

FORÊT

• NATURE

n°
164

OUTILS POUR UNE GESTION
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS



Tiré à part du Forêt.Nature n° 164 p. 35-42

LE DÉPÉRISSEMENT DU HÊTRE EN ARDENNE : RÉSULTAT D'UNE ÉTUDE MENÉE DE 2019 À 2022

Salvatore Pirronitto, Felix Teng, Anne Chandelier (CRA-W)



Le dépérissement du hêtre en Ardenne : résultat d'une étude menée de 2019 à 2022

Salvatore Pirronitto | Felix Teng | Anne Chandelier

Unité Santé des Plantes et Forêts, Centre wallon de Recherches agronomiques

Un peu partout en Ardenne, des cas de dépérissement sur hêtre sont signalés. Qu'en est-il réellement de la gravité du phénomène ? Quels sont les éléments mis en cause ?

Il y a une vingtaine d'années, de très nombreux hêtres situés en Ardenne ont été touchés par un problème sanitaire majeur lié à un coup de gel brutal provoquant des blessures au niveau de l'écorce, des attaques d'insectes xylophages et la colonisation du bois par divers champignons lignivores⁶. L'impact économique de cette crise liée à un événement climatique exceptionnel fut très important et est encore dans les mémoires aujourd'hui.

Depuis quelques années, les stress hydriques et canicules estivales engendrés par le changement climatique affectent profondément les hêtres, et nombre d'entre eux montrent à nouveau des signes de dépérissement, notamment en Ardenne. Cette situation est préoccupante car les arbres ainsi fragilisés pourraient être plus sensibles à des attaques de bio-agresseurs (insectes, agents pathogènes) « locaux » tandis que des bio-agresseurs adaptés à des climats plus doux pourraient étendre leur aire de répartition et se développer sous nos latitudes.

C'est dans ce contexte qu'une étude a été menée en Ardenne entre 2019 et 2022 par le laboratoire de mycologie du CRA-W dans le cadre de sa collaboration avec l'Observatoire Wallon de la Santé des forêts. Les objectifs de l'étude étaient d'une part d'effectuer un suivi de l'état sanitaire de hêtres en Ardenne par une évaluation de l'état des houppiers, et pour les arbres dépérissant, d'évaluer la présence d'agents pathogènes susceptibles d'occasionner de tels dégâts.

Un dispositif de suivi qui couvre toute la hêtraie ardennaise

Au printemps 2019, un réseau de surveillance constitué de 20 placettes a été mis en place (figure 1). Une grille de maille de 15 x 15 kilomètres a été utilisée afin de couvrir au mieux les différentes zones bioclimatiques ardennaises. En 2020, deux nouvelles placettes ont été intégrées au dispositif afin d'augmenter le nombre d'observations. Les sites sélectionnés représentent des peuplements où le hêtre est l'espèce ligneuse majoritaire. Au sein de chaque placette,

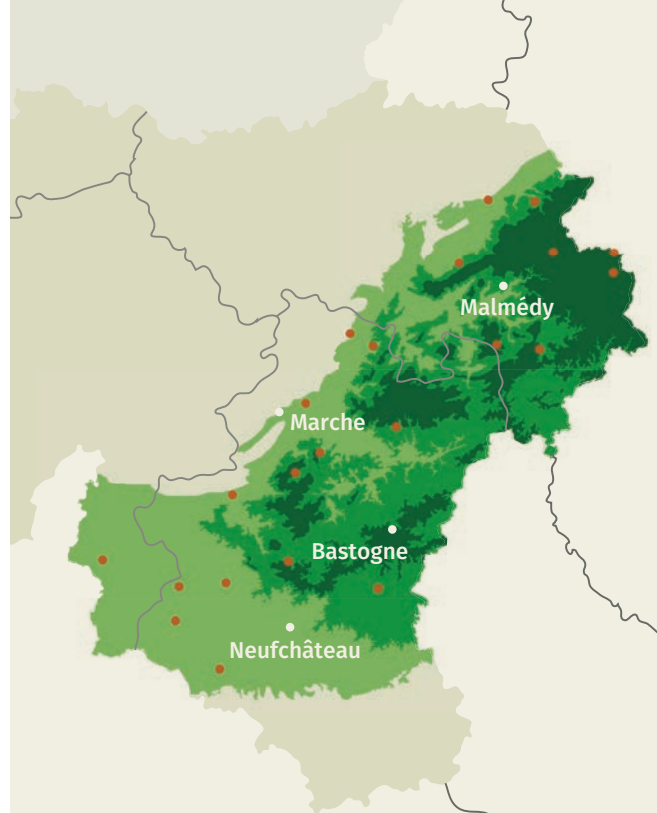


Figure 1. Répartition des 22 sites constituant le réseau de surveillance sanitaire du hêtre à travers l'Ardenne.

20 hêtres dominants ou co-dominants avec une circonférence supérieure à 50 centimètres à hauteur d'homme ont été choisis et marqués. Les hêtres sélectionnés ont été maintenus sur pied durant la durée de l'étude afin de mettre en évidence l'évolution de leur état sanitaire et éviter tout biais lié à l'exploitation forestière des arbres dépérissant. Au total, ce sont donc 440 arbres qui ont été observés et suivis.

Chaque année, après calibration avec l'équipe de l'Observatoire Wallon de la Santé des Forêts, l'état des houppiers a été déterminé durant les mois de juin-juillet en utilisant une cotation basée sur l'indice DEPEFEU⁹. Dans ce système de cotation, la partie supérieure (hors compétition) du houppier est analysée selon neuf critères qui peuvent être rassemblés en trois catégories : la transparence, la mortalité des

RÉSUMÉ

Depuis quelques années, le nombre de signalements de hêtres dépérissant en Ardenne a augmenté. Pour évaluer l'implication potentielle d'agents pathogènes dans le processus de dépérissement, une étude a été lancée en 2019 par le laboratoire de mycologie du CRA-W dans le cadre de sa collaboration avec l'Observatoire Wallon de la Santé des Forêts. Les objectifs de l'étude étaient d'une part d'effectuer un suivi de l'état sanitaire de hêtres en Ardenne par une évaluation de

l'état des houppiers, et pour les arbres dépérissant, d'évaluer la présence d'agents pathogènes susceptibles d'occasionner de tels dégâts. L'étude, réalisée sur une période de 4 ans, a mis en évidence une dégradation progressive des houppiers traduisant une baisse de vitalité mais peu de mortalité. Elle a également montré que le rôle de bio-agresseurs (insectes ou agents pathogènes) dans le dépérissement actuel est très limité.



Indice DEPEFEU	Classes DEPEFEU	État du houppier associé
0 à 0,50	0	Sain
0,51 à 1,50	1	Très faiblement dégradé
1,51 à 2,50	2	Modérément dégradé
2,51 à 3,25	3	Fortement dégradé
3,25 à 3,75	4	Très fortement dégradé
3,76 à 4	5	Moribond ou mort

Tableau 1. Tableau de conversion de l'indice DEPEFEU en classes afin de faciliter l'analyse de l'état du houppier (adapté de Nageleisen⁹).

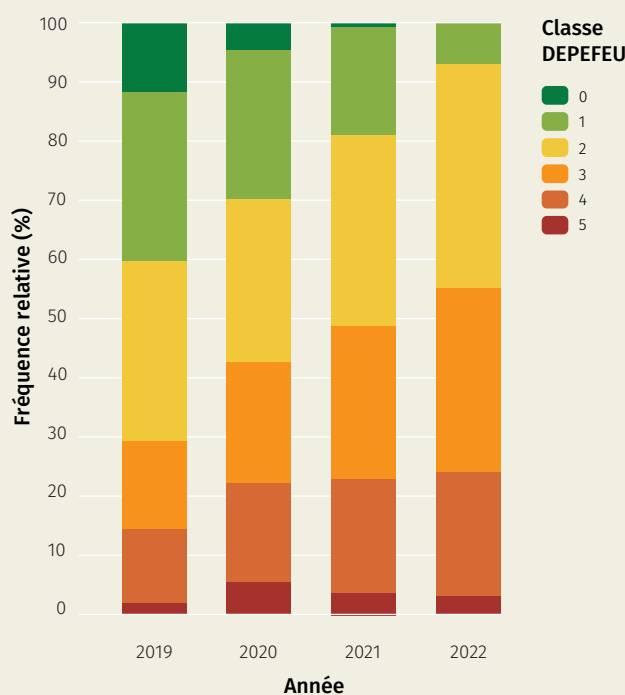


Figure 2. Répartition des classes DEPEFEU des différents arbres du dispositif au cours du temps.

branches et rameaux, et la répartition de la masse foliaire et de la ramification au sein de la couronne. Pour chaque critère, une note de 0 à 4 est attribuée par l'observateur selon l'intensité du symptôme observé. L'ensemble de ces critères visuels permet de calculer un indice synthétique de dépérissement : l'indice DEPEFEU. Plus l'indice se rapproche de 4, plus l'arbre est considéré comme dépérissant et tend vers la mortalité. Afin de faciliter les comparaisons, les indices DEPEFEU calculés ont été regroupés en 5 classes de dépérissement (tableau 1). À partir de la classe 3, les arbres sont considérés comme dépérissants.

Les hêtres montrent une perte de vitalité... mais peu de mortalité

En 2019, 71 % des arbres du dispositif se trouvaient en classes DEPEFEU 0, 1 et 2 (arbres sains ou peu dégradés considérés comme non dépérissants). Un peu moins d'un tiers (29 %) des arbres sondés pouvaient donc être considérés comme dépérissants. Les houppiers moribonds (classe DEPEFEU 5) étaient fortement minoritaires (figure 2).

Au cours des 4 années de l'étude, l'état des houppiers s'est dégradé. La proportion d'arbres dépérissants (classes DEPEFEU 3, 4 et 5) a quasiment doublé. Les arbres avec un houppier « modérément dégradé »

(classe 2) dominaient chaque année pour atteindre en 2022 une fréquence relative de 37 %. La classe des houppiers très faiblement dégradés (classe 1) est passée de 28,5 % en 2019 à 8 % en 2022. La classe relative aux houppiers moribonds est restée quant à elle stable dans le temps (figure 2).

Au niveau des mortalités, 5 cassures d'arbres ont été observées sous l'action du champignon lignivore *Fomes fomentarius* (4 en 2020 et 1 en 2022) et un seul arbre mort sur pied a été identifié lors de la dernière année de suivi.

À l'échelle du site, l'indice DEPEFEU (valeur moyenne pour les 20 arbres du dispositif) a montré une légère augmentation tout au long du suivi sanitaire (figure 3A). Toutefois, l'analyse séparée des indices permettant de calculer l'indice DEPEFEU a révélé une certaine dynamique. Premièrement, l'indice de transparence a augmenté entre 2019 et 2020 puis s'est stabilisé (figure 3B). L'indice de mortalité des branches est resté stable entre 2019 et 2020 puis a montré une légère augmentation en 2021 pour revenir à son niveau initial en 2022 (figure 3C). Enfin, l'indice de la répartition de la masse foliaire a quant à lui montré la plus grande progression entre 2019 et 2022 (figure 3D). L'évolution de cet indice traduit une simplification de l'architecture des houppiers (pertes de ramifications fines, présence de rameaux en « fouets » et des « paquets » de feuilles dans la partie supérieure du houppier).

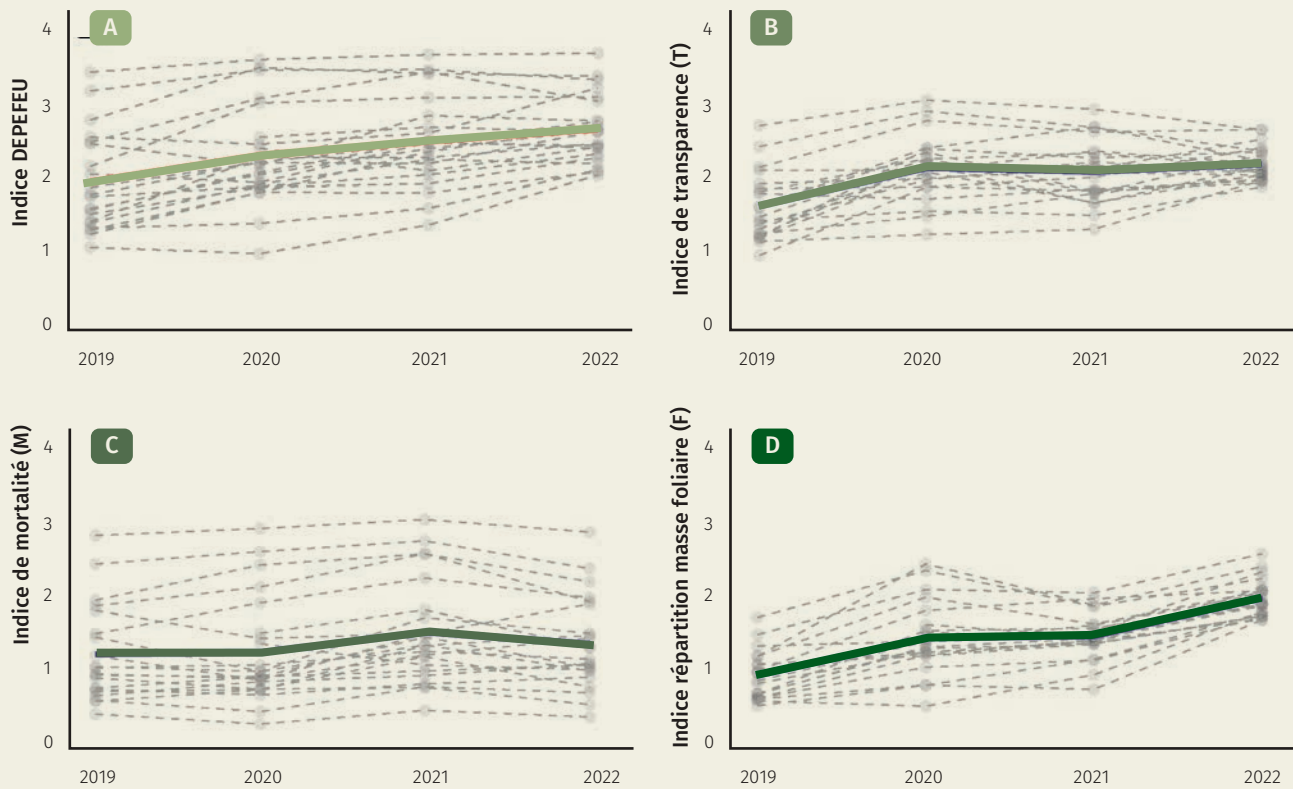


Figure 3. Évolution des indices permettant de caractériser l'état des houppiers pour les 22 sites du dispositif (méthode DEPEFEU). Les lignes en gras représentent la valeur moyenne pour les 22 sites.

Les bio-agresseurs ont un rôle très limité dans le dépérissement actuel

Les symptômes foliaires

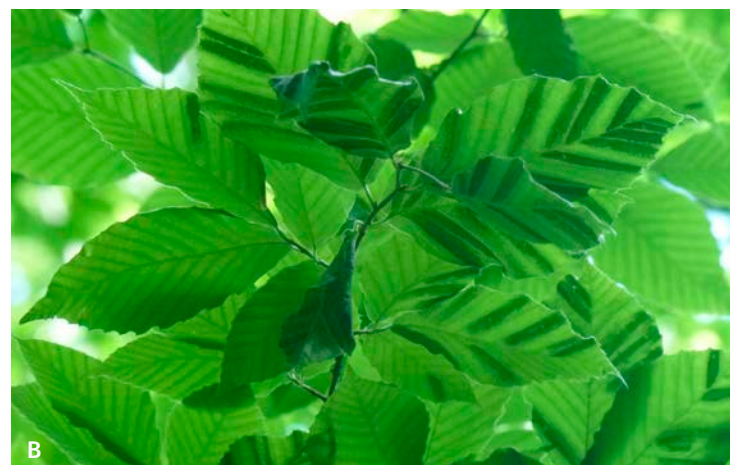
Lorsque des plants de hêtre (avec feuilles accessibles) étaient présents dans la placette, ils ont été examinés à la recherche de signes d'infection foliaire par des agents pathogènes ou des insectes. Une attention particulière a été accordée à la détection de deux bio-agresseurs émergents : le champignon *Petrakia liobae*, responsable de taches brunes à bord nets sur les feuilles (figure 4A) et le nématode *Litylenchus crenatae mccannii* responsable de taches sombres entre les nervures (figure 4B).

Petrakia liobae a été découvert pour la première fois en Suisse en 2008². Il a par la suite été signalé dans plusieurs pays d'Europe centrale. Il n'a jamais été ob-

servé en Belgique. Les dégâts qu'il cause n'induisent pas de mortalité, mais des pertes de vitalité, surtout sur arbres jeunes. Le nématode *Litylenchus crenatae mccannii* responsable d'une nouvelle maladie appelée « maladie des feuilles du hêtre » (« *Beech Leaf Disease* ») a été découvert il y a quelques années aux États-Unis³. Le risque d'introduction en Europe est sérieux, raison pour laquelle l'Organisation Européenne de Protection des Plantes l'a placé sur sa liste d'alerte phytosanitaire.

Les observations réalisées dans le cadre de notre étude n'ont pas permis de mettre en évidence des symptômes associés à l'un ou l'autre des bio-agresseurs décrits ci-dessus.

Figure 4. Symptômes causés par le champignon *Petrakia liobae* (A) et par le nématode *Litylenchus crenatae mccannii* (B).



Les symptômes visibles sur le tronc

Chaque arbre du dispositif a été inspecté du collet jusqu'à la base du houppier afin de détecter la présence de chancre, de fructification de champignons lignivores ou encore de nécrose sur le tronc. Des trous liés à l'activité de scolytes ont aussi été notés (figure 5).

Lors de l'inspection des troncs, des nécroses ont été observées sur 6 arbres uniquement en 2021 (soit moins de 2 % des arbres du dispositif). Une nécrose a pu être reliée à des infections par *Phytophthora x cambivora*. Trois autres ont permis d'isoler des agents pathogènes secondaires de la famille des *Nectriaceae*. Les deux dernières étaient dues à des infections bactériennes (maladie plus communément appelée « wetwood »).

Concernant les champignons lignivores, douze arbres ont été touchés par l'amadouvier (*Fomes fomentarius*). Cinq d'entre eux ont subi des cassures suites à ces attaques (figure 6). Les arbres touchés étaient des arbres de grande circonférence ou présentant des signes de dépérissement (classe DEPEFEU : 3 et 4).



Figure 5. Exemples de symptômes recherchés sur tronc de hêtre.

A. Fructification du champignon lignivore *Fomes fomentarius*. **B.** Nécrose suintante à la base d'un tronc liée à une infection par un *Phytophthora*. **C.** Fructification du champignon *Neonectria ditissima*. **D.** Trous de scolytes.





Figure 6. Cassure d'un tronc de hêtre suite à l'activité du champignon lignivore *Fomes fomentarius*.

Les infections racinaires liées à l'activité de *Phytophthora*

Les infections par des *Phytophthora* racinaires, qui se traduisent par des nécroses suintantes à la base de l'arbre, ne sont parfois pas visibles, notamment au début lorsqu'elles ne concernent encore que les racines. Pour évaluer la présence potentielle de *Phytophthora*, des prélèvements de sol et de racines ont été réalisés et analysés en laboratoire.

Dans chacune des 22 placettes, un arbre non dépérissant (présentant un houppier normal), un arbre modérément dépérissant et un arbre fortement dépérissant selon la notation DEPEFEU ont été sélectionnés parmi les 20 arbres suivis. Des prélèvements de racines fines ont été réalisés à la tarière à environ 1 mètre du tronc (figures 7A et 7B). Au laboratoire, des essais de piégeage de *Phytophthora* ont été réalisés selon une méthode décrite dans la littérature⁶. Cette méthode consiste à placer l'échantillon de terre et de racines dans de l'eau en présence de feuilles de plantes « pièges à *Phytophthora* » (feuilles de châtaignier, de chêne pédonculé et de rhododendron) (figure 7C). En cas de présence de *Phytophthora* dans l'échantillon de sol, des zoospores vont migrer vers les feuilles-pièges et les infecter. Des nécroses typiques vont alors se développer (figure 7D) à partir desquelles il sera possible d'isoler le *Phytophthora* sur milieu de culture (figure 7E).

Les différents piégeages de sol effectués durant le projet n'ont pas permis de mettre en évidence la présence de *Phytophthora* dans la rhizosphère. Toutefois, des essais en laboratoire a montré que les sols forestiers ardennais étaient très acides (pH compris entre 3,8 et 4,5 dans notre dispositif), et que cette caractéristique inhibait la sporulation des *Phytophthora* les plus fréquemment associés au dépérissement du hêtre en Europe. Ce résultat est corroboré par plusieurs études^{5,7} qui montrent que le pH du sol est un facteur limitant dans le développement des *Phytophthora*, les pH trop acides (inférieurs à 4,2) inhibant la production de spores et donc le processus d'infection des racines fines.

En conclusion...

Depuis plusieurs années, l'état sanitaire de la hêtraie ardennaise se dégrade⁴. Notre dispositif mis en place en 2019 confirme ce constat, le nombre d'arbres dépérissants (c'est-à-dire montrant une perte nette de vitalité) passant de 29 % en 2019 à 55 % en 2022. Toutefois, les mortalités n'augmentent pas de façon significative (cinq cassures d'arbre sur la durée du projet et un seul arbre mort sur pied répertorié en 2022). Ce résultat est encourageant et montre que le problème rencontré en Ardenne résulte davantage d'une perte de vitalité que d'un accroissement de la mortalité. Par ailleurs, notre étude montre aussi que, dans les critères pris en compte dans l'évaluation du dépérissement, c'est principalement l'indice de répartition de la masse foliaire et de la ramification qui augmente. Or, cet indice représente des paramètres tels que la perte de croissance des pousses annuelles, et la modification de conformation des feuilles, qui peuvent être réversibles selon le niveau de l'indice et l'état hydraulique de l'arbre fragilisé¹. En l'absence de stress hydrique durant la période de végétation,

Encart 1. *Phytophthora*

Bien que formant un mycélium et produisant des spores, ces organismes sont plus proches des algues que des champignons. La plupart des *Phytophthora* infectant les ligneux sont des pathogènes racinaires. Les spores flagellées (zoospores) transportées par l'eau libre du sol infectent les racines fines provoquant une pourriture. Cette dégradation du système racinaire perturbe le prélèvement d'eau par la plante et entraîne une réduction de la masse foliaire, des mortalités de branches et des dépérissements. En progressant des racines vers la base du tronc, les *Phytophthora* détruisent aussi le cambium et causent des nécroses suintantes visibles sur les grosses racines, mais aussi à la base du tronc. Étant donné le besoin d'eau libre pour l'infection des racines, les stations humides ou à régime hydrique alternatif sont des milieux adéquats pour des infections. À l'heure actuelle, il existe de nombreuses espèces de *Phytophthora* mais celles qui infectent le hêtre en forêt tempérée sont principalement *P. x cambivora*, *P. cactorum* et *P. plurivora*. En Wallonie, *P. x cambivora* est l'espèce qui a été le plus souvent identifiée¹⁰.



Figure 7. Technique de piégeage de *Phytophthora* à partir d'échantillons de sol. **A.** Zone d'échantillonnage autour de l'arbre. **B.** Prélèvement à la tarière sur les 20 premiers centimètres de sol. **C.** Terre collectée mise en présence d'eau et de feuilles-pièges. **D.** Taches correspondant à des infections par des *Phytophthora* sur feuilles-pièges de Rhododendron. **E.** Isolement de *Phytophthora* sur milieu de culture.



POINTS-CLEFS

- ▶ La hêtraie ardennaise se dégrade. Néanmoins, aucune hausse significative des mortalités n'est constatée pour le moment. La perte de vitalité observée résulte d'une simplification des houppiers notamment dans la répartition de la masse foliaire et de la ramification.
- ▶ Les bio-agresseurs semblent jouer un rôle minoritaire dans le dépérissement actuel au vu du faible nombre de cas recensés.
- ▶ Cependant, plusieurs menaces phytosanitaires pour le hêtre sont signalées dans différents pays ce qui justifie le maintien d'une surveillance continue des peuplements.

les hêtres ardennais pourraient donc restaurer leur houppier. Un suivi dans le temps et sur des périodes beaucoup plus longues est toutefois nécessaire pour préciser l'évolution de la vitalité de la hêtraie ardennaise dans le contexte du changement climatique.

L'implication de *Phytophthora* dans le dépérissement actuel observé en Ardenne semble peu probable. D'une part, nos observations sur le terrain ont montré que très peu d'arbres présentaient des nécroses suintantes, signe d'une infection par des *Phytophthora*. Par ailleurs, des travaux de laboratoire ont montré que le sol ardennais était très acide, et peu favorable à la sporulation des *Phytophthora*. C'est sans doute la raison pour laquelle aucun *Phytophthora* n'a pu être piégé lors des nombreux essais entrepris au cours des 4 années de l'étude. La présence d'agents pathogènes autres que les *Phytophthora* a été constatée mais à une fréquence très faible.

Du point de vue des bio-agresseurs, la situation sanitaire actuelle n'est donc pas préoccupante mais il est important de rester vigilant, notamment face à de nouvelles menaces phytosanitaires telles que la maladie des feuilles du hêtre (« *Beech Leaf Disease* ») qui n'est pas encore présente en Europe mais pour laquelle l'Organisation Européenne de Protection des Plantes (OEPP) a émis une alerte. ■

Bibliographie

1 **Anderegg W.R.L., Plavcová L., Anderegg L.D.L., et al.** (2013). Drought's legacy: Multiyear hydraulic deterioration underlies widespread aspen forest die-off and portends increased future risk. *Global Change Biology* 19 : 1188-1196.

2 **Beenken L., Gross A., Queloz V.** (2020). Phylogenetic revision of *Petrakia* and *Seifertia* (*Melanommataceae*, *Pleosporales*): new and rediscovered species from Eu-

rope and North America. *Mycological Progress* 19 : 417-440.

3 **Carta L.K., Handoo Z.A., Li S., et al.** (2020). Beech leaf disease symptoms caused by newly recognized nematode subspecies *Litylenchus crenatae mccannii* (*Anguinata*) described from *Fagus grandifolia* in North America. *Forest Pathology* 2 : e12580.

4 **Claessens H., Claessens L., Longrée C., Nivelles L., Tahir B., Lisein J., Lecomte H.** (2017). Près de 20 ans après sa grave crise sanitaire, où en est la hêtraie ardennaise ? *Forêt.Nature* 142 : 30-36.

5 **Corcobado T., Cech T. L., Brandstetter M., Daxer A., Hüttler C., Kudláček T., Jung M. H., Jung, T.** (2020). Decline of European beech in Austria: Involvement of *Phytophthora* spp. and contributing biotic and abiotic factors. *Forests* 11 : 895.

6 **Huart O., De Proft M., Grégoire J.-C., Piel F., Gaubicher B., Carlier F.-X., Maraïte H., Rondeux J.** (2003). Le point sur la maladie du hêtre en Wallonie. *Forêt Wallonne* 64 : 3-20.

7 **Jung T., Blaschke H., Oswald W.** (2000). Involvement of soilborne *Phytophthora* species in Central European oak decline and the effect of site factors on the disease. *Plant Pathology* 11 : 706-718.

8 **Jung T.** (2009). Beech decline in Central Europe driven by the interaction between *Phytophthora* infections and climatic extremes. *Forest Pathology* 39 : 73-94.

9 **Nageleisen L.-M.** (2012). *Guide de notation de l'aspect du houppier des arbres feuillus dans un contexte de dépérissement (protocole DEPEFEU)*. Département de la santé des forêts, document interne, 18 p.

10 **Schmitz S., Zini J., Chandelier A.** (2007). Involvement of *Phytophthora* species in the decline of beech (*Fagus sylvatica*) in Wallonia. *Communications. Applied Biological Sciences*, Ghent University 72(4) : 879-885.

Les auteurs remercient Jean-Luc Gooose (DEMNA) pour l'aide apportée à la sélection des placettes du dispositif et à l'évaluation de l'état sanitaire des houppiers (formation DEPEFEU).

Crédit photo. L. Beenken (fig. 4A), J. Chatfield (fig. 4B), CRA-W.

Salvatore Pirronitto

Felix Teng

Anne Chandelier

s.pirronitto@cra.wallonie.be

Unité Santé des Plantes et Forêts,
 Centre wallon de Recherches agronomiques
 Rue de Liroux 4 | B-5030 gembloux