits et illustrés², nous ne les détaillerons pas ici. Seuls seront évoqués ceux intervenant dans l'explication des hypothèses suivantes.

Bien que plusieurs faits restent sans explications précises, l'observation de très nombreux arbres sur pied et abattus, la consultation d'experts et les recherches bibliographiques permettent de confirmer les hypothèses explicatives déjà émises³ quant au facteur déclenchant à l'origine de cette maladie. Quant à son processus de développement ultérieur, comprenant les attaques de xylophages du printemps 2001 et l'évolution plutôt favorable constatée en 2002, il fait l'objet de plusieurs hypothèses qui, jusqu'ici n'ont pu être vérifiées de manière rigoureuse.

Pour plus de clarté, nous distinguons les symptômes et constats importants, ainsi que les hypothèses susceptibles de les expliquer, respectivement pour les dégâts observés en 1999-2000 et 2001-2002. Enfin, quelques éléments du contexte général antérieur, qui globalement, s'est montré plutôt défavorable à la bonne vigueur du hêtre, seront également rappelés.

Dégâts observés en 1999 et 2000

Symptômes et observations

En été 2000, dès les premières observations d'arbres malades abattus, la pré-

sence de symptômes parmi les suivants, systématiquement localisés sur une seule face du fût en orientation nord à est et plutôt en hauteur sur le tronc (depuis une certaine distance du sol jusqu'à la base du houppier), était caractéristique : piqûres d'insectes xylophages (essentiellement *Trypodendron domesticum*, *T. signatum* et *Lymexylon dermestoides*), taches noires, décollements d'écorce et/ou carpophores. Grâce à l'écorçage des troncs, une relation étroite a été systématiquement observée entre la présence de piqûres de *Trypodendron* sur le tronc et celle, sous-jacente, d'altérations et de nécroses corticales prenant la forme de grandes bandes d'écorce nécrosée seulement visibles après écorcement. Ces constatations ont été confirmées à de nombreuses reprises, notamment lors d'une opération d'abattage systématique de 120 hêtres au sein de points de sondage installés dans différents peuplements d'Ardenne et de Gaume, menée en automne-hiver 2000-2001 (avant le printemps 2001, celui des attaques spectaculaires de scolytes).

En effet, il s'est avéré que, à quelques très rares exceptions près :

- ◆ tous les hêtres présentant des attaques de xylophages (*Trypodendron domesticum* et *T. signatum* essentiellement) présentaient des lésions corticales de dimensions parfois très importantes (figure 8) et dégagnaient une forte odeur de « fermentation » et d'éthanol ;
- ◆ tous les hêtres présentant ce type de lésions d'écorce présentaient des attaques de scolytes localisées, au moins en phase de début d'attaque, précisément au niveau de la zone d'écorce lésée.

Bien qu'inhabituel, ce type d'attaques de xylophages n'avait en réalité rien d'étonnant sur le plan entomologique, puisque les insectes concernés sont connus pour être très fortement attirés par l'éthanol du bois en fermentation. Leurs piqûres ne faisaient donc que révéler un problème sous-jacent d'origine antérieure et, initialement, invisible extérieurement.

Le prélèvement systématique de rondelles de bois au cours de nos observations a permis d'effectuer plusieurs constatations importantes. En coupe transversale au niveau de lésions corticales, se trouvait soit un bourrelet de cicatrisation, soit un « manque de cernes » lié à la mort du cambium. L'examen minutieux des rondelles a permis de compter systématiquement un même nombre de cernes manquants ou constitutifs de bourrelets, permettant de dater, sans exception, l'événement qui a provoqué la mort du cambium à la saison de repos de végétation 1998-1999. À noter que l'examen de rondelles prélevées dans toutes les régions concernées par la maladie y compris dans les Ardennes françaises, a conduit aux mêmes conclusions.

L'hypothèse d'un incident climatique comme facteur déclenchant

Un événement géographiquement étendu mais ponctuel dans le temps semblait donc être la cause première de la formation de ces grandes lésions corticales très attractives pour des insectes xylophages secondaires. Une analyse des données climatiques de l'Institut Royal Météorologique de Belgique a permis d'identifier plusieurs épisodes de froid intense au cours de la période concernée. Celui



FIGURE 8 – NÉCROSE SOUS-CORTICALE (DÉLIMITÉE PAR LE TRAIT BLEU) DE TAILLE IMPORTANTE ET ORIENTÉE AU SECTEUR NORD-EST SUR UNE GRUME « SCOLYTÉE » EN 2000 (C150 : 175 CM)

FIGURE 9 – PRINTEMPS 2001. PIQÛRES DE TRYPODENDRON (MARQUÉES EN JAUNE) LOCALISÉES UNIQUEMENT À LA BASE DE L'ARBRE ET EN TOUTES ORIENTATIONS (DISPOSITIF PERMANENT DE SAINTE-CÉCILE, CANTONNEMENT DE FLORENVILLE)



qui s'est produit en novembre 1998 se singularise par son intensité, sa brutalité et surtout par sa précocité exceptionnelle. En effet, des températures aussi basses (de l'ordre de -16°C sur les Hauts-plateaux ardennais) sont exceptionnelles à la mi-novembre. De plus, des vents soutenus et froids des secteurs nord et est ont accompagné cette chute de température et ont certainement contribué à accentuer les effets néfastes du gel sur l'écorce de nombreux hêtres. La mousse présente sur les troncs a pu, par son humidité, renforcer l'effet du froid sur l'écorce. Bien que le hêtre soit une des essences les plus sensibles aux extrêmes climatiques en raison de son écorce fine et dépourvue de véritable rhytidome, la valeur absolue de ces températures n'a rien d'exceptionnel dans son aire naturelle. C'est plutôt l'état physiologie des arbres au moment auquel intervient le froid qui aurait été déterminant. En effet, en automne et en début d'hiver, lors de la diminution progressive des températures, plusieurs mécanismes de résistance au gel de plus en plus efficaces se mettraient progressivement en place, par paliers successifs de diminution de température, pour protéger l'arbre. Dans le cas présent, les températures très douces qui ont précédé de peu ce coup de froid brutal n'ont pas permis une protection efficace des arbres vis-à-vis du froid. La mort et la fermentation des tissus lésés, accompagnées d'émissions d'éthanol, ont constitué des sites d'attraction pour des insectes xylo-

phages et des portes d'entrée pour des champignons. Les scolytes ont ainsi trouvé une grande quantité d'arbres réceptifs et ont pu se multiplier fortement.

De nombreuses observations et analyses de peuplements installés en conditions environnementales contrastées corroborent cette hypothèse d'un incident climatique comme facteur déclenchant initial, incident qui aura eu des conséquences variables en fonction des conditions de croissance (altitude, exposition, protection vis-à-vis des aléas climatiques) et de la nature des peuplements touchés (type et structure, stade de développement, densité). De même, l'état physiologique, et avec lui une éventuelle sensibilité des arbres vis-à-vis de facteurs environnants comme le froid, peuvent apparemment varier dans une mesure assez large selon de nombreux critères comme notamment leur âge, leur situation isolée ou en peuplement, leur statut social, leur vigueur, etc.

Enfin, signalons que l'érable sycomore, essence à écorce fine comme celle du hêtre a également été touché et présentait dans certains peuplements des symptômes comparables à ceux de hêtres avoisinants, y compris des attaques de *Trypodendron*. Le fait que deux espèces différentes soient également concernées par un problème sanitaire de ce type est de nature à renforcer cette hypothèse de dégâts de gel.

Puisque les observations montraient que tous les arbres attaqués par les scolytes présentaient systématiquement des zones d'écorce lésée, et qu'inversement, tous les arbres qui présentaient ce type de lésions étaient « scolytés », il semblait qu'une fois que ces arbres, blessés par le gel et attractifs pour les organismes xylophages, auraient été exploités, la situation se régulariserait rapidement. Aucun élément ne permettait de penser qu'un scénario tel que celui vécu au printemps 2001 allait se dérouler.

Signalement d'antécédents aux causes apparemment similaires

Remarquons que deux accidents apparemment similaires, liés au froid ou au gel, se seraient déjà produits par le passé sur hêtre.

L'un, évoqué par deux auteurs⁴⁻⁵, se serait produit en Ardenne belge et aurait conduit, à partir de 1943, à la délivrance de milliers de vieux hêtres. Bien que n'ayant pas fait l'objet d'une description approfondie, les symptômes évoqués

font état de suintements rougeâtres à l'exposition nord, de nécroses, de chutes d'écorce et d'attaques violentes de *Trypodendron*. Ces auteurs attribuent l'origine des dégâts à l'hiver exceptionnellement rude de 1941-42.

L'autre, ayant fait l'objet d'une description spécifique⁶, s'est produit dans le département français des Vosges (région de la Vôge) dans les années 1985-1986, qui ont connu une des dernières périodes de grand gel hivernal. Ces conditions climatiques très rigoureuses, notamment caractérisées par une chute très spectaculaire de température, auraient atteint de très nombreux hêtres qui ont été récoltés entre 1989 et 1994, avec un pic vers 1991 et 1992. Les symptômes qui apparaissaient étaient essentiellement des carpophores sur le tronc et des suintements de l'écorce. Après écorcement, des lésions corticales pouvaient également être identifiées. Les attaques de xylophages furent apparemment nettement moins nombreuses que dans le cas qui nous occupe en Wallonie. Il est probable que cette moindre présence d'attaques de xylophages puisse expliquer le « retard » relatif (récoltes étalées de 1989 à 1994) constaté dans l'extériorisation des symptômes par les arbres atteints. En effet, d'une part, les rejets de sciure attirent rapidement l'attention et facilitent la détection, et d'autre part, les galeries creusées dans le bois permettent une installation plus rapide de champignons xylophages.

Dégâts observés en 2001 et 2002

Caractéristiques principales

Le printemps 2001 a été marqué par une vague d'attaques de *Trypodendron* massive, aiguë et très surprenante tant par son caractère intense que par le fait que, contrairement aux attaques constatées en 2000, elles concernaient aussi des arbres présentant toutes les apparences d'arbres « sains », ce qui relève d'un épisode réellement exceptionnel. En effet, des hêtres de deux types ont été attaqués par des scolytes au printemps 2001 : les arbres déjà précédemment atteints et porteurs de lésions corticales étendues, mais aussi, étonnamment, un très grand nombre d'arbres sans lésion et d'aspect extérieur « sain », ainsi qu'un houppier sans signe de dépérissement antérieur marqué.

Bien qu'apparemment toujours localisées de manière préférentielle aux expositions nord et est, les coulées de sciure issues du creusement de galeries par les scolytes, premiers symptômes observables au cours du printemps 2001, se concentraient fréquemment à des orientations sud-ouest à sud-est et, en outre, fait nouveau, à la base du tronc (figure 9 et 10). Les insectes semblaient donc ne plus focaliser leurs attaques uniquement sur une zone précise comme en 1999-2000 (grande lésion corticale).

Tout au plus pouvait-on constater dans l'épaisseur de l'écorce, la présence de petites taches nécrotiques peu étendues, de coloration brun-orangé à brun foncé et prenant naissance à la base de petites fissures. L'origine de ces micro-lésions serait plutôt à rechercher parmi des causes abiotiques (dégâts de gel peu étendus et localisés, influence de sécheresses, de fortes températures...), sachant que le hêtre possède une écorce dont certaines caractéristiques anatomiques favorisent la fissuration naturelle.

Les scolytes semblaient porter préférentiellement leurs attaques sur ces zones d'écorces fissurées et fréquemment revêtues de mousses dépérissantes. *A contrario*, au moins sur les arbres non excessivement dégradés, les zones d'écorce lisse, dépourvue de mousse et au périoderme toujours vert, généralement situées plus en hauteur que les zones d'écorce fissurée, étaient indemnes de piqûres.

Fort heureusement, de telles « explosions » d'attaques entomologiques ne se

FIGURE 10 – ASPECT EN AVRIL 2003 DES PIQÛRES DE *TRYPDENDRON* SP. DATANT DE 2001 (COLORATION NOIRÂTRE) ET DE PIQÛRES PLUS ANCIENNES LOCALISÉES DANS UNE ZONE DE BOIS ALTÉRÉ EN ORIENTATION NORD-EST, À L'APLOMB D'UNE LÉSION CORTICALE



sont plus reproduites au printemps 2002, comme l'a montré la campagne d'inventaire 2002 et les résultats d'observations dans les dispositifs permanents. Les attaques de xylophages ont en effet concerné environ deux fois moins d'arbres qu'en 2001.

L'avenir des arbres piqués en 2001 et indemnes de nouvelles attaques en 2002 suscite bien des interrogations. Pour tenter d'évaluer les possibilités d'évolution d'arbres « nouvellement scolytés de 2001 », quelques abattages suivis de l'examen de galeries de *Trypodendron* ont été effectués en automne 2001 au sein d'une station d'Ardenne et de Gaume. Il s'est avéré qu'une partie des hêtres (ceux d'Ardenne) comportaient des galeries occupées par de jeunes adultes de *Trypodendron* et n'étaient pas parvenus à cicatrifier ces galeries. Par contre, une autre partie des hêtres abattus, situés en Gaume sur station riche, portaient des galeries rebouchées par un bourrelet cicatriciel. Bon nombre de ces galeries semblaient avoir « avorté », n'étaient profondes que d'environ 5 mm et n'étaient que très peu colorées, tandis que d'autres étaient nettement plus profondes et de coloration noirâtre. Il semble donc – et ce fait nous a également été confirmé à de multiples reprises – qu'un certain nombre d'arbres probablement assez vigoureux, sont aptes à cicatrifier un grand nombre des galeries qu'ils comportent. Pour autant que des dégradations fongiques ne s'en suivent pas, ce fait apporte évidemment une note d'optimisme quant à l'évolution future de ces arbres scolytés, à leur maintien en vie et à leurs possibilités de régénération. Ces cas d'évolutions favorables ne doivent cependant pas faire oublier que, dans les prochaines années, ces galeries, alors devenues indécélables sur les bois sur pied, constitueront des défauts cachés (exemple de galeries vieilles de plusieurs dizaines d'années enfouies dans le bois).

Les hypothèses de travail

Au vu des différences importantes qui ont pu être identifiées dans la symptomatologie présentée par les arbres atteints en 1999-2000 d'une part, en 2001 d'autre part, et considérant l'évolution de la maladie constatée au printemps 2002, il apparaît que l'attractivité des hêtres nouvellement attaqués en 2001 était très importante vis-à-vis des *Trypodendron*. Alors que les populations de *Trypodendron* étaient au moins aussi importantes en 2002 qu'en 2001 (malgré l'efficacité du dispositif de piégeage

des scolytes mis en œuvre par la DNF) cette attractivité exacerbée n'avait visiblement plus cours en 2002 et s'est donc avérée passagère. Ainsi, certaines grumes ou des arbres sur pied fortement dégradés faisaient l'objet d'intenses attaques entomologiques, tandis que bon nombre d'arbres sur pied, même scolytés en 2001, n'étaient pas ré-attaqués en 2002.

Nous voyons deux manières d'interpréter ce constat :

- ◆ soit la « santé » des arbres, altérée par les conditions climatiques de 1998 notamment, a pu se restaurer progressivement jusqu'à les rendre non-réceptifs vis-à-vis des *Trypodendron* ;
- ◆ soit l'attractivité particulièrement importante des hêtres en 2001 était liée à un phénomène indépendant.

Ces deux possibilités ont également pu intervenir de manière conjointe.

Notons également que les résultats de différentes études confirment que les deux espèces de *Trypodendron* restent bien des espèces au comportement secondaire, incapables d'attaquer des arbres parfaitement sains et fortement attirées par des émanations d'éthanol libérées par des arbres.

La seconde possibilité énoncée ci-dessus implique qu'une cause non-directement liée au « coup de froid » de 1998 aurait été responsable de l'attractivité importante et passagère dont les hêtres ont fait l'objet en 2001 alors que les populations de *Trypodendron* étaient anormalement importantes. L'éthanol peut être produit essentiellement par des processus de fermentation sur grumes abattues, arbres moribonds ou arbres lésés (par exemple : nécroses corticales) ou, dans des circonstances particulières, être libéré par des arbres en état de santé correct, mais subissant certains types de stress, notamment climatiques.

Or il s'avère que les mois de mars et d'avril 2001 ont connu des niveaux de précipitations extrêmement élevés, à tel point que, d'après l'IRM, le mois d'avril a connu les précipitations les plus élevées depuis le début des observations pluviométriques (1833) ! Si on considère le couple mars et avril 2001, c'est-à-dire précisément l'époque à laquelle ont été constatées les premières attaques extraordinaires de *Trypodendron*, les valeurs de précipitations sont encore plus remarquables ! Pendant le même

temps, l'insolation présentait aussi un déficit record.

Toujours selon l'IRM, « ce début de printemps est donc le plus mauvais depuis le début des observations qu'il réalise, avec simultanément un déficit record de l'insolation et un excès record des précipitations »⁷.

Ceci nous amène à émettre l'hypothèse suivante, qui, à ce stade, n'est encore que purement spéculative et doit donc être considérée avec prudence. Selon celle-ci, ces conditions météorologiques extrêmement pluvieuses (éventuellement combinées à des problèmes de déficiences de drainage du sol), ont pu, dans certains cas, induire chez les hêtres un stress important lié à l'ennoyage temporaire de leur enracinement, et une production subséquente d'éthanol. En effet, par déficit d'oxygène et anoxie racinaire, il peut y avoir production métabolique d'éthanol. Cet éthanol, qui se retrouve au niveau du cambium et du phloème serait clairement de nature à déclencher des attaques d'insectes comme les *Trypodendron* qui, à l'époque considérée, constituaient vraisemblablement des populations très importantes et se trouvaient en pleine période d'émergence et donc à la recherche d'hôtes attractifs.

D'autres pistes doivent également être considérées, dont celle du lien fréquent qui existe entre les attaques de *Trypodendron* et la présence de « mousses noires sur le tronc ».

À l'évidence, il s'agit d'aspects complexes car on ne peut ignorer les inévitables interactions entre facteurs incriminés, chacun d'eux ne pouvant être pris en compte isolément sous peine de graves erreurs d'interprétation.

Un contexte général globalement défavorable à la vigueur du hêtre

Depuis de nombreuses années, bon nombre de hêtraies notamment ardennaises présentent des signes tangibles de dépérissement « classique », dont le symptôme le plus apparent est une dégradation plus ou moins sévère de l'état des houppiers. L'épisode aigu de maladie que nous connaissons actuellement semble indépendant de ce dépérissement nettement plus progressif et dont l'origine, complexe, fait notamment intervenir des facteurs pédologiques (pauvreté chimique naturelle de certains sols, déséquilibres minéraux, carences

nutritives, compaction...), climatiques (déstabilisation des arbres par les tempêtes, déficits hydriques répétés, températures estivales anormalement élevées) et physiologiques (fortes faînées successives), ainsi que des retombées atmosphériques polluantes (notamment acides et azotées).

Globalement, l'action de ces facteurs n'a pas contribué à assurer au hêtre des conditions favorables de vigueur et de résistance aux agressions extérieures. Par ailleurs, des recherches menées en Suède⁸ ont montré qu'il existerait, dans les peuplements suédois étudiés, une corrélation entre les conditions nutritionnelles des hêtres et la sensibilité de leur écorce au gel.

CONSÉQUENCES SYLVICOLES DE LA MALADIE

La maladie qui sévit actuellement dans les hêtraies d'Ardenne et de Gaume amène un certain nombre de perturbations plus ou moins importantes au niveau des peuplements en fonction du taux d'arbres atteints, de leur répartition, mais aussi de la structure des peuplements et des types de stations concernés. Parmi celles-ci, citons des prélèvements souvent excessifs qui peuvent impliquer, outre une déstabilisation des peuplements, une mise en lumière brutale des arbres restants et du parterre de la coupe. Les arbres isolés risquent de subir des dommages directs liés à l'action des agents climatiques (brûlures d'écorce, altération de l'écorce liée au froid (!), dommages racinaires liés à l'action de vents forts...) ainsi que divers stress liés notamment à l'ensoleillement brutal des cimes. À l'image de ce que l'on constate fréquemment, il semble inéluctable qu'un certain nombre d'arbres encore sains qui se retrouveront isolés suite aux ponctions effectuées vont souffrir et dépérir progressivement.

Des « régularisations » de trouées seront donc sans doute à prévoir au cours des prochaines années. L'afflux massif et soudain de lumière et de chaleur au sol, s'il peut dans certains cas aider à minéraliser rapidement une importante couche de matière organique, risque également de provoquer l'apparition d'une strate herbacée très envahissante susceptible de poser d'importants problèmes de régénération naturelle, par ailleurs déjà peu aisée à obtenir dans certains cas.

Pour ce qui regarde les martelages et en particulier la sélection des tiges à prélever en fonction des critères classiques (qualité phénotypique, situation de concurrence par rapport aux arbres voisins, catégorie de grosseur), il est clair que les objectifs des martelages purement sanitaires, s'ils sont effectués, seront relativement éloignés des objectifs sylvicoles ou d'aménagement définis classiquement pour les parcelles. Au vu des pourcentages plus élevés d'arbres atteints dans les catégories de gros bois, la disparition de ces arbres, par mort naturelle ou par abattage, devrait en principe permettre un rajeunissement plus rapide des hêtraies fréquemment déséquilibrées par excès de gros bois.

Les aménagements forestiers risquent évidemment aussi de subir d'importantes perturbations, essentiellement au niveau des objectifs poursuivis.

En revanche, cet événement assez exceptionnel constitue assurément une opportunité très intéressante de diversification des essences de la hêtraie, le plus souvent très pauvre en essences compagnes. Un certain nombre de trouées créées pourront bénéficier du potentiel de régénération naturelle des essences compagnes ou faire l'objet de reboisements à but cultural et écologique. Outre l'amélioration de la diversité écologique en général, les mélanges influencent favorablement la décomposition de la couverture morte, la formation d'un humus de bonne qualité, les propriétés éco-biologiques intéressantes du sol et la fertilité de la station. Grâce à la diversité de leurs exigences et à la variété de leur enracinement, les espèces du mélange exploitent mieux les ressources du milieu que les peuplements purs. De plus, la régénération naturelle du peuplement mélangé est souvent plus aisée et mieux assurée, surtout en hêtraie. Enfin, globalement, la résistance des peuplements mélangés aux divers dangers et accidents est mieux assurée que pour les peuplements mono-spécifiques⁹. Il ne faut cependant pas nier l'existence de difficultés lorsqu'il s'agit de réimplanter, de maintenir et de rajeunir les essences constitutives du mélange dans une juste proportion.

Ainsi, dans les zones les plus atteintes, les aménagements forestiers devront être revus, sinon au niveau des objectifs généraux, au moins à celui des calculs de possibilités et des prévisions de travaux. Ce sera l'occasion d'une réflexion approfondie sur les sylvicultures de la hêtraie en Wallonie. ■



En 2001, les piégeages avaient révélé l'abondance de trois espèces de scolytes dans les hêtraies ardennaises atteintes par la « maladie du hêtre » : *Trypodendron domesticum* (ou *Xyloterus domesticus*), *Trypodendron signatum* (ou *Xyloterus signatus*) et *Xyleborus* (ou *Anisandrus*) dispar. Divers essais (abattages séquentiels, tests de substances attractives) et de multiples observations sur la distribution des attaques avaient permis de conclure au caractère strictement non-primaire de ces espèces : les arbres sains ne sont pas menacés. En revanche, ils avaient établi que les hauts niveaux de populations pouvaient entraîner des attaques de scolytes sur des sujets passagèrement susceptibles, et que ces attaques entraînaient une dépréciation économique très grave du bois, même si certains arbres atteints pouvaient se rétablir.

En 2002, l'expérimentation a visé à déterminer quelle menace chacune des trois espèces de scolytes présentait pour la hêtraie. En effet, l'abondance des captures d'individus des trois espèces ne signifiait pas nécessairement que ces insectes étaient tous capables de nuire d'égale façon. Les préférences de chacune quant aux substrats colonisés, les facultés de dispersion en forêt et en milieux ouverts, et les modes d'hivernage ont également été étudiés. Par ailleurs, une grande partie des essais a visé à perfectionner le piégeage et à mesurer son efficacité en terme de gestion des populations.

Quelles espèces menacent les hêtres ?

Deux voies ont été suivies pour répondre à cette question : l'utilisation de pièges d'émergence, afin de déterminer quelles espèces étaient responsables des galeries observées dans les arbres, et la mise en place de pièges à éthanol et à phéromones, permettant une certaine évaluation des populations de scolytes dans des peuplements atteints à des degrés divers par la « maladie du hêtre ».

Pièges d'émergence

Ceux-ci sont de deux types, collectifs ou individuels. Le principe de cette technique consiste à récolter les insectes émergeant de la surface de l'écorce couverte par le piège. Les pièges collectifs sont constitués d'un récipient opaque (une gouttière en PVC, longueur 40 cm, largeur 12 cm) vissé au tronc à l'aplomb d'une surface infestée, et muni d'orifices de ventilation grillagés et de 3 flacons collecteurs.

Les pièges d'émergence individuels sont des cylindres en PVC s'enfonçant dans un flacon récepteur, et légèrement enfoncés dans l'écorce à l'aplomb de l'orifice de la galerie.

Partie 2

BIOLOGIE ET RÔLE DES SCOLYTES ASSOCIÉS À LA MALADIE

Évolution des connaissances

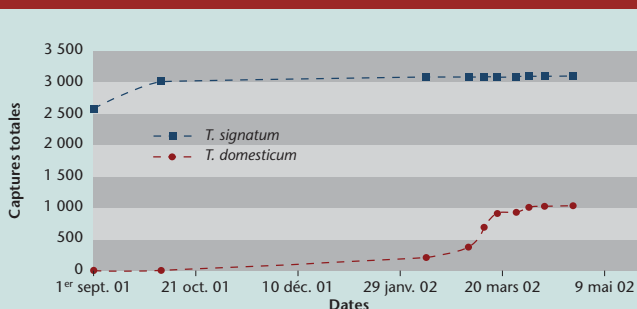


© M. De Proft

Vingt-trois pièges collectifs ont été posés en août 2001 sur 12 grumes à Libin et 21 pièges sur 14 arbres debout à Willerzie. Les captures indiquent que deux espèces sortent des galeries : *Trypodendron signatum* et *T. domesticum*. Les deux espèces ont été capturées ensemble dans les deux sites. *T. signatum* semble surtout abondant sur grumes et *T. domesticum* domine sur arbres debout. Cette observation confirme les captures abondantes de *T. signatum* sur grume-piège en 2001.

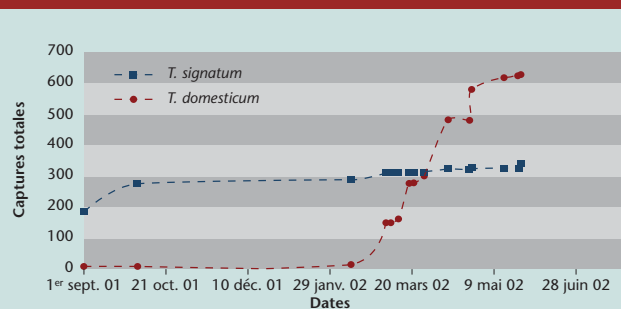
Dans cette première expérimentation de portée limitée, aucun *X. dispar* n'a été récolté ni sur arbres debout, ni sur grumes. En revanche, des observations directes en forêt ont révélé que cette espèce est fréquente sur le bois de hêtre gisant. Elle hiverne à l'intérieur du bois et émerge plus tard que *T. domesticum*. Les accouplements ont lieu au printemps, lors de l'émergence, sur l'écorce (peut-être également dans les galeries, avant l'émergence). Ensuite, les femelles, seules capables de voler, s'en vont à la recherche de nouveaux sites à coloniser. Malgré l'abondance de ses populations, aucune installation d'*X. dispar* n'a (encore) été détectée sur

FIGURE 1 – PIÈGES D'ÉMERGENCE : RECOGNE 2001-2002



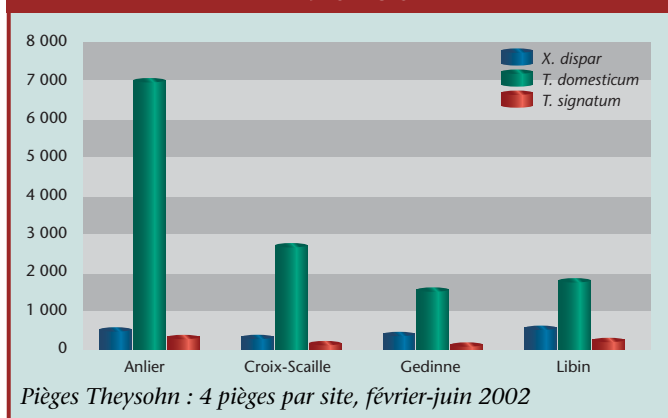
Captures totales, 23 pièges « collectifs »
Émergences à partir de grumes, pièges collectifs
Captures cumulées. Recogne, septembre 2001-mai 2002

FIGURE 2 – PIÈGES D'ÉMERGENCE : WILLERZIE 2001-2002



Captures totales, 23 pièges « collectifs »
Émergences à partir d'arbres debouts, pièges collectifs
Captures cumulées. Willerzie, septembre 2001-juin 2002

**FIGURE 3 – CAPTURES TOTALES (4 PIÈGES X 1 AN)
PAR ESPÈCES**



**FIGURE 4 – TRYPODENDRON SPP.
(RELEVÉS DU 11 AVRIL, 9 MAI ET 23 MAI 2002)**



**TABLEAU 1 – PRÉSENCE DE TRYPODENDRON SPP.
ET DE X. DISPAR**

	<i>T. domesticum</i>	<i>T. signatum</i>	<i>X. dispar</i>
Ath	598	357	126
Bertrix	205	378	838
La Roche	588	428	213
Marche-les-Dames	159	234	201
Meerdael	684	202	344
Presgaux	155	954	313
Bois de Villers	938	334	445
Wellin	218	60	607

**FIGURE 5 – XYLEBORUS GERMANUS
(RELEVÉS DU 23 MAI 2002)**



TABLEAU 2 – PRÉSENCE DE XYLEBORUS GERMANUS

	<i>X. germanus</i>
Ath	629
Bertrix	0
La Roche	3
Marche-les-Dames	6
Meerdael	387
Presgaux	0
Bois de Villers	1 652
Wellin	0

des hêtres vivants. Contrairement aux *Trypodendron*, cette espèce ne serait donc pas impliquée dans la « maladie du hêtre ». Des observations approfondies sont prévues sur ce thème en 2003.

Pièges à éthanol et à linéatine

Divers piégeages à l'aide d'éthanol et de linéatine (phéromone) confirment les informations fournies par les pièges d'émergence.

À titre d'illustration, la figure 3 reprend les captures de séries de 4 pièges Theysohn disposés de février à juin 2002 dans 4 sites : Anlier, la Croix-Scaille, Gedinne et Libin. Dans ces 4 sites, tous touchés par la maladie du hêtre, *T. domesticum* est toujours l'espèce la plus capturée, suivie par *X. dispar*, et enfin par *T. signatum*. La rareté relative de cette dernière espèce pourrait être due en partie à la moins bonne efficacité des pièges envers cette espèce (voir plus loin).

Les niveaux de captures de *T. domesticum* semblent correspondre aux niveaux d'intensité avec lequel les différents sites sont atteints par la maladie du hêtre.

Par contre, les niveaux de captures d'*X. dispar* sont constants et partout assez élevés. Ceci constitue un indice supplémentaire de ce que cette espèce n'interviendrait pas dans la maladie du hêtre.

Variation d'abondance en Région Wallonne et dans les régions limitrophes

Un réseau trans-national a été déployé en collaboration avec les Eaux & Forêts du Luxembourg, le Département de la Santé des Forêts en France et la Station de Recherches forestières de Rhénanie-Palatinat.

Des dispositifs constitués de 5 pièges-bouteilles disposés en croix, orientés nord-sud et est-ouest, et distants l'un de l'autre de 50 mètres ont été établis. En Région Wallonne, 8 dispositifs ont été mis en place.

Avec ce système, les *Trypodendron* spp. et *Xyleborus dispar* sont capturés partout en abondance comparable, même dans les sites où aucun dégât n'a jamais été observé. Ces résultats paradoxaux pourraient trouver une explication dans le fait que l'abondance des arbres susceptibles dans les peuplements atteints constitue une concurrence importante aux pièges et drainent la plus grande partie des insectes présents. Ils témoignent surtout de ce que la mesure des populations de scolytes demeure un problème non résolu par les systèmes de piégeage éprouvés jusqu'ici.

Xyleborus germanus, très rare en Ardenne, a été capturé en grands nombres en moyenne Belgique. La progression éventuelle de cette espèce récemment introduite dans nos régions devra être surveillée dans les années à venir.

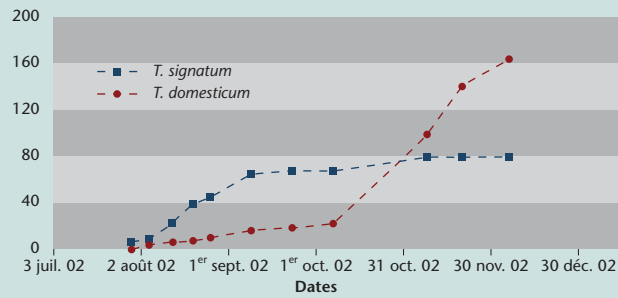
Phénologie

Émergence

Les pièges d'émergence collectifs posés en forêt (tableaux 1 et 2) avaient montré qu'en 2001, *T. signatum* avait émergé majoritairement en fin d'été et en automne, tandis que la quasi-totalité des *T. domesticum* avaient passé l'hiver dans leurs galeries pour n'émerger qu'à l'approche du printemps. Les pièges d'émergence individuels de 2001-2002 confirment ces observations. Dix bûches provenant d'un seul hêtre attaqué ont été prélevées en forêt durant l'hiver 2001-2002. Sur chaque bûche, des pièges individuels ont été apposés sur les orifices de 10 galeries au début janvier 2002. Comme dans les pièges collectifs, seul *T. domesticum* en a émergé au cours du printemps 2002. Par contre, des pièges individuels installés en été 2002 ont donné des résultats divergents, des individus des deux espèces émergeant avant l'hiver. *T. domesticum* n'hiverne donc pas systématiquement dans le bois. Des observations effectuées en forêt depuis l'automne 2002 sur des bandes de toile engluées disposées autour des troncs d'arbres colonisés confirment ces résultats : de nombreux *T. domesticum* y ont été capturés.

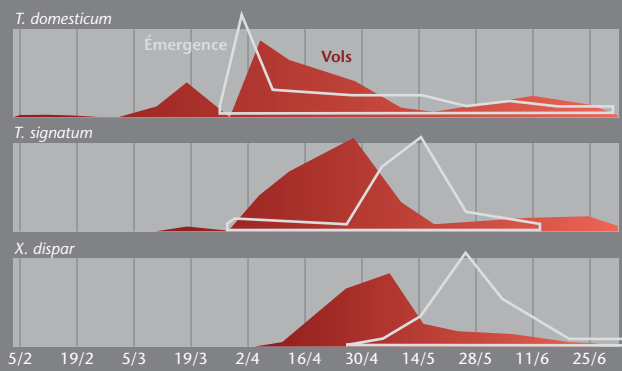
La plupart des *T. signatum* passent tout l'hiver dans la litière. C'est également dans la litière, au pied des arbres, que se réfugient les *T. domesticum* émergeant de façon échelonnée de la fin

FIGURE 6 – PIÈGES D'ÉMERGENCE INDIVIDUELS



Émergences à partir d'arbres debouts, pièges individuels
Captures cumulées. Willerzie, juillet-décembre 2002

FIGURE 7 – PÉRIODES DE VOLS OBSERVÉS EN 2002



Captures au piège appâté à l'éthanol et à la linéatine
Anlier, 2002

FIGURE 8 – DISTANCE DE VOL DE TRYPODENDRON SPP

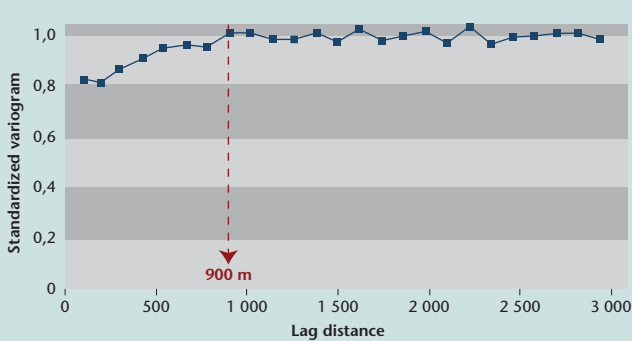
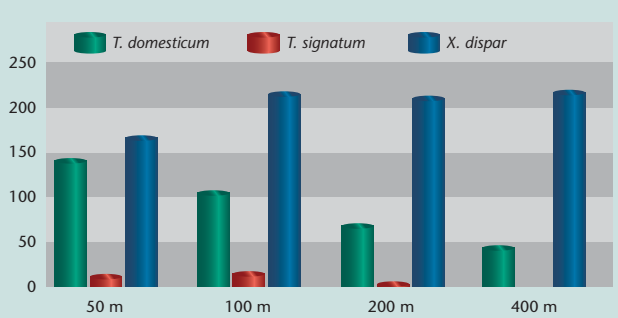


FIGURE 9 – DISPERSION À L'EXTÉRIEUR DE LA FORÊT



de l'automne, jusqu'au printemps, à la faveur de périodes plus douces, comme l'indique une petite expérience : le 18 février 2002, de la litière forestière a été récoltée au pied de 5 arbres attaqués à Willerzie, et étalée dans un local chauffé à 20°C. Les scolytes émergents ont été récoltés sur les vitres du local. Trois *T. signatum* et 99 *T. domesticum* ont ainsi été capturés.

Vol

La figure 7 illustre les périodes de vols observés en 2002. *T. domesticum* a volé à partir de la mi-mars, *T. signatum* surtout à partir de la mi-avril et *X. dispar*, un peu plus tard encore. Les silhouettes en blanc représentent la forme des vols observés en 2001 : *T. domesticum* avait connu un pic spectaculaire au début avril, puis le mauvais temps avait interrompu les vols. *T. signatum* et *X. dispar* n'avaient volé qu'à partir de mai. On remarque bien sur cette figure, le décalage entre l'émergence (qui avait pourtant eu lieu au printemps) et le vol de *T. domesticum*. Les deux phénomènes ne sont donc pas liés.

Dispersion

La dispersion des scolytes à l'intérieur d'un grand massif forestier a été évaluée par l'étude de la distribution spatiale des captures en Forêt de Soignes (non concernée par la maladie du hêtre), en utilisant un réseau de 350 pièges-bouteilles disposés selon une maille de 225 mètres. Les analyses variographiques indiquent, tant pour les *Trypodendron* spp. que pour *X. dispar*, une densité-dépendance des captures jusqu'à 900 mètres environ, ce qui suggère une distance de vol de ce même ordre de grandeur.

À Witry, c'est la dispersion à l'extérieur de la forêt qui a été étudiée. Des pièges IPM appâtés (éthanol et linéatine) ont été placés en prairie selon une ligne perpendiculaire à la lisière d'une hêtraie atteinte, respectivement à 50, 100, 200 et 400 mètres de celle-ci. Les captures indiquent que les insectes sortent nombreux de la forêt et répondent aux attractifs jusqu'à une distance d'au moins 400 mètres. Une remarquable stabilité des captures d'*X. dispar* a été observée. D'autres transects de pièges, disposés près de Recogne, perpendiculairement à la limite entre peuplements de hêtres et d'épicéas ont montré une dispersion des deux *Trypodendron* de plusieurs centaines de mètres dans les pessières. Par contre, *X. dispar* ne fréquente ces peuplements résineux qu'en lisière.

Toutes les informations recueillies sur la dispersion des espèces indiquent que celle-ci se passe sur des distances importantes. Ceci signifie qu'une gestion des populations de ces scolytes ne pourrait éventuellement s'avérer de quelque efficacité qu'à la condition d'être menée à une échelle suffisante.

PIÉGEAGE DES SCOLYTES : POSSIBILITÉS, UTILITÉ

Modèles de pièges : performances très variables

Différents essais ont été effectués dans le but de déterminer le modèle de piège idéal (et ses dimensions), pour le piégeage de masse. Le tableau 3 illustre les considérables variations de performances entre des modèles de pièges différents. L'expérience menée à Bertrix visait à déterminer un modèle de piège optimal. Onze modèles ont été testés, dans 8 blocs aléatoires complets (distance entre pièges : 10 mètres ; entre blocs : 10 mètres). Le modèle le plus performant est un piège à deux ailettes en polystyrène cristal de 24 x 50 cm. On observe une forte variation dans les captures des différentes espèces.

Influence du nombre d'ailettes

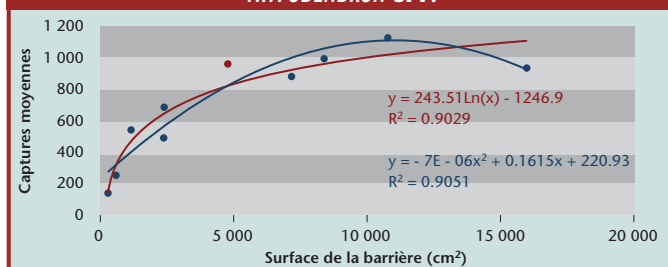
Deux pièges présentant une même surface d'interception (2 400 cm²), mais munis soit d'une ailette simple (24 x 50 cm), soit d'une ailette double (12 x 50 cm) ont été comparés, afin de

TABEAU 3 – CAPTURES TOTALES DES DIVERS MODÈLES DE PIÈGES TESTÉS À BERTRIX EN 2002

Piège	<i>X. dispar</i>	<i>T. domesticum</i>	<i>T. signatum</i>
Theysohn	6 444	1 587	1 456
12 x 25 (double)	6 536	1 543	696
12 x 25 (simple)	6 075	1 019	532
12 x 50 (double)	5 929	1 419	518
24 x 50 (double)	10 387	2 801	1 236
24 x 50 (simple)	10 482	2 723	1 144
24 x 75 (double)	8 320	2 991	1 423
36 x 50 (double)	8 374	2 204	1 295
40 x 100 (double)	7 210	3 415	1 749
Bouteille	2 247	350	179
IPM	793	1 566	968

Période : 15 mars-25 avril

FIGURE 10 – RAPPORTS CAPTURES/SURFACES POUR TRYPODENDRON SPP.



Piège Theysohn exclu – Bertrix, mars-avril 2002

FIGURE 11 – EFFICACITÉ DES DIFFÉRENTS ATTRACTIFS TESTÉS

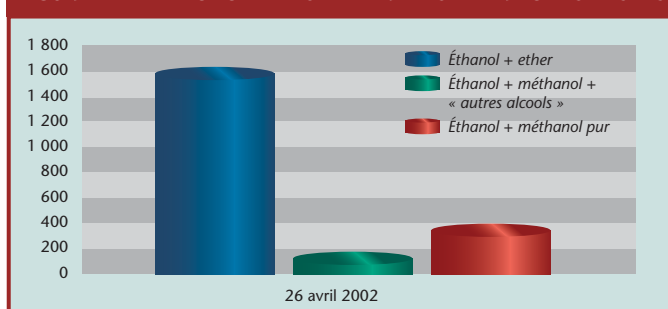
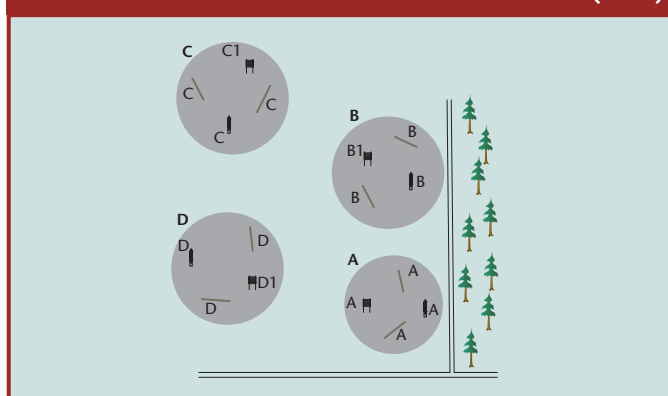


FIGURE 12 – DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL DE RECOGNE (2002)



déterminer si le nombre de surfaces d'interception influence les captures. Le nombre d'ailettes n'influence les captures ni pour les *Trypodendron* spp., ni pour *X. dispar*.

Influence de la surface d'interception

Au-delà d'une certaine surface d'interception, les performances des pièges n'augmentent plus. Ceci vaut tant pour les *Trypodendron* spp. (cfr *infra*) que pour *X. dispar*.

Ces résultats ont permis d'établir les plans d'un modèle de piège à *Trypodendron* actuellement en fabrication dans une entreprise de la Région wallonne.

Influence du dénaturant de l'éthanol

Dès les premiers vols, il est apparu que l'éthanol dénaturé (principalement au méthanol) utilisé par la DNF s'avérait nettement moins attractif (jusqu'à 10 fois moins) que l'éthanol dénaturé à l'éther utilisé dans certains essais. L'expérimentation a permis d'identifier clairement le méthanol comme responsable principal de ces mauvaises performances.

D'autres dénaturants ont été testés. Parmi ceux-ci, le M.E.C. (méthyl-éthyl-cetone) a donné d'excellents résultats. En 2003, c'est ce dernier produit qui sera utilisé comme dénaturant de l'éthanol destiné au piégeage.

Comparaison de pièges et de grumes-pièges

En 2002, un essai installé à Recogne a visé à comparer l'efficacité des pièges Theysohn, IPM, des grumes-pièges et des grumes appâtées (éthanol + linéatine). L'essai a été mené selon un dispositif en quatre blocs aléatoires, chaque bloc étant constitué de 2 grumes et de 2 pièges disposés en carré d'une cinquantaine de mètres de côté. Entre les quatre blocs, une distance de 100 à 200 mètres avait été respectée. Les grumes ont été traitées avec un pyréthrine, et équipées de gouttières latérales pour collecter les insectes attirés et intoxiqués.

Les premiers relevés de mars 2002 (*Trypodendron domesticum* seul) montrent l'ordre d'efficacité suivant : piège IPM > grume appâtée > Theysohn > grume.

Fin avril 2002, l'ordre des captures est le même pour *T. domesticum* et *X. dispar*. Pour *T. signatum*, les grumes se révèlent supérieures aux pièges.

Par ailleurs, il était possible que l'efficacité des grumes-pièges ait été sous-estimée du fait d'une intoxication trop lente pour retenir l'insecte mourant sur la grume ou dans les collecteurs. Un essai comparant des grumes-pièges classiques à des grumes-pièges dont les gouttières collectrices avaient été engluées, a montré que des nombres très importants d'insectes ayant atterri sur une grume échappaient au décompte.

Reste à savoir ce qu'il advient d'un scolyte après son atterrissage et son parcours sur une grume traitée à l'insecticide (en projet pour la saison 2003). S'il subit systématiquement une intoxication létale, la grume-piège est clairement le plus efficace des dispositifs de piégeage. Mais, si tel est le cas, ce dispositif est également le moins sélectif. En effet, dans cet essai ont également été retrouvés englués, bon nombre d'insectes non visés : élatérides, curculionides, coccinellides, nombreux diptères, etc.

Rayon d'action d'un piège IPM

Un essai a été installé à Libin le 22 février 2002, dans une hêtraie très infestée. Dans deux blocs, des rondins ont été disposés autour de pièges IPM pourvus de linéatine et d'éthanol. Les rondins utilisés dans cet essai provenaient tous des houppiers d'arbres abattus en octobre 2001 et étaient donc susceptibles. Dans chaque bloc, les rondins, issus du même arbre et ayant connu les mêmes conditions depuis l'abattage, étaient disposés de 5 en 5 mètres. Deux dispositifs témoins ont été installés de la même manière ; le piège IPM y était remplacé par un rondin supplémentaire. Des attaques ont eu lieu sur certains rondins, mais leur distribution n'était en rien liée à leur position par rapport au piège.

Même situé à proximité immédiate de pièges efficaces, le matériel susceptible n'est pas à l'abri des attaques. Il n'est donc pas envisageable de protéger, en forêt, des grumes (ni des arbres)

FIGURE 13A – PIÈGEAGES DE MARS 2002, RECOGNE

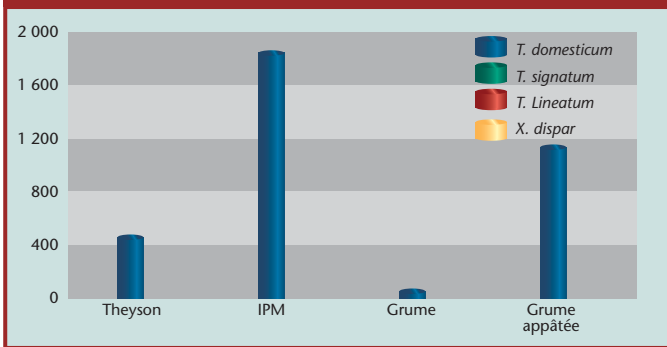


FIGURE 13B – PIÈGEAGES D'AVRIL 2002, RECOGNE

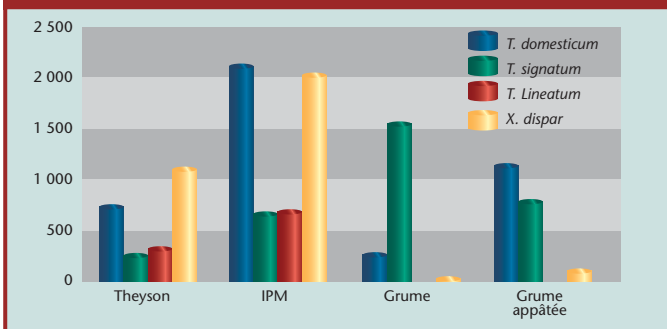
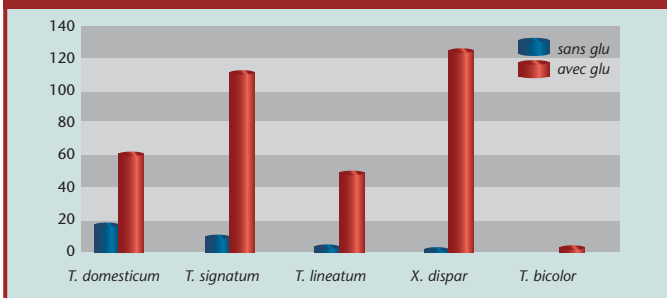


FIGURE 14 – CAPTURES SUR LES GRUMES-PIÈGES AVEC OU SANS ENGLUEMENT DES GOUTTIÈRES



susceptibles à l'aide de pièges à *Trypodendron* tels que ceux que l'on utilise actuellement pour le piégeage de masse.

Piégeage de masse

Au cours de la saison 2001, un peuplement de 7,5 hectares de hêtraie, situé à Willerzie, avait été examiné arbre par arbre pour estimer les nombres de galeries de scolytes. La population qui avait pénétré dans les arbres avait été évaluée à environ 7 000 individus/ha. Dans ce site, aucun prélèvement n'avait été effectué au cours de la saison 2001, ni en hiver. Un réseau de pièges IPM appâtés à la linéatine et à l'éthanol y a été installé en février 2002, selon une maille carrée de 50 mètres de côté. De plus, tout le périmètre a été entouré d'une ceinture de pièges également distants de 50 mètres entre eux, dans le but de limiter l'immigration des *Trypodendron* à partir des peuplements voisins.

Les captures effectuées sur l'ensemble de la saison dans les 20 pièges ont totalisé 87 000 individus, soit 17 400 insectes par hectare. Le nombre d'insectes capturés dans les 22 pièges de la ceinture entourant ce site a été de 96 000.

À la fin avril 2002, le nombre de piqûres sur les arbres a de nouveau été estimé dans l'ensemble du peuplement. Environ 5 500 insectes par hectare étaient installés dans le bois, soit un peu moins que l'année précédente.

En dépit du piégeage intensif, de nombreuses nouvelles piqûres se sont produites. Il est évidemment impossible de savoir si les

FIGURE 15 – RAYON D'ACTION D'UN PIÈGE IPM

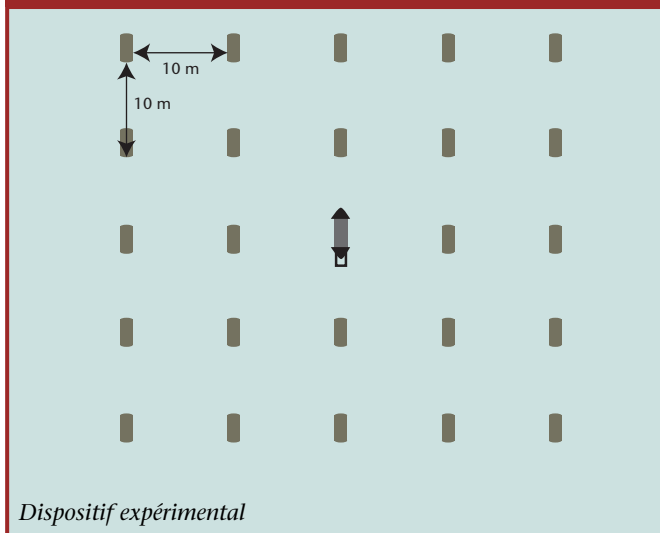
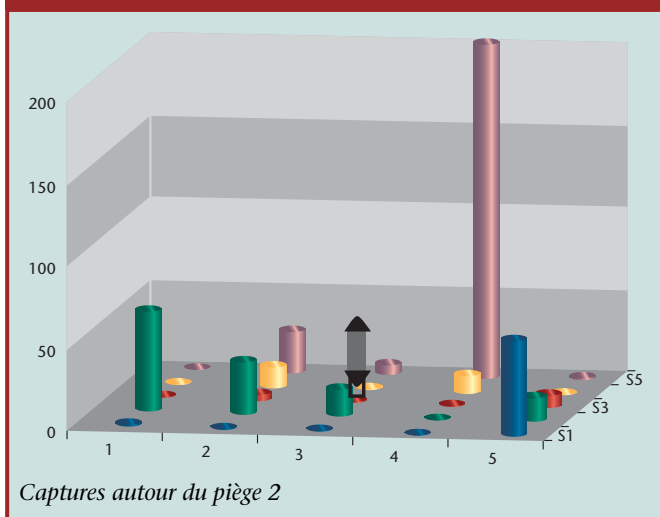


FIGURE 16 – RAYON D'ACTION D'UN PIÈGE IPM À LIBIN



17 000 insectes/ha capturés auraient eux aussi attaqué les arbres. En revanche, il est certain que la capture de 75 % de la population de *Trypodendron* dans des pièges ne suffit pas à réduire le niveau de population à un niveau inoffensif dès lors que le niveau de départ est élevé.

Impact sur l'entomofaune

À l'inverse des grumes-pièges, dont le défaut de sélectivité est fort probable (au vu des atterrissages d'insectes non visés enregistrés sur les grumes engluées), les pièges utilisant la linéatine et l'éthanol comme combinaison attractive s'avèrent très sélectifs. En dehors des scolytes visés et de quelques *Hylecoetus dermestoides*, les captures accidentelles d'insectes non visés sont rares et concernent surtout des élatérides et quelques dytiques. Toutefois, des sylphides peuvent être capturés en assez grands nombres dans des pièges restés longtemps non relevés et contenant des insectes en putréfaction (quelquefois plusieurs dizaines d'individus par piège). C'est pourquoi, il est recommandé de nettoyer les godets des pièges environ une fois par mois, et d'interrompre le piégeage (enlèvement des collecteurs) au début juin.

Des informations complémentaires devront être tirées sur ce point, de l'expérimentation 2003. ■

Partie 3

LE POINT SUR LE DÉVELOPPEMENT DES CHAMPIGNONS ASSOCIÉS À LA MALADIE DU HÊTRE EN WALLONIE



© F.-X. Carlier

La maladie qui affecte les hêtraies d'Ardenne et de Gaume depuis l'hiver 1998 fait intervenir conjointement des insectes xylophages dont des scolytes, des phénomènes climatiques et une grande diversité de champignons. Depuis janvier 2002, une équipe de recherche de l'Unité de Phytopathologie de l'Université catholique de Louvain étudie le rôle joué par les champignons pathogènes impliqués dans ce dépérissement et les dégradations technologiques qui résultent des colonisations fongiques d'arbres scolytés.

Dans le but d'identifier les acteurs mycologiques associés au dépérissement du hêtre en Wallonie, 429 prélèvements mycologiques ont été réalisés en laboratoire à partir de 56 troncs de hêtres sélectionnés sur base de leur représentativité des divers types de symptômes et fructifications superficielles de champignons (carpophores). Ils ont été effectués en hiver et au printemps 2002, dans le cadre de prospections ou de coupes sanitaires, dans douze stations forestières d'Ardenne et de Gaume ainsi que chez des marchands. Des isolements ont également été réalisés à partir d'une cinquantaine de scolytes lors de leur émergence ou capture dans les pièges. Le pouvoir de dégradation du bois de hêtre de certaines souches de champignon a été analysé en conditions contrôlées. Un assortiment de souches a par ailleurs été inoculé en mai 2002 à Nassogne sur 14 hêtres vivants dont la vigueur a été évaluée par fluorescence chlorophyllienne. Une première évaluation de leur pouvoir pathogène a été réalisée lors de l'abattage d'une partie des arbres en novembre 2002. Ci-dessous les premières conclusions que nous pouvons tirer de ces analyses.

tionnés sur base de leur représentativité des divers types de symptômes et fructifications superficielles de champignons (carpophores). Ils ont été effectués en hiver et au printemps 2002, dans le cadre de prospections ou de coupes sanitaires, dans douze stations forestières d'Ardenne et de Gaume ainsi que chez des marchands. Des isolements ont également été réalisés à partir d'une cinquantaine de scolytes lors de leur émergence ou capture dans les pièges. Le pouvoir de dégradation du bois de hêtre de certaines souches de champignon a été analysé en conditions contrôlées. Un assortiment de souches a par ailleurs été inoculé en mai 2002 à Nassogne sur 14 hêtres vivants dont la vigueur a été évaluée par fluorescence chlorophyllienne. Une première évaluation de leur pouvoir pathogène a été réalisée lors de l'abattage d'une partie des arbres en novembre 2002. Ci-dessous les premières conclusions que nous pouvons tirer de ces analyses.

CHAMPIGNONS VISIBLES SUR LES ARBRES ATTEINTS

Les champignons dont on observe les fructifications sur les hêtres malades sont principalement des basidiomycètes lignivores responsables d'importantes dégradations internes du bois.

Sept espèces de polypores sont recensées (figure 1). Leur carpophore est coriace et pérenne. *Bjerkandera adusta*, *Fomes fomentarius* (l'amadouvier), *Ganoderma applanatum*, *Stereum hirsutum*, *Chondrostereum purpureum* et *Trametes versicolor* décomposent préférentiellement la lignine et causent une pourriture blanche du bois. *Fomitopsis pinicola*, par contre, dégrade de manière préférentielle la cellulose et conduit ainsi à une pourriture cubique, friable du bois.

Trois espèces de champignons à lames tels que *Panellus serotinus*, *Pleurotus ostreatus* (la pleurote) et *Schizophyllum commune* sont également observés dans une moindre mesure sur les arbres affaiblis ou les grumes au sol (figure 1). Ils occasionnent également une pourriture blanche du bois.

L'action de ces champignons lignivores réduit considérablement la valeur commerciale du bois. Des tests de dégradation réalisés en laboratoire en conditions contrôlées sur bois mort indiquent une puissante capacité lignocellulolytique principalement pour *Fomitopsis pinicola*, *Trametes versicolor*, *Fomes fomentarius*, *Ganoderma applanatum*, *Bjerkandera adusta*, *Panellus serotinus* et *Stereum hirsutum* : en l'espace de 14 semaines ces agents de décomposition sont capables d'occasionner des pertes pouvant atteindre 10 à 40 % en poids sec¹⁰ (figure 2). Il paraît donc important de délivrer les grumes infectées le plus rapidement possible de manière à éviter des pertes ultérieures de la valeur commerciale du bois.

FIGURE 1 – LES PRINCIPALES ESPÈCES DE CHAMPIGNONS LIGNIVORES OBSERVÉES SUR HÊTRE EN WALLONIE

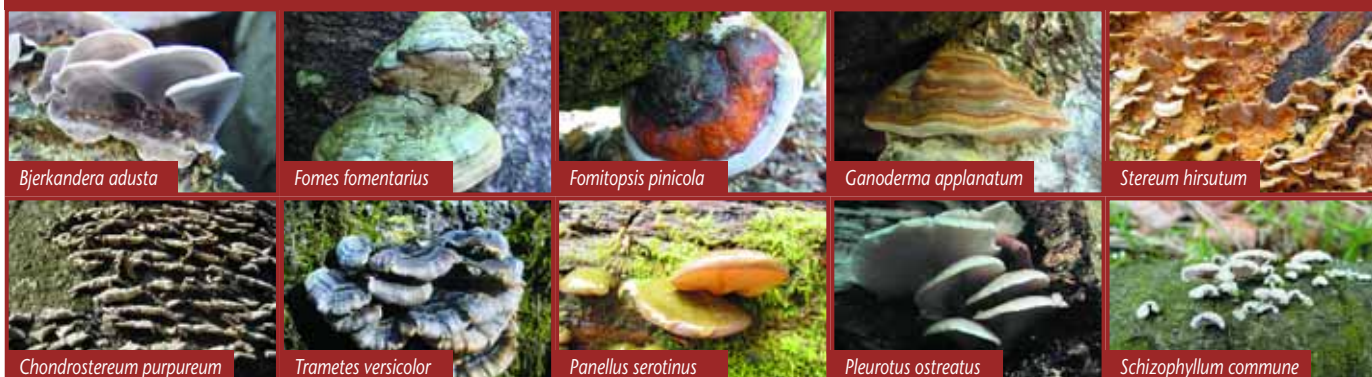
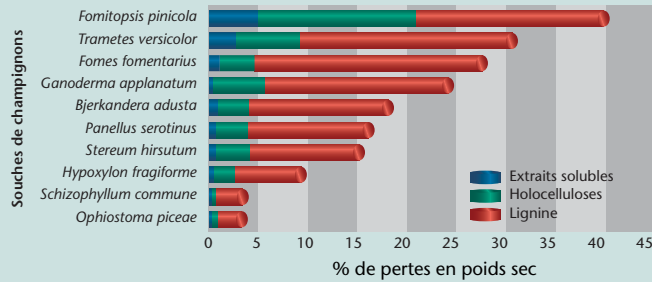


FIGURE 2 – POUVOIR DE DÉGRADATION DE CHAMPIGNONS LIGNIVORES ISOLÉS À PARTIR DE HÊTRES EN WALLONIE



Tests adaptés de la norme standardisée EN 113, en flacons de Kolle, à l'obscurité, à 22 ± 2 °C, pendant 14 semaines.

FIGURE 3 – BRIS DE TRONCS DE HÊTRES COLONISÉS PAR DES CHAMPIGNONS LIGNIVORES EN STATION



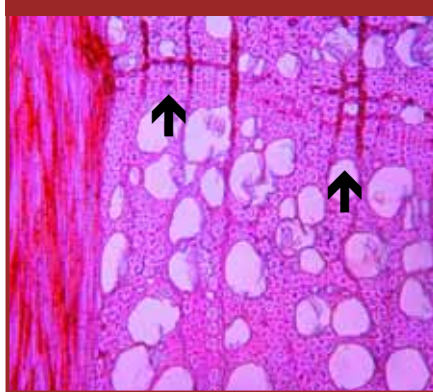
FIGURE 4 – SECTION TRANSVERSALE DANS UNE GRUME DE HÊTRE RÉVÉLANT LE DÉMARRAGE D'UNE ZONE DE DÉGRADATION INTENSE À PARTIR D'UNE GALERIE DE SCOLYTE



FIGURE 5 – SECTION TANGENTIELLE DANS UN TRONC DE HÊTRE INOCULÉ AVEC *F. PINICOLA* MONTRANT L'ÉTENDUE DES DÉGRADATIONS APRÈS 6 MOIS D'INCUBATION



FIGURE 6 – SECTION TRANSVERSALE DANS DU BOIS DE HÊTRE INOCULÉ AVEC *F. PINICOLA* MONTRANT LES CELLULES INFECTÉES BRUNIES SUITE À L'ACCUMULATION DE POLYPHÉNOLS



Si le volume de bois pourri est important, la résistance mécanique du tronc est réduite si bien qu'il peut basculer en cas de grands vents ou de tempêtes (figure 3). De ce fait, il convient d'attirer l'attention sur les risques de cassure des arbres qui présentent des carpophores.

En hêtraie, les polypores sont des pathogènes secondaires des troncs qui pénètrent dans le bois d'arbres affaiblis ou sains par des blessures importantes de l'écorce, telles les dégâts de tempête ou d'exploitation, et causent la pourriture progressive du bois. Les différentes espèces se succèdent ou cohabitent dans la même niche écologique. Les carpophores

peuvent souvent persister plusieurs années sur un arbre debout ou sur un tronc abattu, jusqu'à ce que le substrat soit complètement détruit. Les spores sont produites par les carpophores en très grande quantité (jusqu'à cent millions par heure !), principalement au printemps, en été et en automne selon l'espèce, et sont ensuite disséminées par le vent.

Dans un biotope en équilibre, les agents de dégradations fongiques sont considérés comme des composants naturels de l'écosystème avec un rôle important de décomposition des résidus de bois non

utilisés. Écologiquement, ce processus est important puisqu'il fait partie du cycle naturel de la matière organique et qu'il fournit des abris pour nombre d'animaux et de micro-organismes¹¹.

Dans le cas de l'épidémie actuelle sur hêtre, les isolations effectuées sur des bois scolytés à différents stades symptomatiques ont révélé que dans les premiers stades de leur développement, les champignons lignivores pionniers ou secondaires sont associés aux ouvertures dans le bois causées par les galeries de scolytes (figure 4). De là, ils colonisent et dégradent ensuite rapidement le bois. On peut penser que la diminution de la quantité de spores dans l'air par l'exploitation préférentielle des arbres porteurs de carpophores permettra de réduire la probabilité d'infection des galeries d'insectes et ainsi les risques de dégradation importante du bois.

L'inoculation de 14 arbres vivants non scolytés par ces champignons lignivores n'a conduit après 6 mois qu'à une colonisation limitée du bois (figure 5) qui contraste avec l'importance des dégradations constatées sur les arbres scolytés et les tests de dégradation en conditions contrôlées. Les faibles étendues des symptômes mesurés indiquent une capacité de résistance des arbres contre l'infection fongique. Dans les tissus colonisés, les fibres du bois ont notamment réagi à l'invasion des filaments du champignon en produisant abondamment des substances de défense dans leur cytoplasme dont des polyphénols végétaux¹² (figure 6). En outre, il a été montré que la vigueur des arbres a un effet hautement significatif ($P < 0,001$) sur le volume de bois vivant colonisé par les champignons inoculés. Cela revient à dire qu'au plus les arbres sont en bonne santé, au plus leurs barrières de défense sont efficaces et plus le volume de bois dégradé est faible.

Les simples blessures mécaniques n'apparaissent ainsi pas suffisantes pour expliquer l'invasion rapide des arbres par des champignons lignivores. L'explication doit être cherchée du côté d'un affaiblissement physiologique des tissus lésés et/ou infectés par les champignons spécifiques associés aux scolytes. Ceux-ci contribueraient en quelque sorte à préparer le terrain aux champignons lignivores en diminuant les défenses des tissus scolytés. Ces données confirmeraient ainsi le caractère secondaire des champignons lignivores.

FIGURE 7 – GALERIE DE *T. DOMESTICUM* COLONISÉE PAR LES JEUNES FILAMENTS MYCÉLIENS D'*OPHIOSTOMA* SP.



FIGURE 8 – FRUCTIFICATIONS D'*OPHIOSTOMA* SP. DANS UNE GALERIE DE *T. DOMESTICUM*



FIGURE 9 – VUE AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE D'UNE ZONE D'ÉLYTRE D'UN *T. DOMESTICUM* MONTRANT DES ASCOSPORES D'*OPHIOSTOMA* SP. À LA BASE DES POILS TÉGUMENTAIRES

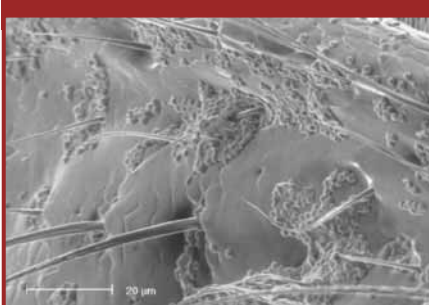


FIGURE 10 – VUE VENTRALE DU PROTHORAX D'UN *T. DOMESTICUM* FEMELLE MONTRANT LES MYCANGIA

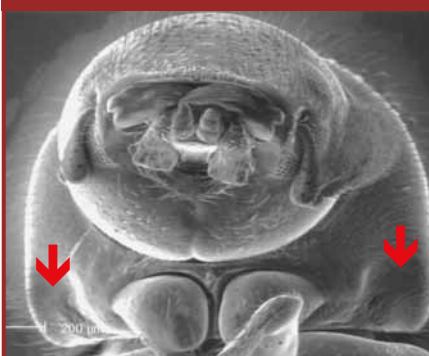


FIGURE 11 – BRUNISSEMENT DU BOIS PROVOQUÉ PAR *OPHIOSTOMA* SP. ASSOCIÉ AUX GALERIES DE SCOLYTES



CHAMPIGNONS ASSOCIÉS AUX INSECTES XYLOPHAGES

Des isollements systématiques réalisés à partir des troncs de hêtres malades abattus et des *Trypodendron domesticum* issus de pièges, il ressort que les champignons isolés à partir des galeries de scolytes et des zones avoisinantes de brunissement du bois sont dans l'ensemble similaires à ceux retrouvés sur les insectes capturés en vol. Les examens microscopiques et les analyses moléculaires d'une région donnée de l'ADN du champignon indiquent qu'il s'agit d'une ou plusieurs espèces du genre *Ophiostoma*, un ascomycète taxonomiquement très proche du champignon responsable de la graphiose de l'Orme¹³.

Ces *Ophiostoma* spp. sont des champignons symbiotiques (*Ambrosia*) qui utilisent les scolytes du genre *Trypodendron* comme vecteur spécifique de dissémination : d'une part, les ascospores de ces champignons sont véhiculés par les scolytes d'un hôte à l'autre et inoculés dans le bois sain lors du forage des galeries de ponte ; d'autre part, les larves de scolytes bénéficient d'une nourriture riche constituée par les filaments mycéliens des *Ophiostoma* spp. qui tapissent les galeries¹⁴ (figure 7). Ces *Ophiostoma* spp. sont particulièrement bien adaptés à la dispersion par les scolytes puisque leurs structures reproductrices dressées le long des parois des galeries (figure 8) sécrètent à leur sommet une masse d'ascospores collantes qui adhère au tégument des scolytes.

L'examen en surface de *Trypodendron domesticum* au microscope électronique a révélé la présence de spores de champignon sur le tégument des insectes (figure 9). Ces spores ont été identifiés uniformément à des *Ophiostoma* spp. grâce à des isollements mycologiques de scolytes déséqués en tête, thorax, abdomen et élytres. En particulier, les scolytes femelles possèdent deux organes spéciaux en forme de petites poches, appelées mycangia, situées sur le prothorax, de part et d'autre de l'insertion de la première paire de pattes (figure 10). Ces structures sont absentes chez le mâle. On pense qu'elles contiendraient une réserve d'ascospores d'*Ophiostoma* spp. et que des glandes y produiraient une huile capable de maintenir la viabilité des ascospores¹⁵.

Actuellement, nous ne disposons que de données fragmentaires concernant le pouvoir

pathogène sur hêtre de l'un ou l'autre des *Ophiostoma* spp. isolés des hêtres en Ardenne et associés intimement aux scolytes. Les inoculations réalisées sur arbres vivants avec des souches d'*Ophiostoma* spp. originaires de huit localités n'ont pas montré de différences significatives ($P > 0,05$) sur le volume de bois colonisé. Ces champignons sont responsables d'une dégradation essentiellement esthétique du bois aux alentours des galeries de scolytes (figure 11). La décoloration brunâtre, grisâtre, voire noirâtre du bois est due à la présence de pigments foncés à l'intérieur des filaments mycéliens. Malgré le fait que la dégradation n'entraîne pas ou peu de réduction de la résistance du bois, la dévalorisation visuelle occasionne des pertes économiques considérables en production forestière¹⁶.

Le champignon symbiotique associé au lymexylon dermeste (*Hylecoetus dermestoides*) est systématiquement *Ascoidea hylecoeti*, un ascomycète faiblement compétitif sans réel pouvoir pathogène intrinsèque.

CHAMPIGNONS SAPROPHYTES

Les champignons saprophytes isolés à partir de grumes de hêtres malades sont essentiellement des ascomycètes qui se nourrissent du bois en décomposition. Leurs fructifications (figure 12) sont observées pratiquement toute l'année mais plus fréquemment en automne en surface de troncs ou de branches. Leur rôle éventuel dans le développement de la maladie du hêtre devrait être approfondi prochainement.

ORGANISMES ASSOCIÉS AUX MOUSSES NOIRES

La recherche d'attaques fongiques pouvant être attractives pour les scolytes nous a conduit à examiner les symptômes de mousses noires observés à la surface des écorces qui se retrouvent souvent, mais ce n'est pas la règle, sur des arbres scolytés (figure 13). Ces mousses

FIGURE 12 – FRUCTIFICATIONS DE CHAMPIGNONS SAPROPHYTES OBSERVÉS SUR HÊTRE EN WALLONIE



FIGURE 13 – MOUSSE NOIRE RECOUVRANT LE POURTOUR D'UN TRONC DE HÊTRE « SCOLYTÉ »



FIGURE 14 – COLONIE D'ALGUES FORMANT UN GEL VERDÂTRE QUI, EN SÉCHANT, DONNE UN ASPECT DE CROÛTE NOIRÂTRE AUX MOUSSES SUR ÉCORCES



forment une croûte cassante à l'état sec tandis qu'elles prennent un aspect gélatineux noirâtre par temps humide (figure 14). On pense que le noircissement des mousses pourrait trouver son origine dans le dépérissement rapide de la mousse, suite par exemple à un suintement toxique de l'écorce ou à des conditions climatiques défavorables. Par la suite, ce substrat en décomposition et des conditions d'humidité prolongées constitueraient un milieu de développement propice à une communauté d'algues unicellulaires de type diatomées ou cyanobactéries et à des champignons gélatineux (*Myxomycètes*).

Dans certains échantillons de mousses noires, des spores brun foncé d'un champignon fréquent sur hêtre, *Hypoxylon fragiforme*, recouvrent les phylloïdes des mousses, expliquant en partie le noircissement de celles-ci. Dans les inoculations artificielles, il a été noté que ce champignon peut également induire une décoloration noirâtre de l'écorce, même en l'absence de mousses.

Le rôle joué par *Hypoxylon fragiforme* dans l'apparition de taches noires corticales, dans la colonisation rapide du bois inoculé artificiellement et dans le phénomène des mousses noires nous incite à étudier plus en profondeur l'installation et la pénétration du champignon dans le bois, son rôle éventuel dans l'affaiblissement des défenses de l'arbre et, par voie de conséquence, son rôle attractif hypothétique vis-à-vis des populations de scolytes. ■

Partie 4

CONCLUSIONS PRATIQUES POUR LA SAISON 2003

ÉVOLUTION DE LA MALADIE EN 2002 – RÉCOLTE DES BOIS ATTEINTS ET MAINTIEN DE BOIS MORT EN FORÊT

En 2002, la maladie ne s'est pas ou très peu « propagée » à des arbres jusque là non-atteints. Seule une bonne moitié des arbres scolytés de 2001 ont à nouveau été atteints en 2002. Des incertitudes demeurent quant à l'évolution sanitaire future des arbres scolytés. Même dans la perspective favorable d'un rétablissement, ceux-ci resteront porteurs de traces internes d'attaques anciennes.

Les hêtres ayant été scolytés en 2001 et ne présentant plus de symptômes en 2002 sont nombreux : ils représenteraient 8 % du volume sur pied en Wallonie.

L'identification des peuplements touchés et, mieux, le marquage des arbres touchés au sein des peuplements pourra aider à mieux apprécier la valeur du capital sur pied.

Outre les aspects de conjoncture et d'opportunités économiques, il est évident que les possibilités de valorisation industrielle, et donc de vente, des arbres atteints diminuent très rapidement avec la dégradation de leur état. Cependant, l'organisation de la récolte des arbres atteints devrait également tenir compte, d'une part des aspects sanitaires et biologiques, et d'autre part des conséquences éventuellement fâcheuses d'interventions trop brutales.

Du point de vue commercial et industriel, une récolte rapide des arbres atteints devrait favoriser leurs possibilités de valorisation.

Le bois atteint laissé en forêt constitue des sites de multiplication pour les scolytes et un substrat de croissance pour des champignons potentiellement nuisibles. Logiquement, on pourrait donc être tenté d'évacuer tout bois atteint, tout bois mort. Pareille option ne se justifie pas. En effet, les attaques de scolytes observées depuis 1999 ont davantage résulté d'une attractivité anormale des hêtres que du niveau

élevé des populations de scolytes ou de l'abondance de champignons xylophages. La gestion de ces organismes ne présente un intérêt que dans l'éventualité d'un nouvel épisode de susceptibilité de la hêtraie à leurs attaques. Par ailleurs, le bois mort n'héberge les *trypodendron* guère plus de deux saisons. Au-delà, il reste un bon substrat de développement pour les champignons lignivores, mais constitue surtout une ressource indispensable à la survie de nombreux organismes – dont certains menacés d'extinction par manque de substrat – utiles au bon fonctionnement de l'écosystème forestier.

Afin de ramener rapidement les populations de *trypodendron* à des niveaux endémiques, il convient de veiller à exploiter sans traîner les hêtres atteints et à éviter des amoncellements excessifs de bois mort (grumes, houppiers). Le maintien d'une quantité normale de bois mort et d'« arbres à pics » ne constitue pas une menace particulière.

Eu égard aux risques importants de bris des troncs colonisés par des champignons lignivores, il s'indique de récolter rapidement les arbres porteurs de carpophores à proximité des voiries.

Sur le plan sylvicole, selon les circonstances propres à chaque peuplement, et autant que possible, des récoltes sanitaires progressives peuvent éviter d'infliger le stress que constitue une mise à découvert brutale, tant aux arbres restants (ensoleillement brutal de la cime, brûlures d'écorce, dégâts de gel, déstabilisation par le vent...), qu'aux régénérations encore fragiles et au parterre de la coupe (minéralisation rapide de l'humus, dessèchement des couches superficielles du sol, envahissement par une flore concurrente de la régénération...). Un étalement des récoltes peut également permettre de tenter la régénération naturelle du peuplement dans de meilleures conditions. Au contraire, la création de grandes trouées imposerait le plus souvent le recours à la plantation, avec un choix limité à des essences héliophiles et robustes.

Quel que soit l'intérêt immédiat au niveau sanitaire ou économique d'éva-

cuer au plus tôt les arbres atteints, il reste prioritaire de veiller à préserver les arbres restants et les sols de dommages qui compromettraient, à moyen terme, l'avenir des peuplements, de la régénération et des stations elles-mêmes.

SCOLYTES ET PIÉGEAGE

L'opération de piégeage de masse entreprise en 2002 était une tentative inédite. Quelles que soient les observations (ou les impressions) quant à son efficacité globale en 2002, ce « traitement expérimental » mérite d'être poursuivi.

En effet, un faisceau d'observations indique que l'état des hêtres s'améliore progressivement et que leur susceptibilité aux attaques de scolytes évolue favorablement. Si aucun nouvel événement climatique ne vient compromettre cette évolution, l'impact d'un piégeage de masse sur les populations de scolytes pourrait s'avérer nettement plus grand en 2003 qu'il ne l'a été auparavant.

L'utilisation d'éthanol plus performant va évidemment contribuer à cette meilleure efficacité. En dépit de son efficacité clairement démontrée, la grume-piège n'est plus conseillée comme dispositif de piégeage : de fortes présomptions de manque de sélectivité envers l'entomofaune non-visée poussent à abandonner cette technique.

Par ailleurs, il ressort de l'expérimentation que *Xyloterus domesticus*, qui constitue l'espèce principale incriminée, est très bien capturée dans les pièges.

La précocité des vols de *Xyloterus* (de mi-février à fin mai), vérifiée deux années consécutives, permet de limiter la période du piégeage : un seul appâtage (éthanol + linéatine) doit être effectué avant le début des vols (pour mi-février). La mise en œuvre précoce des pièges est un élément important : tout insecte installé dans le bois concurrence, par ses émissions de phéromones, le réseau de pièges.

Le piégeage ne peut avoir un impact déterminant que sur des populations faibles ou moyennes. Dès lors, le piégeage se justifie prioritairement dans les zones faiblement ou moyennement touchées.

Pour obtenir une efficacité maximale, il convient de nettoyer les panneaux verticaux des pièges, afin de les rendre lisses, ce qui empêche les insectes de s'agripper et de repartir, et de veiller à additionner l'eau du collecteur de mouillant (ou de détergent), afin d'éviter les « radeaux » d'insectes permettant à une grande partie d'entre eux de ressortir.

Afin d'éviter les hécatombes de sylphides, des insectes nécrophages attirés par les scolytes en putréfaction dans les collecteurs, il convient de relever les pièges une fois par mois et surtout, d'interrompre le piégeage par l'enlèvement des godets collecteurs pour le 1^{er} juin. En effet, c'est principalement à partir de cette date que les sylphides sont actifs. ■

Remerciements

Les chercheurs remercient les membres du personnel de la DNF pour l'aide qu'ils leur ont apportée dans leurs travaux et pour les échanges, souvent passionnés, qu'ils ont eu avec eux. Ils invitent chacun à leur communiquer les observations faites sur le terrain au cours de la saison à venir et qu'ils jugeront intéressantes.

Pour en savoir plus

GAUBICHER B., DE PROFT M., GRÉGOIRE J.-C. [2002]. Mortalité des hêtres : technique de piégeage des scolytes. *Silva Belgica*, 109 (2), pp. 8-12.

HENIN J.-M., HUART O., RONDEUX J. [2003]. Biogeographical observations on four Scolytids (Col., Scolytidae) and one Lymexylonid (Col., Lymexyloniidae) in Wallonia (Southern Belgium). *Belgian J. Zool.*, soumis.

HUART O., RONDEUX J. [2001]. Genèse, évolution et multiples facettes d'une maladie inhabituelle affectant le hêtre en région wallonne. *Forêt Wallonne*, 52, pp. 8-19.

RONDEUX J., BOURLAND N., HUART O., LECOMTE H. [2002]. Importance et dispersion de la maladie du hêtre en région wallonne : les premiers résultats d'un inventaire spécifique. *Silva Belgica*, 109 (3), pp. 22-30.

Références citées

¹ RONDEUX J., BOURLAND N., HUART O., LECOMTE H. [2002]. Importance et dispersion de la maladie du hêtre en région wallonne : les premiers résultats d'un inventaire spécifique. *Silva Belgica*, 109 (3), pp. 22-30.

²⁻³ HUART O., RONDEUX J. [2001]. Genèse, évolution et multiples facettes d'une maladie inhabituelle affectant le hêtre en région wallonne. *Forêt Wallonne*, 52, pp. 8-19.

⁴ PONCELET J. [1965]. Éclaircies. *Bull. Soc. Roy. For. de Belgique*, (7), pp. 293-300.

⁵ PRIEELS H. [1961]. Les vices cachés dans les bois sur pied. *Bull. Soc. Roy. For. de Belgique*, (7), pp. 323-336.

⁶ NAGELISEN L.-M. [1994]. *Le dépérissement du hêtre dans les régions des collines sous-Vosgiennes et la Vôge. Le point après 3 années d'observation*. Rapport, Département de la Santé des Forêts Nord-Est, Nancy, France, 10 p.

⁷ Source : <http://www.meteo.be>

⁸ JONSSON A.M. [2000]. Mineral nutrients of beech (*Fagus sylvatica*) bark in relation to frost sensitivity and soil treatments in southern Sweden. *Ann. Sci. For.*, 57, pp. 1-8.

⁹ BOUDRU M. [1989] *Forêt et sylviculture : Traitement des forêts*. Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 356 p.

¹⁰ CARLIER F.-X., MARAITE H. [2002]. Maladie du hêtre en Wallonie, études mycologiques et phytopathologiques des champignons associés avec les attaques de scolytes et la dégradation du bois. *Rapport final de convention*. Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, 68 pp. + annexes.

¹¹ BUTIN H. [1995]. *Tree diseases and disorders*, USA : Oxford University Press.

¹² SCHWARZE F.W.M.R., ENGELS J., MATTHECK C. [2000]. *Fungal strategies of wood decay in trees*. Berlin, Germany : Springer.

¹³ HARRINGTON C.T., MCNEW D., STEIMEL J., HOFSTRA D., FARRELL R. [2001]. Phylogeny and taxonomy of the *Ophiostoma piceae* complex and the Dutch elm disease fungi. *Mycologia* 93 (1) : 111-136.

¹⁴ JACOBS K., WINGFIELD M.J. [2001]. *Leptographium species. Tree pathogens, insect associates, and agents of blue-stain*. St Paul, Minnesota, USA : APS Press.

¹⁵ MORALES-RAMOS J.A., ROJAS M.G., SITTERTZ-BHATKAR H., SALDAÑA G. [2000]. *Symbiotic Relationship between Hypothenemus hampei (Coleoptera : Scolytidae) and Fusarium solani (Moniliales : Tuberculariaceae)*. Ann. Entomol. Soc. AM. 93 (3) : 541-547.

¹⁶ WINGFIELD M.J., SEIFERT K.A., WEBBER J.F. [1993]. *Ceratocystis and Ophiostoma : taxonomy, ecology and pathogenicity*. St Paul, Minnesota, USA : APS Press.

OLIVIER HUART

JACQUES RONDEUX

Unité de Gestion et Économie forestières
Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux
Passage des Déportés, 2
B-5030 Belgique
huart.o@fsagx.ac.be
rondeux.j@fsagx.ac.be

MICHEL DE PROFT

BETTY GAUBICHER

Département de Phytopharmacie
Centre de Recherches Agronomiques de Gembloux
Rue de Liroux, 9
B-5030 Gembloux
deproft@cra.wallonie.be

JEAN-CLAUDE GRÉGOIRE

Laboratoire de Biologie animale et cellulaire
Université Libre de Bruxelles
Campus du Solbosch
ULB CP160/12
avenue F.D. Roosevelt 50
B-1050 Bruxelles
jcgregoi@ulb.ac.be

FRÉDÉRIC PIEL

Biologie des Communautés animales
Université Libre de Bruxelles
ULB CP160/12
avenue F.D. Roosevelt 50
B-1050 Bruxelles

HENRI MARAITE, Professeur

FRANÇOIS-XAVIER CARLIER, Assistant de recherche
THIBAUT DEFRANCE
DENIS D'HAERYER

Unité de Phytopathologie
Faculté d'Ingénierie biologique, agronomique
et environnementale
Université catholique de Louvain
Place Croix du Sud 2 bte 3
B-1348 Louvain-la-Neuve
carlier@fymy.ucl.ac.be
www.fymy.ucl.ac.be/actualite