

## Rouille foliaire de l'aulne

*Melampsorium hiratsukanum* S. Ito ex Hirats. f. (Famille: Pucciniastraceae)

Synonyme: aucun

Bruno Auf der Maur, Ludwig Beenken et Andrin Gross

Le champignon de la rouille *Melampsorium hiratsukanum* s'attaque à différentes espèces d'aulnes (*Alnus* spp.) et, dans sa région d'origine, l'Asie orientale, à plusieurs espèces de mélèzes (*Larix* spp.). En Suisse et en Europe, il est largement répandu dans les peuplements d'aulnes blancs (*A. incana*). Si les dégâts causés restent jusqu'à présent généralement limités, il s'est entre-temps attaqué au mélèze d'Europe (*L. decidua*) dans les Alpes orientales et a contribué au dépérissement d'aulnes souffrant d'une infestation par *Phytophthora*.



Les hôtes de *Melampsorium hiratsukanum* en Italie: une accumulation d'écidies ouvertes sur le mélèze d'Europe (*Larix decidua*) et des urédies sur la face inférieure d'une feuille d'aulne blanc (*Alnus incana*) en juillet (source: Moricca, S. et al. 2021, avec l'aimable autorisation des auteurs)

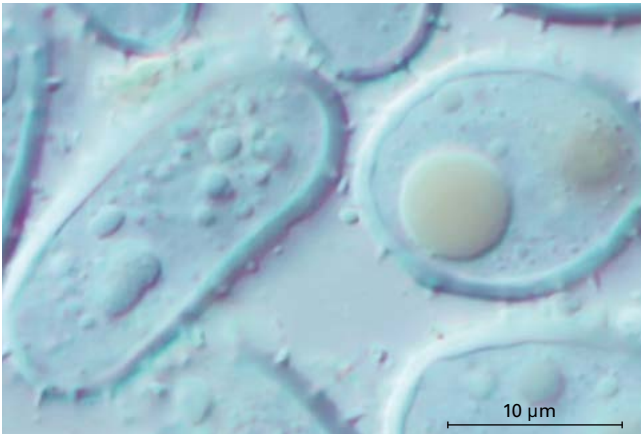
### Biologie et reproduction

Un cycle de vie complet de *M. hiratsukanum* implique un changement d'hôte entre le mélèze et l'aulne. Au printemps, dans les aiguilles de mélèze infectées, se forment sous la surface d'une part les protoécidies et d'autre part les spermogonies (également appelées pycnides). Ces spermogonies, les premières fructifications, percent la surface des aiguilles et libèrent ensuite des spores, appelées spermaties, qui sont disséminées par des insectes. Ces spermaties servent à la fécondation des protoécidies. Cette fécondation donne naissance aux écidies. Ces nouvelles fructifications finissent également par percer la surface des aiguilles et libèrent des écidiospores. En Italie, l'apparition de telles fructifications a été observée de mi-mai à mi-juin. Si l'une des écidiospores disséminées par le vent atterrit sur une feuille d'aulne, le champignon pénètre dans la feuille et forme sur sa face inférieure ce que l'on appelle des urédies. Dès l'été, celles-ci libèrent les urédiospores asexuées (conidies). La formation de ces

spores peut se produire à plusieurs reprises jusque tard dans l'automne.

En automne, de nouveaux dépôts de spores se forment en outre sur les feuilles d'aulne, les télies, dans lesquelles se forment les téléospores. Il s'agit de spores permanentes à paroi épaisse qui peuvent résister à des conditions défavorables telles que la sécheresse ou le froid et qui permettent au champignon de passer l'hiver. Au nouveau printemps, elles donnent naissance, par division cellulaire, à des basidiospores qui sont disséminées par le vent et infectent les mélèzes. En Europe, seuls les aulnes sont souvent infectés, l'hivernage se fait probablement sous forme d'un mycélium dans les bourgeons ou sous la forme d'urédiospores.

Les urédiospores jouent le rôle principal dans la propagation de l'agent pathogène. Dans des conditions appropriées, des millions de ces spores se forment sur un aulne et peuvent infecter d'autres aulnes, même sans changer d'hôte pour le mélèze. Des conditions



Urédospores de *M. hiratsukanum* (colorées au bleu coton, photo: Ludwig Beenken).



Urédospores de *M. betulinum* (colorées au bleu coton, photo: Ludwig Beenken).

météorologiques humides favorisent leur développement. Outre la propagation par le vent, le transport des spores dans le plumage des oiseaux migrateurs est également discuté comme voie de propagation possible, ce qui a été prouvé pour de nombreuses autres espèces de champignons.

### Caractéristiques et symptômes

Les mélèzes atteints ne subissent généralement pas de gros dégâts et ne présentent guère de symptômes. Seules quelques aiguilles présentent une tache jaune, généralement en leur centre, là où se forment les fructifications (voir photo). En Italie, l'infection a été observée soit sur des aiguilles isolées, soit sur un petit groupe d'aiguilles très proches les unes des autres, principalement sur les branches inférieures des arbres. Les aiguilles touchées sont tombées au plus tard en juin. Peu d'écidiospores y ont été formées, et uniquement sur des mélèzes poussant à proximité immédiate d'aulnes infectés.

Les spermogonies se développent principalement sur la face inférieure des aiguilles, sous la surface. Elles apparaissent de manière dispersée, sont petites d'environ 100 µm, jaunâtres et lenticulaires. Les écidies se forment également sous la surface des aiguilles, mais uniquement sur la face inférieure, en rangées irrégulières. Elles mesurent 1–2x0,5–2 mm et apparaissent en forme d'ellipse, comprimées latéralement en coupe transversale et cylindriques. L'enveloppe incolore des spores (le péridium) est constituée de cellules de forme quadrangulaire à hexagonale et de 22–35x13–20 µm. Les écidiospores sont de couleur jaune orangé, mesurent 18–26x15–20 µm et apparaissent de forme arrondie à elliptique. Leur paroi est finement verruqueuse et épaisse de 1,8 à 2,5 µm.

Les feuilles des aulnes infestés sont recouvertes sur la face supérieure de petites taches de 0,5 à 3 mm, parfois anguleuses, qui apparaissent d'abord rouge-

jaune puis rouge-brun et finissent par se regrouper en taches plus grandes; la face inférieure des feuilles est recouverte d'une couche de spores poudreuses jaune orangé bien visible. Avec le temps, les urédies denses recouvrent presque entièrement les feuilles. Dans les aulnaies massivement infestées, le vent rend souvent visible la face inférieure des feuilles de couleur orange, même à une grande distance. Les feuilles touchées finissent par se dessécher, s'enroulent vers l'intérieur à partir du bord et tombent prématurément. En cas de forte infestation, la couronne s'éclaircit et, après des infections répétées, la croissance est parfois perturbée. Des cas de dépérissement d'arbres infectés ont été rapportés en Europe du Nord et en Italie, mais d'autres maladies ont souvent également été constatées sur les arbres concernés.

Les urédies jaune-orange se forment sur la face inférieure des feuilles et sont dispersées ou groupées. Elles mesurent 0,06–0,4 mm de diamètre. Le péridium hémisphérique forme une paroi de 4,5 µm d'épaisseur et se compose de petites cellules jaunâtres anguleuses; ces cellules qui entourent l'ouverture du péridium se transforment en longues épines acérées de 30–56 µm de long. Les urédospores jaunâtres mesurent 20,0–34,2x7,0–17,0 µm, leur forme varie de sphérique ou ovoïde à elliptique allongée ou en massue avec des extrémités largement arrondies. Leur paroi, d'une épaisseur d'environ 1 µm, est entièrement recouverte de verrues épineuses de 0,7 à 1,2 µm de long.

Les télies se développent entre et immédiatement à côté ou sous les urédies et ne sont généralement pas beaucoup plus grandes que celles-ci. Elles sont dispersées ou groupées et apparaissent d'abord en jaune-orange, puis en brun foncé. Les téléutospores sont souvent disposées en palissade et mesurent 30,0–43,2 x 10,0–16,2 µm, avec une paroi d'environ 1 µm d'épaisseur. Leur contour semble rectangulaire à légèrement en forme de massue, et leur couleur varie du jaune au brun clair.

## Possibilités de confusion

Parmi les rouilles du genre *Melampsoridium*, il existe trois espèces qui s'attaquent aux aulnes (ainsi qu'aux mélèzes): la rouille du bouleau (*M. betulinum*), qui s'attaque principalement aux bouleaux, l'espèce *M. alni* et la rouille de l'aulne (*M. hiratsukanum*). La rouille de l'aulne est parfois appelée *M. alni*, mais l'espèce aujourd'hui désignée sous le nom de *M. alni* n'est probablement présente qu'en Asie. La rouille du bouleau, en revanche, est aussi répandue que la rouille de l'aulne, et le risque de confusion est donc beaucoup plus grand. C'est ainsi que l'on a constaté plus tard que les premières découvertes supposées de rouille de l'aulne en Nouvelle-Zélande étaient en réalité dues à une attaque de rouille du bouleau.

Les seules différences microscopiques évidentes entre ces espèces concernent les urédospores. Celles produites par *M. hiratsukanum* sont couvertes de verrues épineuses sur toute leur surface. En revanche, celles produites par *M. betulinum* et *M. alni* ne présentent pas de verrues épineuses à l'extrémité la plus large, mais sont lisses et à paroi fine. Les urédospores de *M. hiratsukanum* sont en outre un peu plus courtes et donc plus arrondies que celles des deux autres espèces. En moyenne, elles mesurent environ 26 µm de long chez *M. hiratsukanum*, environ 30 µm chez *M. betulinum* et environ 33 µm chez *M. alni*. De plus, contrairement aux deux autres espèces, *M. alni* ne possède que deux pores germinaux, un à chaque extrémité de la spore. Une autre caractéristique distinctive se trouve au niveau des urédies. Les cellules autour de l'ouverture du périidium ont une longueur de 30–56 µm chez *M. hiratsukanum*, contre 20–35 µm chez les deux autres espèces. Comme les caractères distinctifs sont faibles et que l'on ne peut constater aucune différence à certains stades de développement, il est recommandé de vérifier génétiquement les analyses morphologiques.

Certaines espèces de rouilles du genre *Melampsora* forment également des écidies sur les mélèzes. Mais celles-ci sont dépourvues de périidies blanches, qui ont permis de classer les trouvailles italiennes dans le genre *Melampsoridium*; des analyses morphologiques et génétiques supplémentaires ont finalement permis de déterminer l'espèce comme *M. hiratsukanum*.

## Ecologie

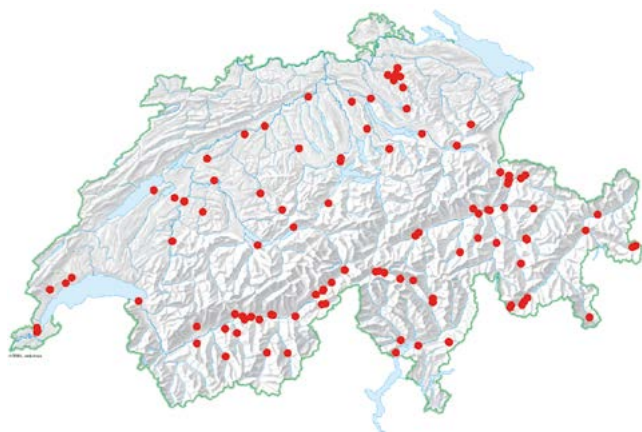
*Melampsoridium hiratsukanum* s'attaque principalement à différentes espèces d'aulnes (*Alnus* spp.). Ce champignon est surtout présent sur les aulnes des rivières et des forêts alluviales, mais aussi dans les zones urbaines. En Europe, l'aulne blanc (*A. incana*) est de loin le plus souvent touché par la rouille de l'aulne, même dans les régions montagneuses. L'aulne glutineux (*A. glutinosa*) et l'espèce *A. xpubescens*, issue du croisement entre l'aulne blanc et l'aulne glutineux, sont également sensibles à la maladie. Les infections sur ces espèces sont souvent détectées à proximité immédiate d'aulnes blancs infectés, ou dans les pépinières sur des plants. En Turquie, le champignon est présent sur l'aulne oriental (*A. orientalis*), et au Portugal, probablement aussi sur l'aulne ibérique (*A. lusitanica*). Sur ces essences, l'agent pathogène pourrait à l'avenir continuer à se propager à l'est ou à l'ouest de l'Europe, même en dehors de l'aire de répartition naturelle de l'aulne blanc.

Sur l'aulne vert (*A. viridis*, syn.: *A. alnobetula*), également indigène en Europe, il existe des preuves de la rouille sur des exemplaires plantés en Asie et rarement au Canada, ainsi qu'une preuve dans un jardin botanique en Allemagne. En Europe, aucune infestation d'aulnes verts n'a été constatée, même à proximité immédiate d'aulnes blancs infestés. L'aulne de Corse (*A. cordata*), originaire d'Italie et de Corse, semble être encore plus rarement infesté, et jusqu'à présent uniquement sur des arbres plantés en dehors de leur région d'origine. En Grande-Bretagne et en Nouvelle-Zélande, des analyses génétiques effectuées sur des aulnes de Corse prétendument infestés par *M. hiratsukanum* ont révélé qu'il s'agissait en fait de *M. betulinum*. Et en Asie, il n'y a que peu de rapports de découvertes sur des aulnes de Corse. En Grande-Bretagne, la rouille de l'aulne a en outre été trouvée sur deux bouleaux pubescents (*Betula pubescens*) situés à proximité d'aulnes fortement infestés.

Les sous-espèces d'aulne blanc répandues en Asie y sont également très sensibles, comme l'aulne de Mandchourie (*A. hirsuta*), sur lequel le champignon a été décrit pour la première fois au Japon. D'autres arbres hôtes indigènes en Asie sont l'aulne du Japon (*A. japonica*), l'aulne du Népal (*A. nepalensis*), ainsi que *A. matsumurae* au Japon et *A. cremastogyne* en Chine.

Aux États-Unis, l'aulne de la Sierra (*A. rhombifolia*) est attesté comme hôte, au Canada, comme mentionné précédemment, l'aulne vert, et dans les deux pays, l'aulne rouge (*A. rubra*) est infesté. Quant à l'aulne maritime (*A. maritima*), originaire des États-Unis, des attaques de rouille de l'aulne ont été constatées sur des exemplaires plantés aux Philippines et en Suisse. En Amérique centrale et en Amérique du Sud, l'aulne des Andes (*A. acuminata*) et l'aulne *A. jorullensis* sont atteints.

Le champignon peut également s'attaquer à certaines espèces de mélèzes (*Larix* spp.), mais il n'est pas encore très fréquent sur ces espèces en dehors de l'Asie. En Asie, les hôtes attestés sont le mélèze de Dahurie (*L. gmelinii*), le mélèze du Japon (*L. kaempferi*) et le mélèze de Sibérie (*L. sibirica*). Les croisements



Données sur la répartition de la rouille de l'aulne de SwissFungi et de la Protection de la forêt suisse.

de ces espèces sont aussi infestés. En Europe, l'infestation de mélèzes de Dahurie et de Sibérie a été signalée en Finlande; en ce qui concerne le mélèze d'Europe indigène (*L. decidua*), l'infestation n'a été prouvée, en dehors des expériences, que dans les Alpes italiennes. Des expériences ont également montré que le mélèze d'Amérique (*L. laricina*), originaire d'Amérique du Nord, est aussi sensible à l'infestation.

## Distribution

En Asie, le champignon a été principalement identifié à l'est du continent, d'abord au Japon, dans l'Extrême-Orient russe, en Sibérie, en Chine, en Corée et en Inde, et plus tard au Népal et aux Philippines. En Amérique, en revanche, il a été trouvé principalement à l'ouest du continent; en Amérique du Nord au Canada et aux États-Unis, en Amérique centrale et du Sud en Équateur, en Bolivie, au Guatemala, au Mexique, au Salvador, en Argentine et en Colombie, et probablement aussi au Costa Rica et au Pérou.

En Europe, l'agent pathogène est largement répandu dans les pays baltes et en Scandinavie. En Grande-Bretagne, il partage son habitat avec *M. betulinum*; il n'existe aucune preuve certaine de sa présence en Irlande. Il a également été clairement identifié en France, en Suisse, en Allemagne, au Danemark, en Italie, en Autriche, en République tchèque, en Pologne, en Slovaquie, en Slovénie, en Hongrie, en Roumanie, en Ukraine, en Biélorussie et en Turquie, ainsi qu'en Russie occidentale. Il est probablement aussi présent en Belgique, aux Pays-Bas, en Espagne et au Portugal.

En Suisse, la rouille de l'aulne a été observé pour la première fois en 1999 à l'Arboretum national du vallon de l'Aubonne (VD) sur des aulnes blancs et glutineux. Plus tard, on l'y a également trouvé sur l'aulne du Japon et sur l'aulne maritime. Jusqu'en 2002, il avait

déjà été découvert dans les cantons de Genève, Vaud, Zurich, Zoug, Lucerne et Obwald. Entre-temps, il s'est répandu dans toute la Suisse et s'attaque principalement aux aulnes blancs et plus rarement aux aulnes glutineux.

## Histoire de la propagation et dangers

L'espèce *M. hiratsukanum* a été décrite pour la première fois en 1897 au Japon par Naoharu Hiratsuka, qui l'a identifiée comme *Melampsora alni* (aujourd'hui *Melampsoridium alni*), avant que son fils Naohide Hiratsuka ne la décrive en 1927 comme une espèce distincte. Le champignon est probablement originaire d'Asie orientale. Il existe des spécimens du Japon, de l'Extrême-Orient russe et de la Sibérie, qui ont été collectés très tôt – avant 1950. Il existe également des preuves précoces de Chine, de Corée et d'Inde. L'identification de ces premières découvertes n'est toutefois pas sans équivoque. En 1977, le champignon a été trouvé aux Philippines dans des pépinières et des plantations. En 1987/8, il est apparu dans un jardin botanique au Népal.

Il existe également des preuves précoces d'Amérique du Sud, d'Amérique centrale et d'Amérique du Nord, par exemple le champignon a été trouvé à plusieurs reprises depuis 1909 dans l'État américain de Californie. L'Amérique a d'ailleurs également été considérée par certains auteurs comme un lieu d'origine possible du champignon, bien que cette hypothèse n'ait pu être, à ce jour, ni clairement confirmée ni complètement réfutée. Au Canada, il a été trouvé pour la première fois en 1963, au Salvador en 1977 et en Argentine et en Colombie dans les années 90. Des attaques de rouille sur des aulnes, peut-être causées par *M. hiratsukanum*, ont également été signalées depuis 1993 au Costa Rica et découvertes en 2007 au Pérou. Des découvertes faites en 2010 dans une forêt au Canada ainsi que dans une pépinière en Californie ont pu être confirmées par des analyses génétiques. Entre-temps, le champignon s'est largement répandu dans les pépinières californiennes et est localement fréquent dans la nature dans l'État américain de l'Oregon.

En 1966, un rapport de Grande-Bretagne indiquait que la rouille de l'aulne était présente en Écosse et en Irlande. Cependant, les découvertes en Écosse ont été identifiées plus tard comme *M. betulinum*. L'identité des découvertes en Irlande est douteuse, tout comme la fiabilité des nombreuses observations de rouille de l'aulne en Angleterre depuis 1986. Ce n'est qu'après des relevés au Pays de Galles en 2009 que la présence de *M. hiratsukanum* a pu être clairement confirmée par des analyses génétiques.

Les premières détections claires en Europe ont eu lieu en 1996 en Estonie et en Lettonie. La manière dont

l'agent pathogène s'y est retrouvé n'est pas claire. Jusqu'en 2004, les premières découvertes ont suivi dans de nombreux pays, de la France à la Russie occidentale (à Saint-Petersbourg). Dans les pays concernés, on a souvent observé une apparition massive du champignon. C'est notamment le cas de l'été 2002, où des précipitations particulièrement fortes en Europe centrale ont entraîné des inondations et également favorisé la multiplication du champignon. Depuis 2008, la présence de *M. hiratsukanum* est également attestée dans les Alpes italiennes, où l'agent pathogène cause de gros dégâts aux aulnes blancs et s'attaque également aux mélèzes depuis 2010 au plus tard. Entre 2010 et 2021, la présence du champignon a été attestée en Ukraine, en Slovénie et en Biélorussie, et un cas suspect a été signalé en Espagne et au Portugal. Durant cette période, de nombreuses observations ont également été faites en Belgique et aux Pays-Bas, dont certaines ont été confirmées au microscope; un champignon appelé *M. alni* a toutefois déjà été trouvé en Wallonie en 2005. La rouille de l'aulne continue donc de se propager en Europe.

L'ampleur des dégâts causés par le champignon dépend principalement de la quantité d'urédospores formées sur les aulnes ; leur production est à son tour favorisée par une forte humidité de l'air au printemps et en été. Ainsi, en Finlande, les urédospores ne sont souvent formées qu'à la fin de l'été, lorsque les nuits fraîches font en sorte que l'eau de l'air se condense sur les feuilles. Dans les Alpes orientales en revanche, où le printemps et l'été sont souvent humides et pluvieux, la formation de spores apparaît certaines années clairement dès la mi-juillet et peut entraîner une chute prématurée des feuilles dès le mois d'août.

En Italie et en Finlande, les aulnes poussant à proximité de mélèzes infectés ont été particulièrement touchés. De plus, les aulnes qui poussent dans des endroits exposés semblent être particulièrement vulnérables. En Biélorussie, on a constaté que la rouille de l'aulne était plus présente sur les arbres poussant sur des surfaces ouvertes, en bordure de forêt et à proximité de cours d'eau. En Lituanie, les jeunes arbres poussant à proximité de cours d'eau ou de routes présentaient souvent 60 à 80 % de feuilles infectées.

Dans les pépinières, *M. hiratsukanum* peut entraîner la mort des jeunes plants et, chez les jeunes arbres, l'infestation peut provoquer des troubles de la croissance. En revanche, la vitalité des arbres adultes ne souffre généralement que d'une infestation intense. Cependant, dans une vallée alpine, quelques arbres infectés sont morts. Toutefois, certains de ces aulnes présentaient également des symptômes d'une infestation par *Phytophthora*. Parmi les parasites végétaux du genre *Phytophthora*, les trois espèces *P. uniformis*, *P. ×multiformis* et surtout *P. ×alni* sont considérées

comme les principaux responsables du **dépérissement des aulnes**, une maladie qui a entraîné un recul massif des populations d'aulnes en Europe depuis les années 90. Les espèces de *Phytophthora* répandues dans les Alpes orientales, telles que *P. plurivora* ou *P. pseudo-cryptogea*, sont certes moins agressives sur l'aulne, mais peuvent tout de même entraîner la mort des arbres, en particulier lorsque ceux-ci sont déjà affaiblis par la rouille de l'aulne. Ainsi, *M. hiratsukanum* contribue à ce que dans de nombreuses vallées fluviales, les aulnes soient de plus en plus supplantés par d'autres espèces d'arbres, comme par exemple l'ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*), une espèce envahissante. Cette évolution est problématique, car les aulnes situés à proximité des rivières assurent la stabilité des berges grâce à leurs racines. D'autres espèces d'arbres ne peuvent pas assurer de la même manière cette forme naturelle de protection contre les crues.

## Lutte

L'utilisation de fongicides est possible dans les pépinières, mais elle est interdite en forêt en Suisse ! De plus, on pourrait veiller, lors de nouvelles plantations, à ce qu'une distance spatiale soit respectée entre les aulnes et les mélèzes.

## Où signaler, où demander conseil?

La rouille de l'aulne n'est pas soumise à déclaration. Pour obtenir des conseils en cas d'infestation grave, il est possible de contacter la Protection de la forêt suisse: <https://waldschutz.wsl.ch/fr/diagnostic-et-conseil.html>

### Informations complémentaires

Description avec photos de la rouille de l'aulne par le Dr Julia Kruse:

<https://jule.pflanzenbestimmung.de/melampsorium-hiratsukanum/>

Site d'information de Californie (en anglais):

<https://blogs.cdfa.ca.gov/Section3162/?tag=melampsorium-hiratsukanum>

### Sources

Bolay A. (2013) Les champignons parasites des plantes vasculaires des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève. Boissiera 66: 1–147.

Moricca S., Benigno A., Oliveira Longa C.M., Cacciola S.O., Maresi G. (2021) First documentation of life cycle completion of the alien rust pathogen *Melampsorium hiratsukanum* in the Eastern Alps proves its successful establishment in this mountain range. Journal of Fungi 7, 8: 617. <https://doi.org/10.3390/jof7080617>.

Rigler-Hager H., Scheuer C., Zwetko P. (2003) Der Erlen-Rost *Melampsorium hiratsukanum* in Österreich, Wulfenia 10: 135–143.

### Citation

Auf der Maur B., Beenken L., Gross A. (2022) Fiche d'information Néomycètes. Rouille foliaire de l'aulne. Birmensdorf, Institut fédéral de recherches WSL. 6 S.

Traduire par Margaux Leisi, Nicolo Tartini et Ludovic Sageot