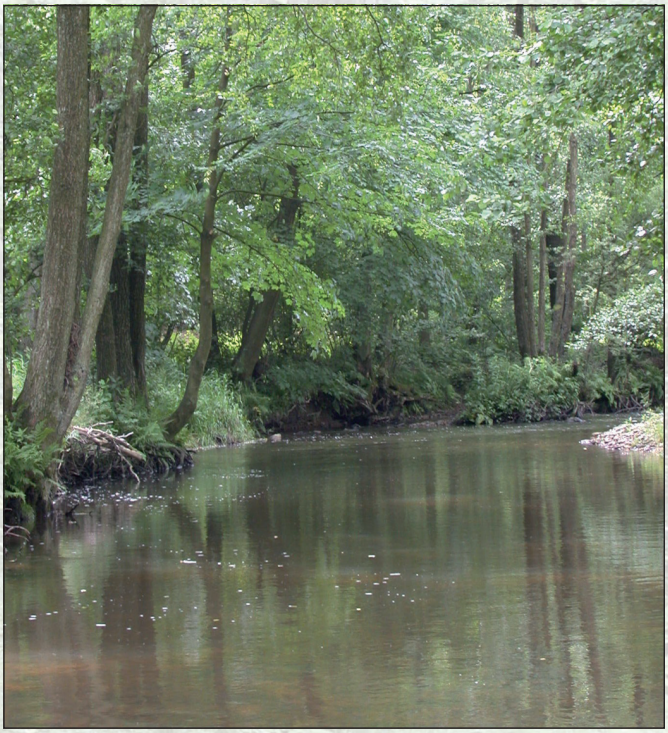
Le dépérissement de l'aulne en Wallonie

par Natacha Debruxelles[1], Anne Chandelier[2], Edwin Dufays[1,2], Hugues Claessens[1], Marc Cavelier[2], Jacques Rondeux[1]

INTRODUCTION

Cette fiche technique est le produit d'une convention de recherche menée conjointement par la Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (FUSAGx – Unité de Gestion des Ressources forestières et des Milieux naturels) et le Centre de Recherche Agronomiques (CRA-W- Département de Lutte biologique et Ressources phytogénétiques) et financée par la Division de l'eau (DGRNE- Div. de l'eau- Direction des cours d'eau non navigables).

Elle présente le dépérissement de l'aulne (cycle de la maladie, symptômes) et son évolution en Wallonie, ainsi que les recommandations de gestion des cordons rivulaires atteints. Elle est construite à partir de deux articles publiés en 2007 dans la revue SILVA BELGICA (114-3 et 4).



RÔLE DE L'AULNE GLUTINEUX DANS LES CORDONS RIVULAIRES (MASSON ET AL., 1984)[1]

L'aulne glutineux est l'essence de base des ripisylves.

Son enracinement puissant, basé sur de nombreux pivots secondaires, fixe solidement le sol, sur de grandes profondeurs, même dans les milieux engorgés. Il favorise ainsi la stabilité des berges. Les sous-berges qui se développent dans les racines d'aulnes constituent également des habitats de premier choix pour la faune piscicole.

Son couvert léger limite l'éclairement du cours d'eau et en régule ainsi la température, tout en permettant le développement d'une végétation ripicole et aquatique. Sa fane est une des meilleures en terme de qualité nutritionnelle et permet d'accroître, parfois de manière importante, les capacités nutritives du cours d'eau (Claessens, 2005) [2].

IMPORTANCE DE L'AULNE GLUTINEUX LE LONG DES COURS D'EAU

L'aulne glutineux est l'essence la plus représentée le long des cours d'eau wallons (Mouchet, 2004)[3]. En effet, au cours de l'inventaire des cours d'eau de Wallonie réalisé en 2002, l'aulne, toutes strates confondues, a été observé dans plus de 40% des 498 placettes inventoriées.

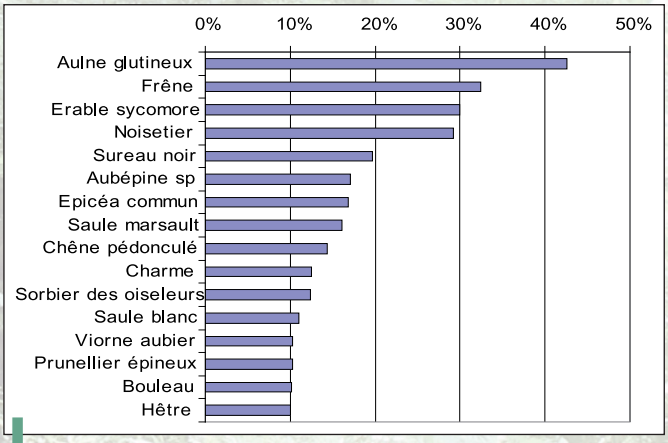


***Figure 1** : Liste des essences les plus fréquentes le long des cours d'eau (rencontrées au moins dans 10% des unités d'échantillonnage).*

Sur base du même inventaire, on estime que près de 1.35 millions d'aulnes bordent les cours d'eau wallons, soit l'équivalent du nombre d'aulnes en forêt. Ces aulnes sont presque aussi souvent des cépées (46%) que des franc-pieds (54%).

[1] Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux – Unité de Gestion des Ressources forestières et des Milieux naturels.

[2] Centre wallon de Recherche Agronomiques – Département de Lutte biologique et Ressources phytogénétiques.

Recherches financées par la Région wallonne - DGRNE - Division de l'Eau

Centre Wallon de Recherches Agronomiques Département Lutte biologique et Ressources phytogénétiques

gembloux faculté universitaire des sciences agronomiques
Unité de Gestion des Ressources forestières et des Milieux naturels

SILVA BELGICA

PRÉSENTATION DE LA MALADIE DE L'AULNE

La maladie de l'aulne, causée par un *Phytophthora*, a été signalée pour la première fois en Angleterre en 1993 (Gibbs, 1995[4]). En Belgique, le premier signalement date de 1999 (Cavelier et al, 1999[5]). Un inventaire réalisé en Wallonie en 2002 sur 184 placettes situées le long des cours d'eau wallons a démontré que la maladie était présente sur tout le réseau hydrographique puisque 63% des placettes inventoriées comptaient des aulnes présentant des symptômes. Sur plus de 1000 aulnes décrits, près de 27% présentaient des symptômes de la maladie (Debruxelles et al., 2003[6]).

56 placettes contenant au minimum 5 aulnes ont été visitées annuellement entre 2002 et 2006. Une progression des symptômes a été observée entre 2002 et 2004. En 2004, 41% des aulnes inventoriés présentaient des symptômes de la maladie (feuilles réduites, jaunâtres, éclaircissement du houppier ou présence de nécrose(s) à la base du tronc). En 2005, le nombre d'aulnes présentant des symptômes était moindre, suggérant que certains arbres avaient été capables de surmonter une attaque du *Phytophthora* ou que les conditions météorologiques étaient défavorables à l'expression des symptômes de la maladie et/ou à la survie de l'agent pathogène. Le taux de mortalité est d'environ 3% chaque année, ce qui est similaire à la situation décrite en Angleterre, et témoigne de la gravité du problème (Figure 2).

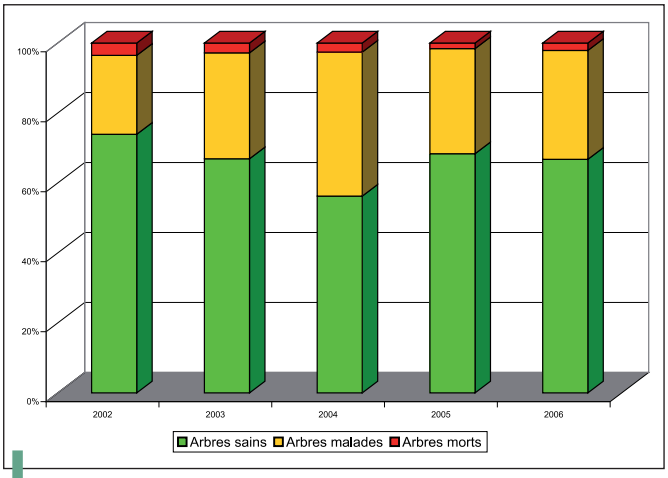


***Figure 2** : Evolution de la maladie entre 2002 et 2005 en Wallonie (échantillon de 56 placettes d'inventaire, moyenne de 383 arbres observés chaque année).*

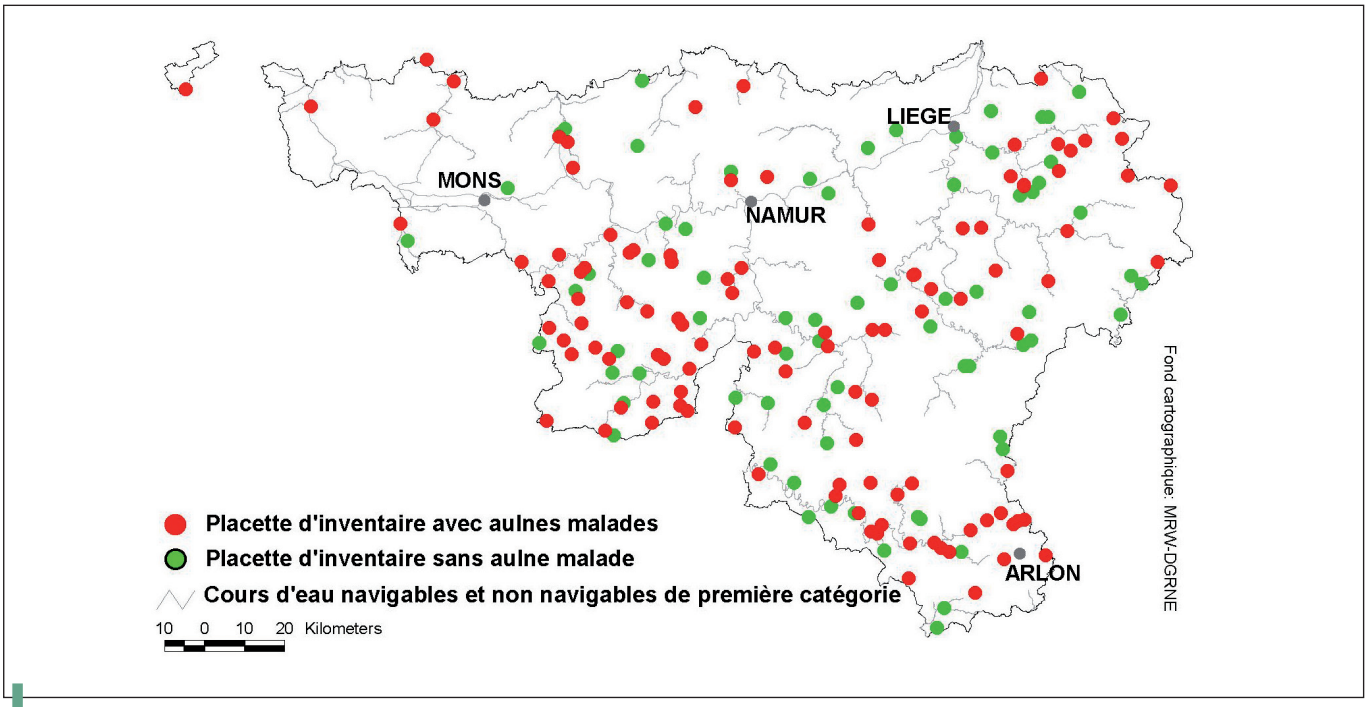


***Figure 1**: Répartition des placettes d'inventaires où des aulnes ont été inventoriés (en vert, placettes sans aulne malade, en rouge, placettes avec aulnes malades).*

IDENTIFICATION DES SYMPTÔMES DE LA MALADIE DE L'AULNE

Phytophthora alni infecte la plante à la base du tronc (parfois jusqu'à 1 ou 2 mètres du collet, et plus rarement au niveau des racines). Il détruit les tissus conducteurs, ce qui perturbe la circulation de la sève. Les symptômes sont donc de 2 types : des symptômes sur le tronc (effet direct) et des symptômes foliaires (effet indirect). Le diagnostic de l'état sanitaire de chaque arbre constitue une phase préalable essentielle dans la gestion des dépérissements.

A. DESCRIPTION DES SYMPTÔMES

• Symptômes corticaux

***Figures 1 et 2** : Présence de taches de teinte noire ou rouille parfois suintantes, à la base du tronc ou sur les premiers mètres.*

***Figure 3**: Sous l'écorce, présence d'une nécrose brunâtre dont les bordures sont limitées par un fin liseré plus sombre.*

• Symptômes foliaires

***Figure 4** : Cordon d'aulnes présentant différents niveaux d'infection (différentes morphologies de houppier).*
***1** = arbre sain,*
***2** = arbre présentant des feuilles jaunâtres et de petite taille,*
***3** & **4** = arbres présentant une cime claire (houppier dégarni).*
[la Salm à Grand-Halleux]

***Figure 5:** Caractérisation des symptômes foliaires. **A** : Cime claire avec présence de branches mortes.*
***B**: Feuilles de teinte jaunâtre à jaune selon les sujets et les conditions d'observation. **C**: Feuilles de taille réduite*

B. EVALUATION DU DEGRÉ DE DÉPÉRISSEMENT D'UN AULNE

• Quels symptômes et quand effectuer les observations ?

Les taches qui apparaissent sur le tronc, avec éventuellement des écoulements noirâtres, sont les symptômes directs d'une infection par le *Phytophthora*. Cependant, ces symptômes peuvent être masqués, voire effacés par des pluies abondantes.
Bien que moins spécifiques d'une infection par un *Phytophthora*, les symptômes foliaires sont plus faciles à observer et constituent malgré tout un bon témoin de l'état de santé de l'arbre.
La démarche utilisée pour évaluer le degré d'infection des aulnes se base donc surtout sur l'état du houppier. La période propice à l'observation des symptômes foliaires se situe à la fin de l'été, en août - septembre.

• Comment déterminer le niveau de dépérissement ?
L'échelle à 5 niveaux décrite ci-dessous permet à l'opérateur d'évaluer le degré de dépérissement d'un aulne.

Niveau 1 : Aulne sans symptôme
Houppier bien garni, feuilles vertes de taille normale et absence de nécroses corticales

Niveau 2: Aulne avec des symptômes légers
Houppier légèrement éclairci ou feuilles jaunâtres.
Ce niveau n'est pas toujours facile à détecter

Niveau 3 : Aulne avec symptômes marqués
Combinaison de plusieurs symptômes :

Nécrose	Houppier	Taille des feuilles	Coloration des feuilles
Absente	Normal	**Réduite**	Normale
Absente	Normal	**Réduite**	**Jaunâtre**
Absente	**Cime claire**	Normale	**Jaunâtre**
Absente	**Cime claire**	**Réduite**	Normale
Absente	**Cime claire**	**Réduite**	**Jaunâtre**
Présente	Normal ou Cime claire	Normal ou réduite	Normale ou jaunâtre

Niveau 4 : Aulne mourant
Présence d'un houppier dégarni à plus de 50%

Niveau 5 : Arbre mort

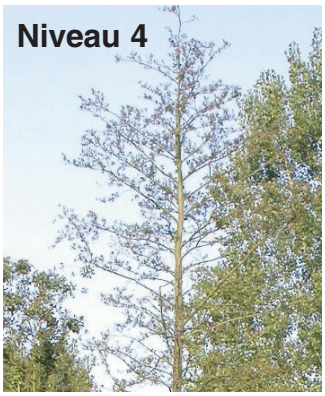
FUSAGX – N. Debruxelles

CRA-W– S. Abras

FUSAGX – N. Debruxelles

FUSAGX – N. Debruxelles

FUSAGX – N. Debruxelles



FUSAGX – N. Debruxelles

C. IMPORTANCE DE LA PHASE DE DIAGNOSTIC DANS LA GESTION DE LA MALADIE

Le suivi des arbres sur pied et des souches recépées a montré que, selon le niveau de dépérissement (échelle de 1 à 5), les modalités de gestion mais aussi le degré d'urgence de l'intervention pouvaient être différents. Ainsi, si l'on compare entre deux années successives les symptômes foliaires d'une part et la faculté de recépage d'autre part, on constate que :

- **la plupart des arbres de niveau 2 (symptômes légers)** ne présentent plus nécessairement de symptômes foliaires l'année suivante. Il n'est donc pas urgent d'intervenir, d'autant plus qu'il n'est pas certain qu'il s'agisse dans tous les cas d'une infection par le *Phytophthora*
- **les arbres de niveau 3 (symptômes marqués)** conservent généralement (dans 75 % des cas) leurs symptômes l'année suivante mais ont toujours une excellente capacité à rejeter de souche ;
- **les arbres de niveau 4 (arbres mourants)** ont atteint un niveau de dépérissement tel que leur capacité de rejeter de souche s'est fortement amoindrie. Le recépage, même s'il reste possible, n'est donc plus à conseiller.

En conclusion, les interventions devraient être focalisées sur les arbres de niveau 3.

L'AGENT PATHOGÈNE *PHYTOPHTHORA ALNI*

1. QUELLE EST L'ORIGINE DE *PHYTOPHTHORA ALNI* ?

Phytophthora alni est une nouvelle espèce de *Phytophthora* que l'on pourrait qualifier de «mutant» issu d'un croisement entre deux espèces de *Phytophthora* génétiquement proches. A l'heure actuelle, l'origine du croisement reste inconnue. Toutefois, l'étude de cernes d'accroissement chez des aulnes rivulaires en Angleterre et en Allemagne montre que les premières infections pourraient avoir eu lieu au début des années 80, la maladie ne devenant «visible» (car ayant pris des proportions épidémiques) que 10 ans plus tard.

L'espèce *Phytophthora alni* est subdivisée en 3 sous-espèces, *P. alni* subsp. *uniformis, P. alni* subsp. *multiformis et P. alni* subsp. *alni*, cette dernière étant la plus agressive et la plus fréquente en Wallonie (plus de 80% des souches de *P. alni,* De Merlier et al. [7]), les deux autres sous-espèces étant également présentes mais de manière plus sporadique (Figure 3).

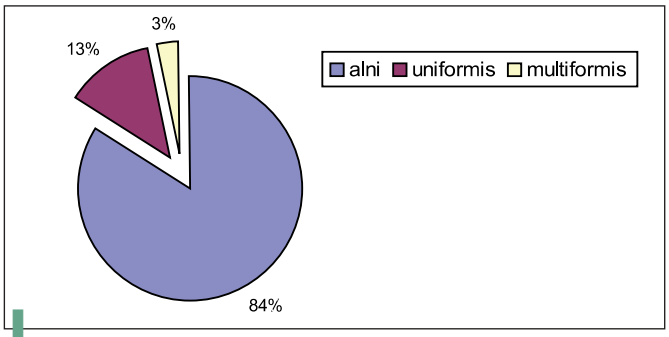


Figure 3 *: Répartition des 3 sous-espèces de Phytophthora alni en Wallonie (souches collectées entre 2001 et 2003).*

2. QUELLES SONT LES PLANTES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE INFECTÉES PAR *PHYTOPHTHORA ALNI* ?

Des tests d'infection ont été réalisés en serre sur toute une série d'espèces ligneuses rencontrées en Wallonie (*Acer pseudoplatanus, Fraxinus excelsior, Quercus robur, Carpinus betulus, Fagus sylvatica, Salix fragilis, Salix alba, Populus tremula, Betula pubescens, Prunus avium, Alnus glutinosa, A. incana, A. cordata*). Seules les espèces du genre *Alnus* se sont révélées sensibles à la maladie (Figure 4).

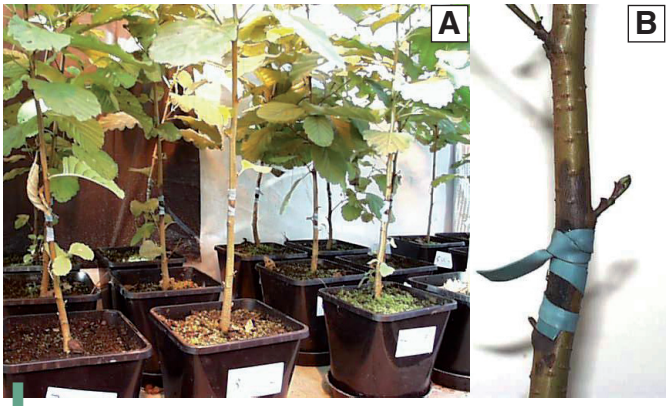


Figure 4 *:Tests d'inoculation réalisés sur des plantes ligneuses en container (plantes âgées de 2 ans),*
A*: Dispositif installé en serre (conditions contrôlées)*
B*: Résultat de l'inoculation réalisée par blessure au niveau de la tige d'un aulne glutineux (nécrose corticale)*

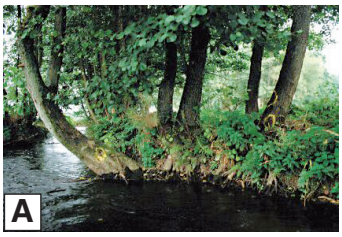
3. COMMENT SE PROPAGE LA MALADIE ?

❖ *Rôle de l'eau de rivière*

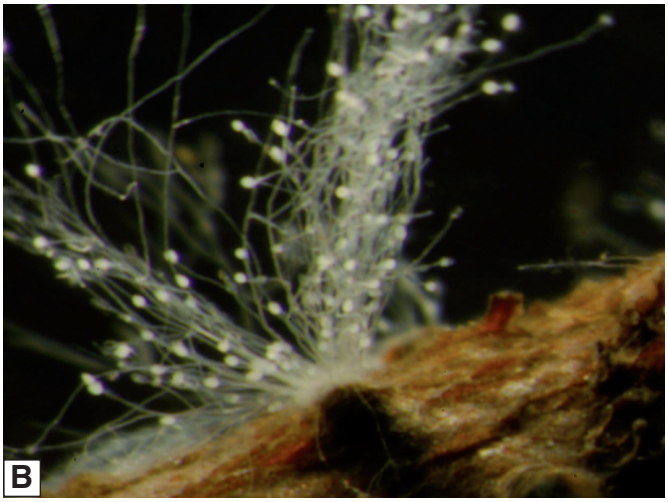
Toutes les études menées en Europe démontrent que dans la majorité des cas, ce sont les **cordons d'aulnes rivulaires** qui sont touchés par la maladie ; les aulnes situés en milieu forestier et non soumis à des inondations n'étant que rarement infectés. Une étude réalisée en Allemagne a montré que dans le cas d'infection en dehors du cours d'eau, seules **les plantations** étaient touchées, les aulnaies issues de régénération naturelle (par semis) étant saines. La plantation d'aulnes malades semble donc à l'origine des infections en milieu forestier. Le mode de dispersion de la maladie a été confirmé en Bavière où des contrôles ont mis en évidence la présence de plants infectés par le *Phytophthora* dans les pépinières arrosées avec de l'eau puisée dans le cours d'eau. Ces observations témoignent de l'importance de l'eau de rivière dans le cycle de développement de la maladie.

❖ *Mécanisme d'infection dans le cours d'eau*

La figure 4 présentée ci-dessous illustre la séquence des événements



1) Lorsque le niveau de l'eau augmente (en cas de pluies abondantes), les parties nécrosées situées à la base du tronc des arbres infectés se trouvent au contact de l'eau de rivière (phase A).



2) Ce contact déclenche la production de sporanges à partir du mycélium du *Phytophthora* présent sous l'écorce. Ces sporanges (sorte de petits sacs) sortent de l'écorce *via* les lenticelles (phase B) et à maturité (quelques heures) libèrent des zoospores très mobiles dans l'eau.

3) Celles-ci, transportées par le courant, vont infecter des arbres situés en aval, soit au niveau du tronc (à une hauteur qui va dépendre du niveau de l'eau durant les crues) (phase C), soit plus rarement au niveau de racines adventives non subérisées produites par l'aulne pour éviter l'asphyxie lors des crues (phase D).

4. QUELS SONT LES FACTEURS DE RISQUE ?

❖ *Les modifications du niveau de l'eau (inondations)*

Les crues interviennent à 3 étapes dans la dissémination de la maladie :

- Pour déclencher la production de zoospores à partir de mycélium présent sous l'écorce
- Pour assurer le transport rapide des zoospores en aval dans le cours d'eau
- Pour permettre l'infection
  - au niveau du tronc,
  - au niveau de racines adventives que l'arbre émet pour résister à une asphyxie racinaire en cas d'inondation prolongée,
  - au niveau de blessures occasionnées aux grosses racines lignifiées par des matériaux transportés par le courant lors de crues importantes.

❖ *La température de l'eau et la présence de bactéries*

Pour produire des zoospores, *Phytophthora alni* a besoin d'eau de rivière à une température suffisante. Une étude menée sur deux cours d'eau de Wallonie a montré que la production de sporanges était maximale en été, lorsque la température de l'eau était la plus élevée. Par contre, en hiver, lorsque la température était inférieure à 5°C, il n'y avait aucune sporulation (Figure 5)[8] (Chandelier et al.).

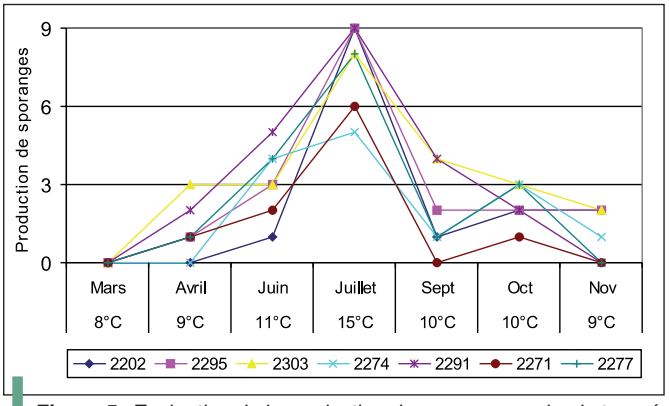


***Figure 5** : Evaluation de la production de sporanges selon la température de l'eau [échelle de 0 (pas de sporanges) à 9 (plus de 300 sporanges par cm²)], échantillons d'eau prélevés à différentes périodes de l'année 2004 dans la rivière Orneau (à Gembloux), 7 isolats de P. alni évalués.*

L'effet de la température de l'eau sur la sporulation doit être mis en parallèle avec la présence de **bactéries** dans le cours d'eau : en l'absence de bactéries, *P. alni* ne sporule pas.

❖ *Les sources d'infection*

Des infections allant de l'aval vers l'amont ont aussi été observées mais plus rarement. Elles résultent probablement de **l'introduction de sources d'infection** (plantation d'aulnes malades ou introduction de poissons en provenance d'une rivière infectée), ou de l'intervention d'autres **vecteurs** potentiels tels les canards ou du bétail ayant accès à la rivière.

Le transport de **terre** d'une zone infectée vers une zone saine est également possible (via les roues d'engins, les chaussures,…). Cette terre est potentiellement infectée par *P. alni* car des essais de piégeage ont permis d'isoler l'agent pathogène à partir de terre prélevée à proximité d'arbres infectés (figure 6).

***Figure 6.** Piégeage de Phytophthora alni à partir d'un échantillon de sol. Utilisation de feuilles de rhododendrons pour piéger l'agent pathogène.*

La survie de *P. alni* est probablement limitée dans le sol car une étude anglaise a montré que les oospores (spores sexuées, considérées comme structures de résistance, figure 7) étaient incapables de germer (Delcan et Brasier, 2001)[9].

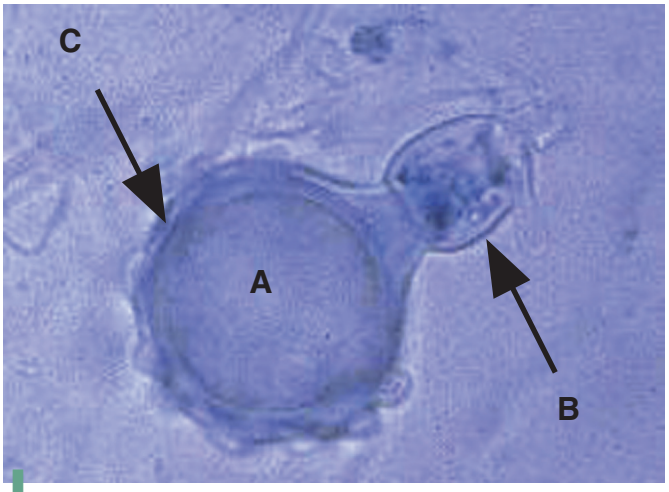


***Figure 7.** Production d'une oospore (spore sexuée, **A**) chez P. alni. Rencontre des organes mâle (anthéridie, **B**) et femelle (oogone, **C**).*

RECOMMANDATIONS DE GESTION DES CORDONS D'AULNES DÉPÉRISSANTS

Le recépage permet, dans certains cas, de maintenir la souche vivante et d'assurer la continuité de ses fonctions, puisque les rejets de souche qui apparaissent après l'abattage sont généralement sains.

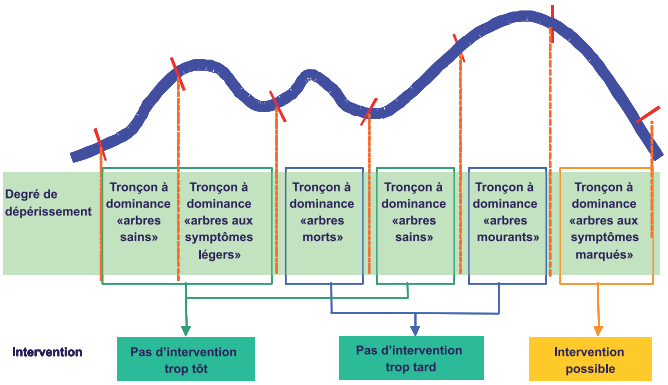
Toutefois, si le recépage des aulnes malades permet de les assainir, il ne permet pas de freiner l'évolution de la maladie étant donné l'importance des aulnes atteints et les risques de réinfections via le cours d'eau.

PRINCIPES GÉNÉRAUX EN CAS D'ABATTAGE

- **Pour assurer une bonne reprise de la souche**,
  - Assurer une bonne mise en lumière de la souche : Recéper par petites trouées de maximum 20 m de long Eviter des gestions « arbre par arbre » (sauf si l'éclairement est important).
  - Effectuer le recépage des aulnes avant un stade de dépérissement trop avancé c'est-à-dire en général avant le stade « aulne mourant » (niveau 4).
  - Recéper entièrement les souches, ne pas laisser de « tires-sèves » car ils diminuent la capacité à rejeter.
- **Pour limiter la dispersion du *Phytophthora* via le cours d'eau**
  - Effectuer les opérations d'abattage plutôt en hiver pour éviter que les parties de plantes infectées rejetées dans la rivière ne participent à la dispersion de la maladie via les zoospores.

MÉTHODOLOGIE : CAS CLASSIQUES

1) Evaluer le long du cours d'eau l'état sanitaire des aulnes (à l'aide de l'échelle de dépérissement décrite en page 4).



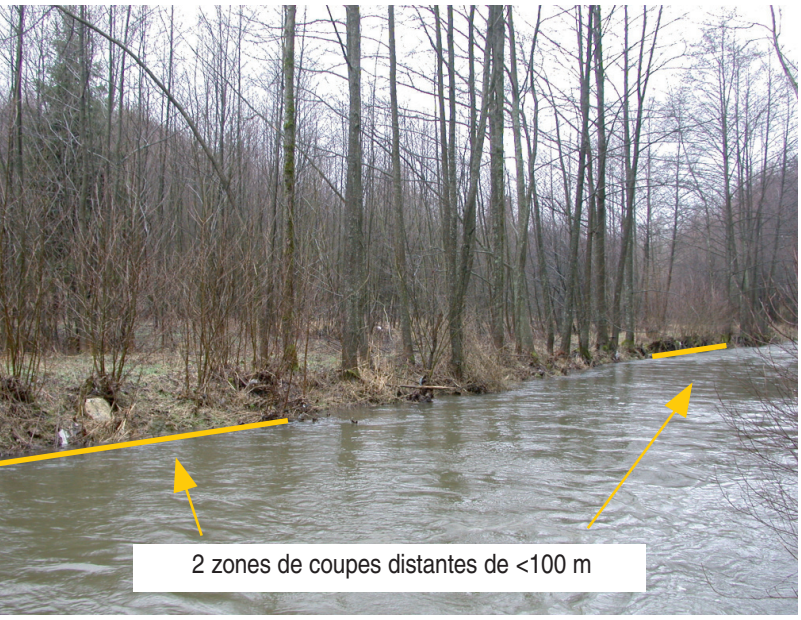
2) Délimiter des petits groupes d'aulnes contenant de nombreux individus aux symptômes marqués et qui pourraient faire l'objet d'une « petite trouée » ;
3) Décider de l'opportunité de réaliser les trouées sur chaque petit groupe de souches en fonction de l'importance d'éclairement car celui-ci conditionne la vigueur des rejets.

L'éclairement disponible pour les souches doit être estimé en considérant :
- l'occupation du sol de part et d'autre du cours d'eau,
- le type de cordon (densité, composition, structure) sur la rive opposée,
- l'exposition du tronçon.

Plus particulièrement, si la mise en lumière des souches s'avère être limitée, disposer les « petites trouées » en vis-à-vis sur les deux berges plutôt que sur une berge ou en quinconce. Veiller à espacer les zones de coupe à blanc le long du cours d'eau selon la physionomie du milieu afin de maintenir une diversité de structure (composition, âge,..).

MÉTHODOLOGIE : CAS PARTICULIERS

- ***Cordon fort atteint (moins de 25% d'aulnes sans symptôme)***
  - Augmenter la longueur des trouées. Cette augmentation devra cependant être nuancée selon les situations par l'exposition sud du cours d'eau, l'ombrage des éléments voisins (cordon de la rive opposée, milieu adjacent,…), l'encaissement du cours d'eau, etc. de manière à ne pas trop perturber les conditions d'exposition (ombrage/ensoleillement) de la rivière.



© N. Debruxelles

  - Diminuer la distance entre 2 trouées (voir photo ci-dessus), tout en veillant à maintenir entre deux trouées une ripisylve continue d'au moins deux fois la longueur de la trouée.

- ***Cordon mélangé :***

  Pour maintenir la diversité :
  - Réaliser les trouées dans les zones composées majoritairement d'aulnes (min 75%).
  - Installer les limites des « petites trouées » en amont ou en aval des autres essences.

- ***En milieu forestier :***
  - Si le couvert est dense : intervention sur le cordon à l'occasion des coupes dans les peuplements adjacents.
  - Si le couvert est léger ou si le cours d'eau est large assurant un éclairement suffisamment important de la zone riveraine : intervention par petites trouées selon le schéma général présenté.

- ***En prairie :***

Absence de clôture : pas d'abattage sauf si pose d'une clôture empêchant l'abroutissement des rejets par le bétail.

RECOMMANDATIONS TECHNIQUES POUR LA RÉALISATION DES ABATTAGES D'AULNES

QUAND EFFECTUER LES ABATTAGES ?

Les abattages seront réalisés préférentiellement **en hiver** pour deux raisons :

- Pour maintenir intact le potentiel de rejet de la souche.
- Pour éviter l'augmentation du potentiel infectieux de l'eau de rivière lors du rejet de bois de taille dans le cours d'eau (pas ou peu de production de zoospores de *Phytophthora alni* en hiver car la sporulation est conditionnée par la température du cours d'eau.

COMMENT RÉALISER L'ABATTAGE ?

- Réaliser une coupe nette, franche et légèrement oblique pour favoriser l'évacuation de l'eau.
- Couper le plus bas possible pour permettre aux rejets de développer un enracinement indépendant, c'est-à-dire :

© N. Debruxelles

  - pour les franc-pieds (FP) : juste au-dessus du niveau du collet ;
  - pour les cépées (CP) : juste au-dessus de l'insertion des brins, ou à 20 cm du sol dans le cas d'une insertion des brins à plus de 50 cm du sol.
- Recéper les cépées dans leur entièreté :
  - ne pas laisser de « tire-sèves » qui affaiblissent la souche ;
  - éviter des coupes sélectives (furetage) de brins malades au sein d'une cépée car cela n'empêche pas le développement de la maladie.
- Tous les recépages effectués dans une zone d'accès par le bétail doivent être protégés par une clôture contre l'abroutissement.

QUE FAIRE DES RÉMANENTS ?

L'utilisation du bois d'aulne comme combustible direct (bois de chauffage) ou indirecte (fabrication de pellets ou plaquettes), représente une valorisation très intéressante car *Phytophthora alni* ne résistant pas aux hautes températures de la combustion, tout risque de contamination ou propagation de la maladie est écarté.

• La bille de pied

Idéalement, les billes de pied portant des nécroses, tout comme les éventuels rejets infectés seront éloignées du cours d'eau. Ils pourront servir de bois de chauffage. Toutefois, si les abattages sont effectués en hiver, le risque de « contamination » de la rivière (par production de zoospores à partir des zones nécrosées) est pratiquement nul, et dans ce cas, les billes peuvent être laissées sur place.

• Les branches

Selon la destination des branches coupées, deux situations peuvent se présenter :

-Valorisation :
Les branches taillées peuvent être broyées et utilisées comme mulching par les entreprises de parcs et jardins pour autant qu'elles soient indemnes d'infection. Pour les branches infectées, un compostage peut être envisagé car *P. alni* ne résiste pas à des températures supérieures à 40°C. Il faut aussi noter que les feuilles au contact de l'eau sont aussi des « pièges » à *Phytophthora*. En conséquence, une branche feuillue (mai-septembre) au contact de l'eau a plus de chance de se faire infecter qu'une branche nue.

-Déchets laissés sur place :
En hiver, le matériel peut être laissé sur place. Par contre, lorsque la température de l'eau dépasse 5-6°C, la rivière est potentiellement « contaminée » par des zoospores de *P. alni*. Dans ce cas, mieux vaut éloigner les déchets de taille pour éviter tout contact avec l'eau de la rivière (copeaux, fagots de branches).

BIBLIOGRAPHIE

[1] Masson C., Macdonald S., Hussey A. (1984) Stucture, mangement and conservation value of the riparan Woody plant community.Biological Conservation 29:201-216.

[2] Claessens H. (2005) L'aulne glutineux, ses stations et sa sylviculture-Louvain-la-Neuve : Forêt wallonne, 2005. - 197 p

[3] Mouchet F., Debruxelles N., Graux G., Dufays E., Augiron K., Claessens h., 2003 : Physionomie et composition des zones riveraines des cours d'eau de Wallonie. Forêt Wallonne 68 :2-7.

[4] Gibbs JN (1995). Phytophthora root disease of alder in Britain. EPPO Bulletin 25, 661-664.

[5] Cavelier M., Claessens H. et Etienne M. (1999). Premier signalement du Phytophthora de l'aulne (*Alnus glutinosa*) en Belgique. *Parasitica* 55(2-3) : 63-71.

[6] Debruxelles N, De Merlier D, Dufays E (2003) – La maladie de l'aulne. Que faire ? Fiche d'information sur la maladie de l'aulne. Namur (Belgique), Ministère de la Région wallonne, DGRNE, Division de l'eau, 3 p

[7] De Merlier D, Chandelier A, Debruxelles N, Noldus M, Laurent F, Dufays E, Claessens H, Cavelier M (2005). Characterisation of Alder Phytophthora isolates from Wallonia and development of SCAR primers for their specific detection. Journal of Phytopathology,153, 99-107.

[8] Chandelier A, Abras S, Laurent F, Debruxelles N, Cavelier M. (2006) – Effect of temperature and bacteria on sporulation of Phytophthora alni in river water. Communication in Agricultural and Applied Biological Sciences,.71/3b, 873-880

[9] Delcan J & Brasier CM (2001) – Oospores viability and variation in zoospore and hyphal tip derivatives of the hybrid Alder Phytophthoras. Forest Pathology 31, 65-83.

EN SAVOIR PLUS

Natacha Debruxelles : debruxelles.n@fsagx.ac.be

Anne Chandelier : chandelier@cra.wallonie.be