

FORÊT • NATURE

OUTILS POUR UNE GESTION
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS

Tiré à part de la revue **Forêt.Nature**

La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes
et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction

foretnature.be

Rédaction : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marche. info@foretnature.be. T +32 (0)84 22 35 70

Abonnement à la revue Forêt.Nature :
librairie.foretnature.be

Abonnez-vous gratuitement à Forêt.Mail et Forest.News :
foretnature.be

Retrouvez les anciens articles de la revue
et d'autres ressources : **foretnature.be**

ÉPIDÉMIES DE SCOLYTES SUR LE HÊTRE : LE RÔLE DU CLIMAT ÉTUDIÉ PAR VOIE EXPÉRIMENTALE

SYLVIE LA SPINA – JEAN-CLAUDE GRÉGOIRE
CHARLES DE CANNIÈRE

Ce qu'on a appelé la « maladie du hêtre », au début des années 2000, a été le point de départ d'une vaste étude visant à évaluer expérimentalement l'impact des froids extrêmes et de la sécheresse sur l'état sanitaire du hêtre. Les résultats permettent de mieux comprendre les mécanismes qui font des insectes ravageurs secondaires des ravageurs de premier plan lorsque les extrêmes climatiques affaiblissent l'arbre.

Au début des années 2000, les hêtraies ardennaises ont connu un déclin important, associé à des épidémies de scolytes secondaires sur des arbres vivants. Ce phénomène, couramment appelé « maladie du hêtre » (nous préfererons toutefois la dénomination « déclin soudain » du hêtre), semble récurrent. En effet, des pullulations comparables se sont produites plusieurs fois au cours du XX^e siècle, en 1930 et 1943 dans nos régions^{9, 10, 12} ainsi qu'à la fin des années '80 en France⁸.

Ces déclins se caractérisent par les symptômes suivants : apparition d'une nécrose en bande sur le tronc des arbres, à orientation déterminée (au secteur nord-est dans les années 2000), et colonisation par des champignons et insectes secondaires, tels que les lymexylons et les scolytes du genre *Trypodendron*. Ces coléoptères sont secondaires, c'est-à-dire théoriquement incapables, de par leur écologie particulière, d'attaquer avec succès des arbres sains.

Le dernier épisode de déclin soudain du hêtre, datant du début des années 2000, est également le plus documenté, ayant fait l'objet de nombreuses recherches⁴. Il peut être décomposé en trois phases distinctes. La première phase, en 1999 et 2000, concerne les attaques de scolytes concentrées au niveau d'une nécrose en bande orientée au nord-est. Ensuite, entre 2001 et 2003, des attaques massives de ces insectes se sont produites au niveau de micronécroses (quelques millimètres de

diamètre) situées plus bas sur les troncs, en toutes orientations. Ces micronécroses étaient présentes dans l'écorce mais n'atteignaient en général pas le cambium. Enfin, plus récemment, des attaques de *Trypodendron* ont été observées sur des arbres apparemment sains, en dehors de toute nécrose. Néanmoins, ces arbres pourraient être d'anciens scolytés ayant cicatrisé les galeries, comme ce fut le cas pour deux arbres atteints en 2010 et abattus à Libin (encart 1).

ENCART 1 – DES OBSERVATIONS RÉCENTES D'ATTAQUES DE SCOLYTES SUR DES HÊTRES EN WALLONIE

Fin avril 2010, des attaques de scolytes sont rapportées dans plusieurs cantonnements wallons : Beauraing, Habay-la-Neuve, Florenville, Saint-Hubert, Libin et Bouillon (P. Blérot, communication personnelle). Il semble que globalement, les attaques se trouvent localisées dans des zones ayant subi les attaques de 2001-2003, mais qu'elles ne constituent pas une recrudescence particulière par rapport aux années précédentes (O. Huart, communication personnelle). Les galeries de scolytes se concentrent entre 0,5 et 8 mètres de hauteur, en dehors de toute nécrose

apparente (figure 1). Elles comportent, au moment des observations, des chambres larvaires et des œufs, ce qui suggère le succès potentiel de la reproduction des insectes. D'anciennes attaques sont rendues visibles grâce à une petite dépression observable lors de l'écorçage des grumes. Celle-ci indique la présence de galeries de 2001 à 2003 recouvertes de plusieurs cernes de croissance et apparemment compartimentées par les arbres avec succès, comme en témoigne la présence d'une zone à coloration brunâtre et à limites nettes tout autour des galeries.

Figure 1 – Symptômes observés lors de l'abattage d'un hêtre attaqué en 2010 à Libin. À gauche : coupe transversale, zones brunes en périphérie du bois représentant les galeries de scolytes compartimentées par l'arbre. À droite : coupe radiale dans une ancienne galerie cicatrisée (couverte par plusieurs cernes de bois sain), liée à une petite dépression visible à l'écorçage.



Qu'elles commencent au sein de nécroses (phases 1 et 2) ou non (phase 3), les galeries s'étendent dans le bois apparemment sain sous-jacent, ce qui soulève des questions étant donné le caractère strictement secondaire des insectes. Le bois sain possède en effet des mécanismes de défense à l'égard des insectes xylophages. Suite à une blessure provoquée naturellement ou liée à une galerie d'insecte, l'arbre met en place des barrières physiques et chimiques permettant de compartimenter la blessure, donc de réduire au maximum le volume de bois endommagé et colonisable par les pathogènes et ravageurs¹¹. Les scolytes et leurs champignons symbiotiques sont sensibles à ces barrières de défense.

HYPOTHÈSE PRINCIPALE : LE GEL

Pour chaque épisode de déclin soudain du hêtre en Belgique et en France, les forestiers et chercheurs suspectent des vagues de froid comme facteurs causaux des dommages. Plusieurs éléments vont en faveur de cette hypothèse.

Observations sur les hêtres dans les années 2000

La lésion cambiale identifiée dès 1999 sur les arbres a été datée univoquement, en Belgique et en France, grâce à l'analyse de deux cents troncs provenant de cinquante-neuf arbres touchés, à la saison de repos de la végétation de 1998-99⁴. De plus, l'intensité des dommages est corrélée à l'altitude et à la topographie : les dégâts sont plus importants au-dessus de 350 mètres, et sur des plateaux ou des versants exposés au nord. Ce sont ces conditions qui rencontrent usuellement le climat le plus rude⁷. Enfin, des dommages similaires ont été observés sur Éra-

ble sycomore, ce qui souligne le caractère multispécifique du déclin.

Analyse des températures du XX^e siècle

Une analyse des données de températures minimales des cent dix dernières années (données de l'IRM, station d'Uccle, jeu de données : 1900-2010) met en évidence, peu de temps avant le début des épisodes de déclin de 1930, 1943 et 1999, des vagues de froid particulièrement importantes (tableau 1). La vague de froid du mois de novembre 1998 a été particulièrement analysée (données de l'IRM, station de Saint-Hubert, jeu de données : 1954-2009). Selon les paramètres analysés, l'épisode de gel de la fin novembre a été particulièrement long, intense et précoce. La combinaison de ces caractéristiques en fait un événement météorologique particulièrement exceptionnel, susceptible d'expliquer la sensibilité des hêtres aux attaques d'insectes à partir de la saison suivante. C'est dans cette optique que nous avons entrepris des bioessais visant à simuler des dégâts de gel susceptibles de générer chez les arbres traités une sensibilité plus élevée aux attaques de scolytes.

Bioessais de gel

Entre 2006 et 2010, des blessures de gel artificielles ont été infligées à des hêtres de forêt de Soignes, durant la saison automnale, à l'aide de dispositifs utilisant de la carboglace (figure 2). Suite à ces traitements, les arbres ont développé une nécrose, très discrète en absence d'écorçage. Dès le printemps, ces zones ont été attaquées par des scolytes (*Trypodendron domesticum*, *T. signatum*, *Xylosandrus germanus* et *Taphrorychus bicolor*). Des pièges d'interception disposés sur des arbres traités et sur des arbres contrôles ont montré le caractère plus attractif des arbres ayant subi un traitement de gel. Ceci peut

Période de déclin	Hiver	Oct.	Nov.	Déc.	Mois Jan.	Fév.	Mars	Avril
1930	1928-29	-2,1 I	-5 I	-6,7 n	-11,4 n	-17,7 IIII	-10 IIII	-4,5 IIII
	1929-30	1,1 n	-0,9 n	-6,6 n	-2,6 II	-4,9 n	-1,6 n	0 n
1943	1941-42	-0,2 n	-4,8 n	-8,9 n	-17,9 IIII	-14,3 II	-3,5 n	2 II
	1942-43	4,8 II	-2,8 n	-5,7 n	-7 n	-3,6 n	-1,6 n	1,4 I
1999	1997-98	-2,5 II	-1,6 n	-3,8 n	-5,8 n	-9,4 n	-2,7 n	-0,2 n
	1998-99	1,7 n	-7,5 IIII	-3,1 n	-5,2 n	-7,3 n	-0,6 II	0,7 n

Légende : n : normal ($PR^* < 6$ ans) ; I : anormal ($6 \text{ ans} < PR < 10$ ans) ; II : très anormal ($10 \text{ ans} < PR < 30$ ans) ; III : exceptionnel ($30 \text{ ans} < PR < 56$ ans) ; IIII : très exceptionnel ($PR > 56$ ans) ; ■ : chaud ; ■ : froid.

Zones vertes : haut risque de dommages de gel.

* En statistique, la période de retour (PR) définit la durée moyenne de la période durant laquelle un événement est réputé se reproduire.

Tableau 1 – Températures minimales enregistrées (°C) et niveaux d'anomalie pour chaque mois étudié, pendant les deux années précédant chaque épisode de déclin du hêtre.

Figure 2 – Dispositif de traitement à la carboglace des arbres. À gauche : sac de carboglace mis en place, avant la pose de l'isolant. À droite : traitement en bande des arbres (quatre sacs de carboglace alignés verticalement).



probablement être expliqué par le fait que les nécroses, comme le bois mort qui attire habituellement ces insectes, émettent des molécules volatiles liées à la décomposition du bois, et connues pour leur attractivité à l'égard des insectes (par exemple, l'éthanol^{3,4}). Néanmoins, notre étude a également mis en évidence un échec de la colonisation par les scolytes : les galeries édifiées au sein des nécroses n'ont pu sortir de la zone touchée par le gel pour se prolonger dans le bois sain, comme ce fut observé dans les années 2000. Nous émettons l'hypothèse que, lors de nos traitements sur des surfaces minimales par rapport aux surfaces de tronc touchées naturellement par une vague de froid, la physiologie des arbres ait été insuffisamment affectée, ce qui leur a permis de compartimenter efficacement les blessures de gel et empêcher la colonisation par les insectes et par les pathogènes secondaires (figure 3).

D'AUTRES STRESS PEUVENT-ILS ENTRER EN JEU ?

D'autres types de stress climatiques ont été testés expérimentalement sur le hêtre en forêt de Soignes. Leur impact sur la sensibilité des arbres aux scolytes a été évalué.

Sécheresse et gel

La sécheresse a été étudiée, avec ou sans combinaison avec le gel (figure 4). Pour ce faire, des bâches ont été installées en forêt de Soignes afin d'intercepter et de dévier les apports d'eau de pluie. Des tranchées ont été creusées autour des deux parcelles d'assèchement afin d'éviter les apports d'eau latéraux. Chaque parcelle d'assèchement comportait une douzaine d'arbres dont la réponse à la sécheresse a été com-



Figure 3 – Coupe transversale dans la nécrose au niveau d'une attaque de scolyte. La galerie (flèche) est avortée au niveau de la bordure de la nécrose, où se trouve une zone brun foncé, correspondant probablement à une zone de réaction de l'arbre (entourée en blanc). Cette zone de réaction contient des phénols toxiques pour la plupart des pathogènes et insectes.

parée à celle d'arbres témoins. Malgré son efficacité, le bâchage, d'une durée de deux ans (janvier 2009 à octobre 2010), n'a permis d'obtenir qu'un stress hydrique relativement faible au niveau des arbres (encart 2).

La moitié des arbres des parcelles d'assèchement et des arbres contrôles ont été traités à la carboglace, en octobre 2010 (trois cycles de gel à -30 °C sur une durée totale de 6 jours), de manière à tester leur sensibilité au gel. L'influence du traitement hydrique sur la taille de la nécrose de gel n'a pu être mise en évidence. Par contre, les résultats entomologiques sont des plus intéressants.

Des pièges d'interception disposés sur les arbres ont mis en évidence une attractivité supérieure des arbres traités à la carboglace, indépendamment du traitement hydrique, pour les *Trypodendron* (*T. domesticum* et *T. signatum*). Par contre, les scolytes *Xylo-*



Figure 4 – Dispositif d'assèchement de deux parcelles de hêtre installé en forêt de Soignes de janvier 2009 à octobre 2010.

sandrus germanus et *Taphrorychus bicolor* se sont dirigés préférentiellement vers les arbres soumis simultanément au traitement de gel et au traitement hydrique. Des attaques d'insectes ont été observées sur les arbres traités à la carboglace, et au sein des nécroses de gel uniquement. Tandis que les *Trypodendron* ont attaqué de manière équivalente les arbres des parcelles d'assèchement et les arbres contrôles, *Taphrorychus bicolor* a édifié un nombre de galeries plus important sur les arbres ayant subi un stress hydrique. Ce scolyte subcortical est par ailleurs connu pour coloniser des arbres soumis à différents stress, tels que des tassements de sol ou des carences hydriques^{1,2}. Même si le stress hydrique subi par les hêtres de nos parcelles a été faible, cet insecte a pu le détecter, se diriger préfé-

rentiellement vers ces arbres, et, en cas de blessure de gel, les attaquer davantage.

Excès d'eau

Une parcelle temporairement inondée en forêt de Soignes a fait l'objet d'observations en 2011 (figure 6). Alors que les hêtres de cette parcelle avaient leurs racines dans l'eau, des attaques de scolytes y ont été observées en mars, assez bas sur le tronc. Fin avril, les arbres ont développé de manière normale leurs feuilles, et étaient en apparence sains. Alors que le niveau de l'eau, fluctuant au cours de la saison, restait toujours élevé, le feuillage des arbres a commencé à se flétrir en été, jusqu'à aboutir à la chute des feuilles et à la mort des bourgeons de certains arbres en août. Un arbre abattu fin août a été étu-

dié, les colonisations des scolytes ont été fructueuses : jusque soixante descendants par galerie ont été observés.

Le hêtre est connu pour sa sensibilité à l'anoxie racinaire⁶. Dans de telles conditions, une fermentation alcoolique se produit au niveau des racines. En l'absence de feuillage et de flux transpiratoire,

l'éthanol produit stagne au niveau du système racinaire et dans le bas des troncs, ce qui peut expliquer l'attaque des insectes à cette hauteur en particulier. Les arbres affaiblis par le stress persistant n'ont vraisemblablement pas pu réagir aux attaques des scolytes en activant leurs mécanismes de défense, ce qui a permis un développement complet des galeries des insectes.

ENCART 2 – RÉSULTATS DU DISPOSITIF DE SÉCHERESSE : INDICATEURS DU STATUT HYDRIQUE DU SOL ET DES ARBRES

Le dispositif a permis d'assécher le sol des parcelles jusque 250 à 300 cm de profondeur. L'humidité du sol au-dessus de ces profondeurs correspondait, en fin d'expérience, au point de flétrissement permanent des arbres, limite au-delà de laquelle l'eau n'est plus accessible pour les plantes. Ce résultat suggère donc un stress hydrique important au niveau des arbres. Néanmoins, la croissance des hêtres n'a pas été affectée, pas plus que l'apparence de leur couronne. Le potentiel hydrique foliaire de base, mesure courante de l'intensité du stress hydrique chez les végétaux, a peu réagi en 2009 et 2010, tandis que la transpiration des arbres s'est réduite au cours des étés 2009 et 2010, pour atteindre environ 50 % de la transpiration attendue en bonnes conditions hydriques.

La quasi-absence de réponse au niveau de la physiologie des arbres est surprenante. Cependant, une étude approfondie du sol et du système racinaire a révélé que les arbres ont eu accès, dès le début de l'expérience, à une réserve en eau importante. Le sol de type limoneux était profond de 450 cm, et le hêtre, dont le système racinaire est souvent jugé relativement superficiel, plongeait ses racines au-delà de 300 cm de profondeur (figure 5). Les racines profondes ont donc pu maintenir le stress hydrique subi par la plante à un niveau acceptable (maintien d'un potentiel hydrique normal), mais insuffisant à l'approvisionnement normal des arbres (régulation stomatique). Un faible stress hydrique a dès lors été perçu par les plantes.



Figure 5 – Creusement de tranchées pour l'étude du système racinaire des hêtres. À gauche : comptage des racines dans les tranchées, avec blindage de protection. À droite : présence de racines au fond des tranchées (3 mètres de profondeur).





DISCUSSION SUR LES CAUSES POSSIBLES DU DÉCLIN SOUDAIN DU HÊTRE

Différents types de stress climatiques ont été étudiés dans le cadre de notre recherche. De manière expérimentale, leur impact sur la sensibilité des arbres aux attaques de scolytes secondaires a été mesuré. À la lumière des résultats présentés ci-dessus, nous proposons une explication de l'origine des phénomènes de déclin soudain du hêtre, notamment de l'épisode du début des années 2000.

La première phase de la maladie, pendant laquelle des attaques d'insectes secondaires ont été observées au niveau de nécroses en bandes orientées au secteur nord-est, peut être de manière assez sûre liée à la vague de froid du mois de novem-

bre 1998. Les conditions de températures particulièrement exceptionnelles ont pu toucher des arbres encore sensibles au gel, et leur occasionner des blessures. Ces nécroses ont vraisemblablement attiré les scolytes par l'émission de molécules volatiles liées à la fermentation des tissus lésés, telles que l'éthanol. Ces attractifs ont induit une colonisation par les insectes en bordure des nécroses. Cette colonisation s'est avérée fructueuse grâce à une désactivation au moins temporaire des mécanismes de défense des arbres, liée à une perturbation physiologique importante.

L'explication des deuxième et troisième phases du déclin est plus délicate. En effet, l'origine des micronécroses observées sur les arbres n'a pas encore été établie. Un excès de précipitations au printemps 2001, lors du vol des scolytes, pourrait avoir induit les attaques massives des in-



Figure 6 – Observations sur la parcelle inondée en forêt de Soignes. (1) Vue de la parcelle en février 2011. (2) Débourrement apparemment normal des hêtres en mai 2011. (3) Le même arbre en août 2011. (4) Colonisation fructueuse par les scolytes (coupe dans une galerie).

sectes. Néanmoins, sur les arbres de la parcelle inondée en forêt de Soignes, aucune micronécrose n'a été repérée au niveau de l'écorce. Les attaques d'insectes observées récemment (2010 et 2011) en dehors de toute nécrose posent la question d'une attractivité résiduelle des arbres pour les scolytes. L'origine de cette attractivité n'est pas encore expliquée, mais est probablement liée à des combinaisons de stress perturbant la physiologie des arbres.

QUELS ENSEIGNEMENTS POUR L'AVENIR ?

Les changements climatiques s'accompagnent d'une augmentation de la fréquence, de la durée et de l'intensité des extrêmes climatiques. Canicules, vagues de froid, inondations, sécheresses et tempêtes soumettent les arbres à des stress importants et

répétés dans le temps. La perturbation de la physiologie de ces arbres peut offrir des fenêtres de sensibilité aux pullulations de ravageurs ou de pathogènes secondaires.

La lutte contre les scolytes est utile en cas de pullulation, dans le but de réduire l'impact économique des galeries sur la qualité du bois. Néanmoins, la base du problème se situe dans la sensibilité des arbres aux extrêmes climatiques. De nombreux facteurs peuvent prédisposer les arbres aux contraintes climatiques : leur âge trop avancé ou les inadéquations stationnelles en particulier. Un arbre en bonnes conditions physiologiques développera une meilleure résistance vis-à-vis des aléas climatiques.

Les efforts de la recherche se concentrent progressivement vers la sélection d'essences ou de variétés mieux adaptées aux contraintes climatiques. Sans interven-

tion de l'homme, cette sélection se produirait naturellement au sein des forêts, mais serait accompagnée d'un déclin important des arbres non adaptés aux nouvelles conditions, avec des impacts économiques et écologiques considérables. Afin d'accélérer et de maîtriser ce processus de sélection des arbres adaptés, des connaissances approfondies sur leur résistance aux stress climatiques et aux stress biotiques (ravageurs et maladies) sont nécessaires, et devraient constituer des voies de recherche prioritaires. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ¹ DSF [2007]. *Le petit scolyte du hêtre*. Département de la Santé des Forêts, septembre 2007 (agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/petit_scolyte_du_hetre.pdf).
- ² FORSTER B., ENGESSER R. [2003]. Après Lothar, à quoi est dû le dépérissement des hêtres dans le Nord-Vaudois ? *La Forêt* 4 : 24-25.
- ³ GAUBICHER B., DE PROFT M., GRÉGOIRE J.-C. [2002]. Mortalité des hêtraies : techniques de piégeage des scolytes. *Silva Bel.* 109(2) : 8-12.
- ⁴ HUART O., DE PROFT M., GRÉGOIRE J.-C., PIEL F., GAUBICHER B., CARLIER F.-X., MARAÎTE H., RONDEUX J. [2003]. Le point sur la maladie du hêtre en Wallonie. *Forêt Wallonne* 64 : 2-20.
- ⁵ HUART O., RONDEUX J. [2001]. Genèse, évolution et multiples facettes d'une maladie inhabituelle affectant le hêtre en région wallonne. *Forêt Wallonne* 52 : 8-19.
- ⁶ LEVY G., BECKER M., GARREAU B. [1986]. Comportement expérimental de semis de chêne pédonculé, chêne sessile et hêtre en présence d'une nappe d'eau dans le sol. *Annales des Sciences Forestières* 43(2) : 131-146.
- ⁷ MAYER H., HOLST T., SCHINDLER D. [2002]. Mikroklima in Buchenbeständen – Teil I : Photosynthetisch aktive Strahlung. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 121 : 301-321.

- ⁸ NAGELEISEN L.-M. [1992]. *Le dépérissement du hêtre dans les régions des collines sous-Vosgiennes et de la Vôge. Le point après 3 années d'observation*. Rapport, DSF N-E, Nancy, France, 10 p.
- ⁹ PONCELET, J. [1965]. Éclaircies. *Bulletins de la Société Royale Forestière de Belgique* 7 : 293-300.
- ¹⁰ PRIEELS H. [1961]. Les vices cachés dans les bois sur pied. *Bulletins de la Société Royale Forestière de Belgique* 7 : 323-336.
- ¹¹ SHIGO A.L., MARX H. [1977]. Compartmentalization of decay in trees. *Agriculture Information Bulletin* 405 : 1-73.
- ¹² Comptes rendus de gestion forestière de cantonnements ardennais.

Nous remercions Monsieur Marc Vandiepenbeeck (IRM) pour ses conseils dans l'analyse des données météorologiques, ainsi que le Fonds pour la Recherche Scientifique (FRS-FNRS), le Service Public de Wallonie (DGARNE), Bruxelles-Environnement (BE-IBGE) et l'Agentschap voor Natuur en Bos pour leurs autorisations et leur soutien financier.

SYLVIE LA SPINA

slaspina@gmail.com

JEAN-CLAUDE GRÉGOIRE

Jean-Claude.Gregoire@ulb.ac.be

Laboratoire de lutte biologique et
écologie spatiale (LUBIES),
Université Libre de Bruxelles - CP 160/12
Avenue F.D. Roosevelt 50,
B-1050 Bruxelles

CHARLES DE CANNIÈRE

Charles.De.Canniere@ulb.ac.be

Service d'Ecologie du paysage
et systèmes de production végétale
Université Libre de Bruxelles - CP 169
Avenue F.D. Roosevelt 50,
B-1050 Bruxelles