

**LES RISQUES POUR LA CHÊNAIE EUROPÉENNE D'INTRODUCTION DE  
*CERATOCYSTIS FAGACEARUM* EN PROVENANCE DES ÉTATS-UNIS**

***THE RISK FOR EUROPEAN OAKS OF INTRODUCTION OF  
CERATOCYSTIS FAGACEARUM FROM THE USA***

par Jean **Pinon**<sup>1</sup>, William **MacDonald**<sup>2</sup>, Mark **Double**<sup>2</sup> et Frank **Tainter**<sup>3</sup>

**INTRODUCTION : PRÉSENTATION DE LA MALADIE**

La seconde épidémie de graphiose de l'Orme en Europe, intervenue au cours des années soixante-dix, avait clairement montré la gravité d'une épidémie provoquée par un agent de trachéomycose sur des espèces sensibles (13). Aux États-Unis, une maladie semblable affecte les chênes rouges (**dia 1**) dont les représentants adultes peuvent être tués en un an (5). Cette maladie est provoquée par un champignon microscopique (*Ceratocystis fagacearum*) et est communément appelée "oak wilt" ce que nous avons proposé de traduire en Français par "flétrissement américain du chêne" pour éviter une confusion avec des flétrissements du chêne ayant d'autres causes. Aux États-Unis, le parasite est disséminé activement d'arbre en arbre via les greffes de racine (4, 8, 14, 15), des scolytes suceurs de la sève exsudant des plaies (au nord du pays, 7) et des scolytes d'écorce au sud (6). Le maintien du chêne rouge aux États-Unis résulte de l'absence d'insectes vecteurs aussi efficaces que ceux qui transmettent l'agent de la graphiose. Alors que les chênes rouges succombent, les chênes blancs américains sont peu sensibles à résistants (**dia 1**). Contrairement aux chênes rouges ils ne sont généralement pas porteurs des fructifications sous-corticales.

L'Europe a longtemps importé des grumes de chênes d'Amérique avec pour seule exigence des certificats phytosanitaires. Pourtant le comportement des chênes européens envers la maladie n'était pas connu. Quelques semis inoculés aux États-Unis avaient exprimé des symptômes sans que leur importance de ceux-ci ni le devenir de ces semis ne soient mentionnés (1). N'étaient pas renseignés non plus les modes potentiels de propagation de la maladie. Par contre nous savions qu'il n'existait aucune méthode de lutte efficace et applicable en forêt, alors que les chênes constituaient la première essence feuillue de la Communauté Européenne. A la fin des années soixante-dix, nous avons donc sensibilisé le Service de la Protection des végétaux à ce problème qui l'a soumis aux autorités européennes, alors que les directives relatives aux parasites de quarantaine étaient progressivement mises en oeuvre au niveau communautaire. Se constitua aussi un groupe international (*GROW = Group of Research on Oak wilt*) afin de conduire des recherches nécessaires pour mieux estimer le niveau de risque et les moyens de le réduire.

---

<sup>1</sup> INRA Nancy, UR 1139 Pathologie forestière.

<sup>2</sup> West Virginia University, Morgantown, WV, Etats-Unis.

<sup>3</sup> Clemson University, Clemson, SC, Etats-Unis.

### PROTECTION LORS DE L'IMPORTATION DE BOIS DE CHÊNE DES ÉTATS-UNIS.

La réglementation européenne mise en place a prévu une dérogation pour les bois devant, pour des raisons technologiques dont le tranchage, arriver en Europe sans avoir été desséchés et ayant conservé tout ou partie de leur écorce et de l'aubier. Cette dérogation distingue les bois de chênes rouges de ceux de chênes blancs (pas ou peu contagieux). Les premiers doivent être systématiquement fumigés avant de quitter les ports américains alors que cette exigence n'est requise pour les bois de chênes blancs que s'ils arrivent en Europe au cours de la saison de végétation (du 30 avril au 15 octobre).

Une collaboration entre chercheurs allemands et américains a porté sur la mise au point d'une méthode de désinfection des grumes avant leur exportation de manière à tuer le parasite s'il était présent dans le bois (9, 10, 11, 17, 18, 19). Cette méthode est surtout applicable hors des périodes de fortes gelées (20). La désinfection est assurée par la fumigation des bois (en général des grumes ayant conservé leur écorce) par du bromure de méthyle. A l'arrivée de ces bois en Europe un contrôle est conduit sur un échantillon de chaque lot pour vérifier que la fumigation a bien été conduite. La recherche et le dosage de bromure de méthyle ne pouvant constituer un critère fiable, on vérifie que les parties vivantes des grumes ont bien été tuées. Si tel est le cas, le bromure de méthyle n'étant pas sélectif, tout organisme (champignon ou insecte) potentiellement dangereux a donc aussi été neutralisé. Le contrôle de la fumigation est conduit en prélevant avec une tarière de Pressler des carottes comportant l'écorce, le cambium et l'aubier (siège d'une éventuelle infection). Ces carottes sont immergées dans une solution aqueuse à 1% de 2, 3, 5-triphenyl-2H-tetrazolium (16). Aucune coloration n'apparaît si les tissus ont été tués par la fumigation alors que des tissus vivants prennent une coloration rosée.

Lors de l'importation hivernale, la fumigation n'étant pas requise pour les bois de chênes blancs, il convient de vérifier le type botanique des arbres dont le bois est originaire. Une propriété de la lignine a été mise à profit pour développer un test appliqué cette fois au bois de cœur. L'extrémité des grumes est rafraîchie et le bois de cœur est badigeonné avec une solution aqueuse de nitrite de sodium à 10% (12). Le bois des chênes blancs devient alors noir. Les bases de ce règlement figurent dans l'arrêté du 2/09/1993 relatif aux exigences sanitaires des végétaux et produits végétaux et autres objets et la décision 93/467 modifiée en dernier lieu par la décision du 2000/780/CE du 28 novembre 2000 (J.O. C. E. du 09/12/2000).

### RECHERCHES POUR ESTIMER LE RISQUE POUR LA CHÊNAIE EUROPEENNE

Deux questions principales furent posées : comment se disséminerait le champignon en Europe s'il y était introduit et quel serait le niveau de sensibilité des chênes européens.

Séparément, les entomologistes Allemands et Britanniques ont conclu qu'un scolyte européen (*Scolytus intricatus*) était un vecteur potentiel de la maladie, avec une "efficacité" très supérieure à celle des insectes américains et tout à fait comparable à celle des scolytes vecteurs de la graphiose de l'Orme (2, 3, 21, 23, 24). De plus, les recherches britanniques ont confirmé l'existence de greffes naturelles de racines entre chênes en Europe (Gibbs, communication personnelle), ce qui constitue un mode de transmission très efficace localement de la maladie aux États-Unis.

Notre projet consistait à évaluer la sensibilité des chênes européens à cette maladie. Pour ne prendre aucun risque, nous avons conduit nos recherches à l'Université de Virginie occidentale à Morgantown et à celle de Clemson en Caroline du Sud. Ce projet a bénéficié du soutien financier de l'Union Européenne et de l'INRA.

A partir de 1981, des glands de *Quercus ilex*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Q. robur* et *Q. suber* ont été récoltés en Europe (Allemagne, Danemark, France, Grande-Bretagne, Italie, Irlande et Pays-Bas) et centralisés à Nancy. Après un tri sanitaire sévère, un traitement par thérapie (dirigé contre le *Ciboria batschiana*) et un poudrage par un fongicide, ces lots ont été expédiés aux États-

Unis (**dia 9**) avec l'accord des autorités phytosanitaires américaines. Les glands ont été semés dans les pépinières des deux universités précitées, les jeunes plants élevés puis progressivement (1983-85) transplantés pour constituer les deux dispositifs de test. Le chêne vert et le chêne liège n'ont malheureusement pas supporté cette transplantation. Certaines provenances (chênes pédonculés et sessiles) étant représentées par des effectifs élevés, il a été possible en 1987 d'inoculer en pépinière des plants excédentaires afin de préciser des points méthodologiques avant d'engager les tests principaux. Au cours de l'année d'inoculation, ces jeunes plants de chênes européens sont apparus plus sensibles que le chêne blanc américain mais moins que le chêne rouge. Toutefois, l'année suivante et en l'absence de réinoculation, la mortalité est devenue élevée (70 à 80%) et homogène au sein des plants européens. A ce stade, il devenait évident que les jeunes plants de chênes pédonculés et sessiles étaient fortement sensibles sans que l'on puisse étendre ce constat à des arbres plus âgés. Les tests principaux étaient prévus pour répondre à cette question. Initialement ces tests devaient être engagés sur des plants âgés de dix ans. Tenant compte d'une moins bonne croissance des chênes en Caroline du Sud, nous avons repoussé les inoculations et celles-ci ont été conduites en 1996 alors que la majorité des arbres avait atteint l'âge de quinze ans.

Les deux dispositifs cumulaient plus de 1000 arbres dont les trois-quarts étaient d'origine européenne. Les espèces américaines servaient de témoins : *Q. alba* et *Q. rubra*, présents dans les deux sites. En Virginie occidentale figurait une autre espèce du groupe des chênes blancs, *Q. prinus*. En Caroline du Sud, étaient plantés aussi *Q. stellata* (chêne blanc), *Q. falcata*, *Q. nigra*, *Q. phellos*, et *Q. virginiana* (tous chênes rouges). Les méthodes d'inoculations mimèrent les modes potentiels de contamination en Europe (morsures infligées par *Scolytus intricatus* sur les rameaux et transmission par voie racinaire). Il s'agit en pratique de dépôts de suspension de spores de *C. fagacearum* sur des blessures effectuées avec une aiguille à l'extrémité des branches et, pour d'autres arbres, sur des incisions pratiquées à la base des troncs avec un ciseau à bois. De plus, à Morgantown, des arbres témoins ne furent pas inoculés de manière à détecter ultérieurement de possibles contaminations naturelles. Pour tenir compte des différences climatiques entre les deux sites, les inoculations ont été conduites le 29 avril 1996 en Caroline du Sud et les 5 et 6 juin en Virginie occidentale.

Très peu d'arbres ont échappé à l'infection et les premiers symptômes étaient visibles deux à trois semaines après l'inoculation. Chaque arbre a été noté en fonction du pourcentage estimé de symptômes (feuilles en cours de flétrissement, brunes, mortes et tombées) selon un pas de 5 %. Une première notation a été conduite à Clemson cinq semaines après l'inoculation par six notateurs indépendants. Elle a permis de s'assurer de la robustesse de la méthode puisque les notes attribuées par six personnes étaient très fortement corrélées. A ce stade précoce, l'état sanitaire des arbres était assez varié mais certains d'entre eux (y compris des européens) présentaient déjà jusqu'à 80 % de flétrissement pour les inoculations de branche et 90 % pour celles de tiges.

Quelle que soit la date de notation au cours de l'été 1996, aucun effet net des provenances n'est apparu au sein des chênes pédonculés et des sessiles. Toutes les différences statistiques portèrent sur les espèces. Cinq semaines après l'inoculation à Clemson, et pour les inoculations de tiges, chênes pédonculés et sessiles étaient aussi infectés que le chêne blanc (qui l'était d'ailleurs plus que d'habitude). Les chênes pubescents étaient plus atteints mais nettement moins que le chêne rouge. Dans le cas des inoculations de branches, chênes pubescents et blancs étaient comparables, les pédonculés et surtout les sessiles présentaient plus de symptômes mais moins que les chênes rouges. Trois mois après l'inoculation les symptômes avaient fortement évolué (**dia 14**). A la suite des inoculations de tiges, chênes pédonculés et sessiles étaient significativement plus atteints que le chêne blanc mais moins que le chêne rouge (totalement flétri). Les chênes pubescents ne se distinguaient pas de ce dernier. Dans le cas des inoculations de branches, chênes pubescents et pédonculés étaient à un niveau intermédiaire entre chêne blanc et chêne rouge alors que le sessile était indistinct du chêne rouge.

A Morgantown, cinq semaines après les inoculations et pour les deux méthodes d'inoculations, chênes sessiles et pédonculés étaient fortement et significativement plus atteints que

le chêne blanc. Après inoculation de tige, ils étaient significativement un peu moins touchés que le chêne rouge bien qu'indistincts de lui pour les inoculations de branche. Fin septembre, les deux espèces européennes dépassaient les 90 % de flétrissement et neuf cas de transmission racinaire étaient visibles (**dia 11**).

Des notations ont été conduites les années suivantes, en l'absence de nouvelle inoculation, afin de savoir si les chênes européens seraient capables de guérir. A Clemson en 1997, les chênes européens (pubescents, sessiles et pédonculés), inoculés sur tige l'année précédente, présentaient des symptômes importants (de l'ordre de 75 à 90 % en moyenne) à peine moins développés que ceux des chênes rouges et beaucoup plus que ceux des chênes blancs américains (moins de 40 %). Début 1998 on notait une aggravation, les symptômes affectant plus de 80 % du feuillage (**dia 15**). En seconde année à Morgantown, les symptômes n'avaient guère progressé sur les chênes blancs américains (*Q. alba* et *Q. prinus*), témoins d'un bon niveau de tolérance à la maladie, quel que soit le mode d'inoculation. La mortalité restait très limitée et la majorité des arbres vivants demeurait indemne de tout symptôme de flétrissement. Uniquement chez ces deux espèces, une différence résultait du mode d'inoculation. Ainsi, seule l'inoculation sur tige conduisait à la récurrence de symptômes de flétrissement chez quelques arbres de l'espèce *Q. alba*. Quel que soit le type d'inoculation, tous les chênes rouges (*Q. rubra*), témoins de sensibilité, étaient morts dès la notation de juin 1997. Malheureusement, les chênes sessiles et pédonculés étaient quasiment dans le même état (**dia 12**). Tous les sessiles étaient morts, y compris à la suite des inoculations de branche. Parmi les pédonculés, deux arbres (sur 90 arbres inoculés) demeuraient vivants à la suite des inoculations de branche et un seul (sur 92) après les inoculations de tige. Ces trois arbres présentaient des symptômes de flétrissement. Il n'apparaît donc aucune différence significative entre nos deux espèces indigènes et le chêne rouge dans ce site.

Les arbres témoins (non inoculés en 1996 à Morgantown) permettaient d'apprécier le risque de propagation du parasite par la voie de greffes racinaires. Les témoins étaient plantés en lignes, alternant avec celles des plants inoculés. Fin 1996, quelques cas de ce type de transmission avaient déjà été observés. La situation n'avait guère évolué en 1997 pour les espèces américaines puisque tous les témoins vivants lors des inoculations de 1996 l'étaient toujours en 1997, même si des cas de flétrissement étaient observés. A l'inverse, la situation des chênes européens s'était fortement dégradée. Des arbres avaient présenté des symptômes de flétrissement mais surtout des taux élevés de mortalité avaient été relevés dès juin : 32 % pour les pédonculés et 30 % chez les sessiles (**dia 13**). Ces mortalités sont attribuables à la transmission de la maladie par les greffes racinaires. Par ailleurs des arbres vivants présentaient des symptômes de flétrissement.

## CONCLUSION

Bien que les chênes européens appartiennent botaniquement au groupe des chênes blancs, leur sensibilité les rapproche du groupe des rouges. Les symptômes les plus graves observés sur les chênes européens ont concerné le site de Morgantown qui est le plus proche climatiquement des zones d'Europe moyenne où croissent les chênaies de grande valeur. Dans ce site, aucun chêne européen n'a été capable de guérir et la maladie s'est propagée vers les arbres non inoculés entraînant leur mort. Au Sud, où la température estivale est défavorable au champignon (22), les chênes européens ont tout de même présenté des symptômes importants et aucune rémission n'a été observée en seconde et troisième année. De plus il a été prouvé à Morgantown, que la transmission racinaire de la maladie était active entre chênes européens et conduisait à leur mort. Dans les deux sites, aucun effet provenance n'a pu être mis en évidence au sein des chênes sessiles ou pédonculés et les effets individuels ont été très modestes. La population européenne apparaît donc sensible de manière homogène.

Il en résulte que *C. fagacearum* ne doit pas être introduit en Europe puisque nos chênes sont sensibles et que ce parasite y bénéficierait d'un insecte vecteur potentiel (*S. intricatus*). Symétriquement, l'introduction de ce vecteur aux États-Unis aurait probablement des conséquences très graves pour les chênes rouges. La réglementation européenne est conçue de manière efficace (sans entraver le commerce international) et l'élargissement de l'Union Européenne va permettre à cette réglementation de concerner bientôt l'essentiel du continent européen. Dès lors l'enjeu est sa stricte application qui exige d'être examinée de nouveau pour tenir compte de l'expérience acquise, identifier d'éventuelles difficultés et s'assurer que les nouveaux contrôleurs sont formés comme le furent leurs prédécesseurs lors d'un stage animé par le Service de la Protection des végétaux et l'INRA.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) BRETZ T.W., 1955. - Some additional native and exotic species of fagaceae susceptible to oak wilt. *Plant dis. rep.* **39**, 495-497.
- (2) DOGANLAR M., SCHOPF R., 1984. - Some biological aspects of the European oak bark beetle, *Scolytus intricatus* (Ratz.) (Col., Scolytidae) in the northern parts of Germany (BRD). *Z. Angew. Entomol.*, **97**, 153-162.
- (3) DOGANLAR M., SCHOPF R., BOMBOSCH S., 1984. - The occurrence of potential vectors of oak wilt disease in southern Lower Saxony (central Europe). *Entomol. gen.*, **10**, 35-46.
- (4) EPSTEIN A.H., 1978. - Root graft transmission of tree pathogens. *Annu. rev. phytopathol.*, **16**, 181-192.
- (5) GIBBS J.N., LIESE W., PINON J., 1984. - Oak wilt for Europe? *Outlook agric.* **13**, 203-207.
- (6) GIBBS J.N., FRENCH D.W., 1980. - The transmission of oak wilt. Research Paper, North-Central-Forest-Experiment-Station, USDA Forest-Service, No. NC-185, 17 pp.
- (7) JUZWIK J., FRENCH D.W., JERESEK J., 1985. - Overland spread of the oak wilt fungus in Minnesota. *J. arboric.*, **11**, 323-327.
- (8) LEONG S.R., MacDONALD W.L., 1980. - A study of root-graft transmission of *Ceratocystis fagacearum* in red oak seedlings. American Phytopathological Society, Potomac Division: Abstracts. *Phytopathology*, **70**, 690.
- (9) LIESE W., KNIGGE H., RUTZE M., 1981. - Fumigation experiments with methyl bromide on oak wood. *Mater. org.*, **16**, 265-280.
- (10) LIESE W., RUETZE M., 1985. - Development of a fumigation treatment of oak logs against *Ceratocystis fagacearum*. *EPPO bull.*, **15**, 29-36.
- (11) MacDONALD W.L., SCHMIDT E.L., HARNER E.J., 1985. - Methyl bromide eradication of the oak wilt fungus from red and white oak logs. *For. prod. j.*, **35**, 11-16.
- (12) MILLER R.B., QUIRK J.T., CHRISTENSEN D.J., 1985. - Identifying white oak logs with sodium nitrite. *For. prod. j.*, **35**, 33-38.
- (13) PINON J., FEUGEY L., 1994. - La graphiose de l'Orme : une maladie à causes bien identifiées. *Rev. for. fr.*, **5**, 422-430.
- (14) REXRODE C.O., 1978. - Movement of oak wilt fungus in a tracer solution under pressure through root grafts. *Plant dis. rep.*, **62**, 982-984.
- (15) REXRODE C.O., FRAME R.E., 1977. - Root graft incidence at oak wilt sites in West Virginia. Cacodylic acid reduces the spread of oak wilt. *Plant dis. rep.*, **61**, 970-971.
- (16) RUETZE M., LIESE W., 1985. - A postfumigation test (TTC) for oak logs. *Holzforschung*, **39**, 6, 327-330.
- (17) RUTZE M., LIESE W., 1983. - Fumigation of oak logs with methyl bromide for control of *Ceratocystis fagacearum*. *Holz zentralbl.*, **109**, 1533-1535.
- (18) SCHMIDT E.L., RUTZE M.M., FRENCH D.W., 1982. - Methyl bromide treatment of oak wilt infected logs: laboratory and preliminary field fumigations. *For. prod. j.*, **32**, 46-49.
- (19) SCHMIDT E.L., 1982. - Methyl bromide eradication of the oak wilt fungus from lumber. *Int. j. wood preserv.*, **2**, 123-126.
- (20) SCHMIDT E.L., 1983. - Minimum temperature for methyl bromide eradication of *Ceratocystis fagacearum* in red oak log pieces. *Plant dis.*, **67**, 1338-1339.
- (21) SCHOPF R., STRAMM J., DOGANLAR M., 1984. - Zur möglichen Verbreitung des amerikanischen Eichenwelkepilzes (*Ceratocystis fagacearum*) durch Insekten im norddeutschen Raum. *Forstarchiv.*, **55**, 103-106.
- (22) TAINTER F.H., HAM D.L., 1983. - The survival of *Ceratocystis fagacearum* in South Carolina. *Eur. j. for. pathol.*, **13**, 102-109.
- (23) YATES M.G., 1981. - Annual report 1980. Report, Institute of Terrestrial Ecology, United-Kingdom, 141 pp.
- (24) YATES M.G., 1984. - The biology of the oak bark beetle, *Scolytus intricatus* (Ratzeburg) (Coleoptera: Scolytidae), in southern England. *Bull. entomol. res.*, **74**, 569-579.