

Suivi de la contamination du champignon *Phytophthora alni* sur les aulnes *Alnus glutinosa* des cours d'eau du bassin versant du Vicoin

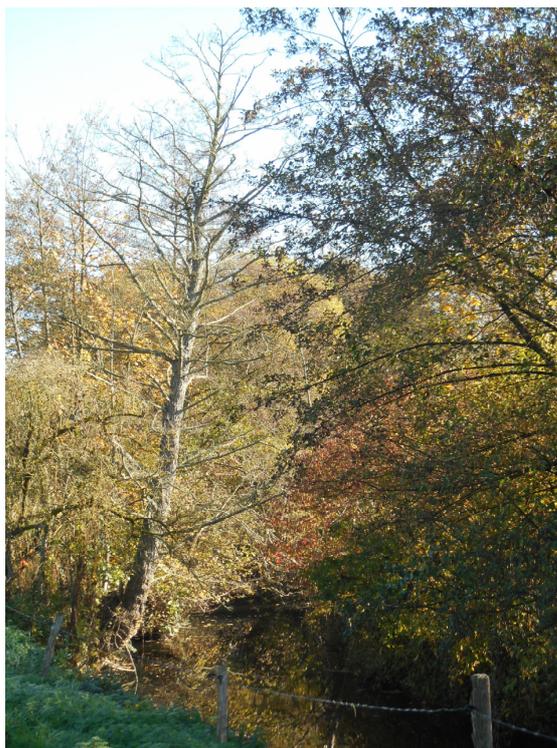
▪ Nicolas BOILEAU⁽¹⁾ & Thomas LARIVIÈRE ▪

La contamination de l'Aulne glutineux *Alnus glutinosa* par le champignon oomycète *Phytophthora alni* a été étudiée sur le bassin versant du Vicoin en Mayenne de 2013 à 2015. 1068 arbres ont été suivis sur 20 tronçons différents de cours d'eau (7,49 kms de longueur). Le taux de contamination est passé de 9,2 à 30,3 % des aulnes en 3 ans avec une extension géographique de la maladie. Des effets significatifs de la granulométrie du lit du cours d'eau, de la densité des aulnes, de la distance à l'eau des arbres et de la présence de pont ou d'ouvrages hydrauliques en amont ont été décelés. Ces paramètres constituent des facteurs de risque pour la propagation de cette maladie et doivent être pris en compte dans la gestion de la ripisylve.

Introduction

Les agents pathogènes font partie intégrante des processus biologiques et participent à la régulation naturelle des espèces (Ewald, 1983 ; Horwitz & Wilcox, 2005). Ces agents, que ce soient des animaux, des végétaux ou encore des champignons, sont naturellement présents dans l'environnement mais leur virulence peut dépendre de phénomènes bioclimatiques (Patz, et al. 2000), de stress environnementaux (Lafferty, et al. 1999), de surpopulations d'espèces (Prenter et al. 2004) et de recombinaison génétique (Lamour, 2013 ; Anderson et al. 2004). C'est le cas du champignon oomycète *Phytophthora alni* parasite de l'Aulne glutineux *Alnus glutinosa*, découvert au Royaume-Uni en 1993 (Gibbs, 1995). Cette souche de champignon est issue de l'hybridation génétique de deux souches de *P. alni* présentes naturellement (Ioos et al. 2006) en lien probable avec le réchauffement climatique (Aguayo et al. 2014). Ce champignon entraîne le dépérissement des arbres contaminés et leur mort par blocage de l'appareil conducteur hydrique (Brasier et al. 1995). Depuis 1995, la maladie a été observée dans quasiment toute l'Europe (18 pays contaminés en 2009 ; Sullivan, 2010) dont la France (Streito et al. 2002). Observé à l'origine principalement dans l'est de la France, le Massif Central et le centre-ouest du pays (Streito et al. 2002), ce champignon s'est depuis largement implanté sur l'ensemble du territoire.

En Mayenne, ce champignon est probablement présent depuis le début des années 2000 mais le début des mortalités massives d'aulnes n'ont été observées qu'à compter des années 2004-2005 et des études « état des lieux » des cours d'eau en vue de la mise en place de Contrats Territoriaux Milieux Aquatiques sur plusieurs bassins versants (i.e. Jouanne, Vaige, Erve, Vicoin ; Hydroconcept, 2005 & 2006a,b et Colmont ; Hydroconcept, 2008).



Sur l'Hière (bassin de l'Oudon), la contamination est plus récente (2008/2009 ; Guais, com. pers.). À l'échelle de la Mayenne, l'intensité de la virulence de *P. alni* n'est mentionnée localement qu'en 2009 (CNPFF/DSF 2009 in www.crpff-paysdelaloire.fr/content/la-sante-des-forets). Sur le bassin versant du Vicoin, à l'ouest de Laval, la détection systématique de la maladie a commencé en 2008, à l'occasion de campagnes d'entretien de la ripisylve du cours principal du Vicoin (2008-2012), puis des ruisseaux affluents (2013). Une évaluation du taux de contamination de la ripisylve a été réalisée chaque année, sur les linéaires entretenus avant la mise en place d'un suivi annuel standardisé à compter de 2013 (Bignon 2013). L'objectif est de réaliser une évaluation de la contamination des aulnes sur le bassin versant et de décrire les facteurs environnementaux à risque et susceptibles d'influencer le taux de contamination du champignon, dans une optique de gestion, de préservation et d'amélioration de la valeur écologique de la ripisylve du cours d'eau (Hydroconcept, 2014). Le présent article porte sur les résultats obtenus de 2013 à 2015.

Matériel et Méthodes

Zone d'étude

Le Vicoin est un cours d'eau s'écoulant du nord-ouest vers le sud-est, à l'ouest de Laval en Mayenne, sur 50 kms de longueur et 104 kms d'affluents principaux. Son bassin versant s'étend sur 258,5 km² (Hydroconcept, 2006a). La pente est de 0,5 % depuis la source sur 5 km puis, elle s'adoucit durant les 20 km suivants (0,10 %), jusqu'à Saint-Berthevin. Enfin, elle augmente légèrement (0,15 %) jusqu'à sa confluence avec la Mayenne. Le Vicoin est caractérisé par une forte amplitude entre les débits hivernaux (4,3 m³/s de débit mensuel moyen de décembre à février) mesurés à la station de Nuillé sur Vicoin, (aval du Vicoin), et les débits estivaux (0,14 m³/s de juillet à septembre) pour un module de 1,89 m³/s.

L'occupation des sols du bassin du Vicoin se compose de prairies (60 % de la Surface Agricole Utile), de cultures (17 %), de boisements de feuillus (9 %), de peupleraies (3%), d'étangs (6 %) et de tissu urbain (5 %) (Hydroconcept, 2006a). L'activité agricole est centrée sur l'élevage bovin et la production laitière. Le bassin versant présente de nombreux ouvrages hydrauliques en barrage des cours d'eau (118 en 2005 selon Hydroconcept, 2006a) dont 18 barrages importants (i.e. hauteur de chute > 1,5 m) sur le cours du Vicoin en 2005. Parmi ces derniers, 14 ont fait l'objet d'un arasement ou d'un aménagement entre 2009 et 2014.

Méthodes

L'étude a été réalisée au cours du mois de juin de 2013 à 2015 sur 20 tronçons (18 en 2013) de cours d'eau d'une longueur moyenne de 375 m répartis sur l'ensemble du bassin versant, à la fois sur le cours principal du Vicoin, mais également sur deux ruisseaux affluents. Ces tronçons ont été choisis en raison de leur facilité d'accès, de leur dispersion d'amont en aval du bassin versant et en raison de la forte représentativité de l'occupation du sol en berge en bordure des tronçons comparativement à l'occupation du sol sur l'ensemble du bassin versant ($\chi^2=0,85$; $p<0,001$). Sur ces tronçons, 3 placettes correspondant à des sections



Figure 1. Localisation du bassin versant du Vicoin

de 30 mètres linéaires environ ont été choisies, en maintenant un espacement d'environ 120 m entre chaque placette.

À l'échelle du tronçon, les caractéristiques relatives à la morphologie (i.e. dimensions, composition et granulométrie), des berges et du lit ont été notées ainsi que la présence d'éléments structurants comme les ouvrages hydrauliques et les ponts. Le recensement et la caractérisation de la ripisylve ont également été réalisés (nombre d'espèces, % de présence de l'aulne). La présence d'entretien récent de la ripisylve (coupes) est notée.

Sur les placettes, les aulnes en berge de plus de 1,30 m de haut et situés à moins de 2,5 m de la lame d'eau ont été

inventoriés (Thoirian et *al.* 2007). Les placettes ont été positionnées afin que celles-ci comportent un minimum de 3 aulnes.

Pour chaque aulne recensé, il a été noté le diamètre de l'arbre au collet, sa distance au cours d'eau, sa hauteur en berge, son origine (franc-pied ou cépée), le degré de dépérissement de l'arbre. Celui-ci a été caractérisé en combinant à la fois les symptômes de nécroses corticales (les plus faciles à identifier) et de l'appareil foliaire selon 5 classes définies par DeBruxelles et *al.* (2007) allant de la classe 0 pour un arbre sain à la classe 4 pour un arbre mort. Chaque cépée d'aulnes inventoriée compte pour un seul arbre. Lorsqu'il y a présence d'une tige atteinte par le champignon sur une cépée, la cépée entière est considérée comme malade. Par défaut, et en l'absence d'analyse de laboratoire destinée à identifier la souche pathogène, la présence d'un arbre malade a été attribuée à la souche *P. alni* (le % d'identification de la souche pouvant aller de 50 à 95 % selon les études ; Thoirain et *al.* 2007 ; Jobert, 2009 ; Perret, 2010 ; Siniou, 2010)



Figure 2. Symptômes corticaux
C. Bignon



Figure 3. Cime claire d'un arbre atteint
FREDON Lorraine, INRA, LNPV UMAF

Traitement des données

La prévalence de la maladie, calculée par l'occurrence du nombre d'aulnes malades (classes 1 à 4 combinées) sur la totalité des aulnes présents échantillonnés par placette, les données étant combinées pour chaque tronçon. Les comparaisons entre les paramètres environnementaux et la prévalence de la maladie ont été effectuées en effectuant des régressions logistiques (détails *in* Thoirain et *al.* 2007) avec le logiciel R. version 3.1.2. L'évolution annuelle de la prévalence a été analysée en utilisant une régression linéaire de type ANOVA. Les moyennes sont données avec leur écart-type en cumulant les années 2013 à 2015, sauf précision contraire. Le niveau de significativité des tests statistiques est fixé à $P < 0,01$.

Résultats

Au total, de 2013 à 2015, 1068 aulnes ont été examinés sur les 20 tronçons étudiés ; ces derniers représentant 7,49 kms de cours d'eau. Les aulnes constituent en moyenne 57 ± 17 % des

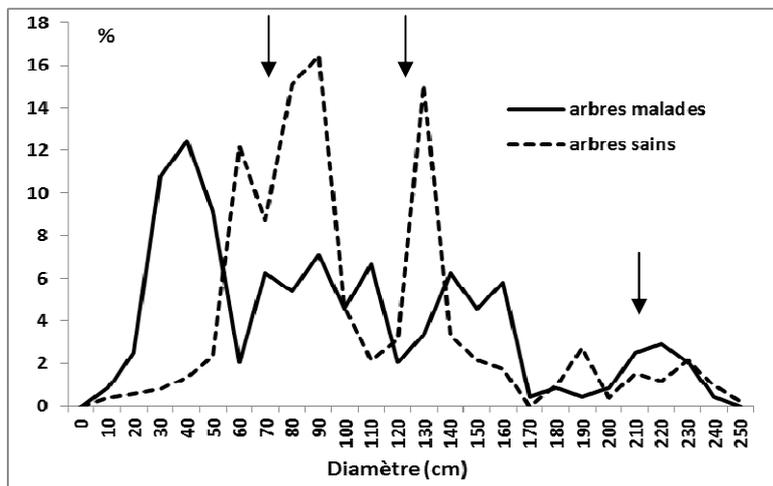


Figure 4. Distribution des aulnes étudiés en fonction du diamètre des sujets. Les flèches indiquent les trois sous populations de l'échantillon que l'on retrouve chez les arbres sains comme les arbres malades (n=1068 individus).

arbres présents en berge (extrêmes : 25-84 %) pour une densité moyenne du peuplement d'aulnes de 20 ± 9 arbres aux 100 ml (extrêmes : 6,7-38,9).

Le peuplement d'aulnes étudié se compose de trois sous peuplements d'âge différents (Figure 4) :

- des individus jeunes majoritairement âgés de moins de 5 ans provenant de rejets ou de la colonisation des dépôts en berge vaseux ou graveleux en pied de berge suite à l'abaissement des lignes d'eau depuis 2007.
- des individus de classe d'âge proche de 20 ans, provenant de sujets ayant poussé en rives du Vicoin depuis les campagnes d'abattage et d'entretien des années 1990 entreprises par le syndicat de bassin du Vicoin.
- des sujets très âgés.

Sur les 1 068 arbres examinés, 247 d'entre eux ont été considérées comme atteint par le champignon *P. alni*. Le niveau de dépérissement observé a concerné tous les niveaux avec plus

Tableau 1. Niveau de dépérissement observé sur les aulnes atteints.

Niveau de dépérissement	Nombre	Fréquence (%)
Niveau 1 (symptômes légers)	52	21,0
Niveau 2 (symptômes marqués)	60	24,5
Niveau 3 (mourant)	45	18,5
Niveau 4 (mort)	90	35,0
Total	247	-

d'un tiers des arbres atteints déjà totalement morts (tableau 1).

En moyenne, sur les 3 années, la maladie touche $23,1 \pm 12,2$ % des arbres mais avec une évolution dans le temps significative, passant en moyenne de $9,2 \pm 9,5$ % en 2013 à $31,5 \pm 25,0$ % en 2014 puis $30,3 \pm 17,2$ % en 2015 ($F=0,9$; $DF=2$, $P<0,01$). Si l'on considère uniquement les tronçons atteints, ces valeurs sont respectivement de $35,8 \pm 23,1$ % en 2013, $29,8 \pm 15,5$ % en 2014 et $30,3 \pm 13,2$ % en 2015, sans tendance significative ($F=4,4$; $DF=2$; $P=0,3$). Cela pourrait suggérer que, sur les secteurs touchés, la prévalence de la maladie tant à se stabiliser.

Ces valeurs globales traduisent en réalité des situations locales très contrastées et très différentes, comme le montre les écart-types très élevés associés aux moyennes. En effet, la prévalence de la maladie varie nettement en fonction des tronçons (et même d'une placette à l'autre) allant de 0 pour les tronçons sains à 71,4 % de maladie pour le tronçon le plus atteint. La progression spatiale de la maladie continue avec, en 2015, plus aucun tronçon épargné par le *Phytophthora*, contre 4 en 2013 et 2014.

Aucun effet significatif de la position géographique du tronçon au sein du bassin versant (mesuré par la distance à la source) sur le taux de contamination n'a été mis en évidence (Tableau 2), ce qui suggère que la contamination n'est pas plus élevée en aval du cours du Vicoin.

Plusieurs facteurs montrent une relation statistique significative positive avec le taux de contamination des aulnes par le champignon : la teneur en limon du lit du cours d'eau, la présence d'un ouvrage en aval de la station, la densité des aulnes, la distance à l'eau des aulnes et la hauteur du collet (Tableau 3). À l'inverse, la relation est négative avec la teneur en matériaux graveleux-caillouteux du lit. De plus, il existe une différence significative dans la distribution des classes de circonférence entre arbres malades et arbres sains (test $\chi^2 = 6,45$; $P<0,01$, $N=1 068$), avec une circonférence moyenne des arbres malades inférieure à celle des arbres sains (47 ± 19 cm vs 53 ± 19 cm) ; cela suggère que la maladie a tendance à

Paramètre	Df	Test chi ²	P
Largeur du cours d'eau	1	6,42	0,055
Hauteur de berge	1	0,74	0,551
% de limon	1	4,45	0,010
% de sable	1	0,05	0,751
% de pierre	1	6,03	0,010
Ouvrage hydraulique ou pont	2	6,67	0,001
Densité des aulnes	1	8,74	0,002
Distance à l'eau des aulnes	1	9,91	0,001
Distance à la source	1	1,34	0,231
Circonférence	1	4,51	0,022
Hauteur du collet	1	7,75	0,001

Tableau 2. Valeurs du test de chi² du modèle de régression logistique.

En gras figurent les paramètres ayant un effet significatif

affecter plus significativement les arbres jeunes que les arbres plus âgés, ce que confirme la comparaison de la distribution des populations d'arbres sains et malades en fonction du diamètre (Figure 4). On note en effet la même présence des trois sous population d'aulnes dans les deux catégories étudiées mais avec un décalage des tailles de diamètres vers des sujets plus jeunes chez les arbres malades.

Discussion

Les résultats obtenus au cours de cette étude de 2013 à 2015 ont souligné une nette augmentation du taux de contamination des aulnes du bassin du Vicoin, passant de 9,3 % à 30% des aulnes inventoriés de 2013 à 2015. Il est cependant difficile de comparer avec d'autres bassins hydrographiques tant en France qu'en Europe en raison de périodes de contamination des aulnes différentes entre les bassins. Sur les bassins atteints depuis les années 1990 (pour une revue en France : Streito et al. 2002), les taux de contamination sont rapidement passés de quelques pourcents d'arbres malades à 20 à 30 % de la ripisylve contaminée, soit une dynamique proche de celle du Vicoin. Avec un échantillon identique (1000 arbres suivis), le taux de

contamination en Wallonie (Belgique) atteignait 27 % en 2008 (DeBruxelles et al. 2008). Dans certains bassins français contaminés avant le Vicoin, le taux de contamination atteint localement 50 à 70 % -voire 100 %- des arbres ou des linéaires de berges (Streito et al. 2002 ; Thoirain et al. 2007, Siniou, 2010), suggérant que la contamination peut encore augmenter sur le bassin du Vicoin dans les prochaines années avec un taux de croissance annuel de 5 à 15 % selon les cours d'eau (Gibbs et al. 1999 ; Streito et al. 2002). Cette dynamique n'est cependant pas obligatoire : en Wallonie, après une apparition de la maladie en 1999 et un pic de contamination en 2004 (40 % des arbres) la prévalence était « retombée » en 2006 à 27 % (DeBruxelles et al. 2007). En Angleterre, sur une série de données de 9 années, la contamination était passée de 4,3 à 15,3 % seulement (Webber et al. 2004).

La grande variabilité du taux de contamination entre les placettes observée sur le Vicoin se retrouve également sur d'autres bassins (p. ex. Thorain et al. 2007 ; Perret, 2010) en lien avec les caractéristiques environnementales du cours d'eau. En effet, la morphologie des cours d'eau et le régime d'écoulements des eaux influe sur la probabilité de contamination par le champignon (Gibbs et al. 1999). Husson et al. (2006) ont montré que les eaux à caractères stagnants ou se déplaçant lentement favorisaient l'accumulation de zoospores au pied des aulnes et donc la propagation de la maladie. À contrario, les courants forts - et donc les températures des eaux plus fraîches- limitaient le risque de contamination (Thorain et al. 2007). La température de l'eau joue à cet égard, un rôle clé dans la propagation du champignon : celle-ci a un effet positif sur la sporulation de *P. alni* (Chandelier et al. 2006) et les températures estivales élevées favorisent ainsi la prévalence de la maladie (Thorain et al. 2007 ; optimum de croissance entre 22 et 25°C selon Brasier et al. 2004). Les cours d'eau à ripisylve clairsemée sont aussi plus impactés, dans la mesure où le rafraîchissement des eaux par l'ombre liée au feuillage des arbres est moindre en été (Thoirain et al. 2007).

Les résultats sur le bassin du Vicoin confirment ces éléments : la relation statistique entre la granulométrie du lit du cours d'eau (sables, limons et pierres), elle-même corrélée à la pente et au régime d'écoulement, indique que la contamination est plus faible sur les secteurs à écoulements lotiques du bassin (voir aussi Perret, 2010). Le nombre d'arbres malades est ainsi plus important sur les secteurs à fond argileux ou limoneux (Thoirain et *al.* 2007), comme pour les sols des berges en rives, souvent en aval des bassins versants (Thoirain et *al.* 2007 ; Perret, 2010) mais ce n'est pas systématique ; la largeur du cours d'eau n'ayant pas d'effet sur le taux de contamination dans de nombreuses études (p.ex. Sèvre Niortaise, Siniou, 2010) comme sur le Vicoin.

Les zones soumises à la submersion du lit majeur en période de crues favorisent également la propagation du champignon notamment au niveau des racines adventives non subéreuses produites par les aulnes pour éviter l'asphyxie lors des crues (Strnadova et *al.* 2010) tout comme les aulnaies installées sur des sols à nappe phréatique élevée. La contamination du sol est également favorisée ; le champignon pouvant s'y maintenir sous forme d'oospores ou de mycélium jusqu'à trois années (Lonsdale, 2003). Dès lors, la présence de ponts ou d'ouvrages hydrauliques qui provoquent des mises en charge ou un relèvement de la ligne d'eau en crue en amont sont un facteur de risque comme cela a été démontré sur le bassin Rhin-Meuse (Thoirain et *al.* 2007) et en Bavière (Jung & Blaschke, 2004). Pour le bassin du Vicoin, cette relation statistique a été aussi démontrée entre la présence d'ouvrages et de ponts et le taux de contamination des aulnes.

Un résultat surprenant de notre étude réside dans le fait que la maladie semble statistiquement affecter une population d'arbres plus jeunes car cela n'a pas été démontré dans plusieurs études (Husson et *al.* 2006). L'hypothèse explicative pourrait être que la ripisylve contaminée préférentiellement est celle qui se développe le plus près de l'eau comme cela a unanimement démontré (Gibbs et *al.* 1999 ; Thoirain et *al.* 2007, cette

étude). Or, sur le Vicoin, la ripisylve connaît dans beaucoup de secteurs une évolution récente (i.e. depuis 2007) liée à l'abaissement des lignes d'eau suite à la suppression progressive des ouvrages hydrauliques à clapet (23 supprimés de 2007 à 2014, avec un taux d'étagement réduit de 32 à 6 % entre 2006 et 2013 sur le cours du Vicoin ; Syndicat de Bassin du Vicoin, données non publiées). Cette évolution de glissement écologique (voir Nolin, 2004) se traduit par la colonisation du pied de berge et des banquettes minérales ou végétales exondées en lit mineur par une végétation pionnière d'aulnes plus jeunes que les sujets implantés en haut de berge et donc plus sensibles à la contamination dans la mesure où la distance à l'eau est un facteur de risque. La relation significative inverse entre la hauteur du collet et le taux de contamination souligne également cette vulnérabilité des arbres implantés le plus proche de la nappe d'eau.

Le champignon *Phytophthora alni* a contaminé les ripisylves du bassin du Vicoin probablement depuis le début des années 2000 et atteint en 2015, un taux de contamination de 30 % des secteurs échantillonnés. Cette étude a permis de mettre en évidence des facteurs de risque sur le bassin du Vicoin pour la propagation de ce champignon : les faciès d'écoulements et la présence d'ouvrages hydrauliques (ponts, clapets). Ces résultats permettent de valider que les actions entreprises par le syndicat pour améliorer la diversification des habitats et des écoulements à l'échelle du bassin versant (i.e. Vicoin et ses affluents) par la restauration de banquettes minérales et végétales ou la recharge du lit visant à réduire la section des cours d'eau sont de nature à limiter la contamination de la ripisylve. De plus, la politique du syndicat de bassin d'abaissement des lignes d'eaux par suppression ou réaménagement des ouvrages hydrauliques afin de garantir l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau à l'horizon 2021 est de nature à limiter le risque de contamination des peuplements d'Aulnes glutineux dans la mesure où les écoulements lotiques sont majoritairement restaurés.

S'il est illusoire de voir disparaître ce champignon, la gestion de la ripisylve contaminée s'oriente vers une limitation des conséquences induites par la mortalité des aulnes en berge eu égard au rôle important joué par cette espèce en bordure des cours d'eau : maintien des berges grâce à un enracinement profond, oblique et puissant capable de supporter des engorgements permanents, purification des eaux, structuration du sol et des niches à poissons. Par ailleurs, l'ombre apportée par les aulnes situés en bord de rivières permet de réduire le réchauffement des eaux et d'augmenter la biodiversité des cours d'eau. À long terme, les conséquences de la régression de l'aulne demeurent donc à évaluer.

Le retrait des arbres contaminés par abattage et recépage a déjà été utilisé sur d'autres bassins avec des résultats probants dans la mesure où les rejets issus des coupes ont atteint un taux de survie de 50 % de survie après 7 ans (Webber et al. 2004 et De Bruxelles et al. 2008). À l'appui de ces expériences, le syndicat a mis en place en 2015 un site expérimental à Port-Brillet et La Brûlatte où les aulnes malades (45 % des sujets en 2015) sont recépés systématiquement et le taux de survie des rejets mesuré sur le long terme.

Une attention particulière va être portée dès 2016 aux effets de la conductivité et de la température de l'eau sur la contamination des peuplements (voir Thoirain et al. 2007 sur ce point) avec des mesures systématiques de ces variables sur les stations suivies, notamment en aval des points de rejets des stations d'épuration sur le Vicoin.

Dans la mesure où *Phytophthora alni* se dissémine progressivement par le sol, transporté par les engins de travaux forestiers ou agricoles, la faune ou l'homme (chaussures), par le bois contaminé (résidus d'abattage, chablis) et surtout par l'eau de la rivière, il paraît important d'entreprendre une information ciblée vis-à-vis des usagers sur les facteurs de risque identifiés et la gestion adéquate de la ripisylve à mettre en place dans les zones les plus touchées. Des actions complémentaires visant à limiter l'introduction de poissons provenant de rivières infectées, l'accès du bétail à la rivière ou le transport de terre d'une zone infectée sont également à recommander.

Nicolas Boileau⁽¹⁾ & Thomas Larivière

⁽¹⁾ Syndicat de Bassin du Vicoin, 1 rue Jean de Bueil, 53270 Sainte-Suzanne
sberve-jouanne-vaige-vicoin@orange.fr

Remerciements :

Cette étude est financée par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne et le Conseil Départemental de la Mayenne dans le cadre du Contrat Territorial Milieux Aquatiques (C.T.M.A.) 2015-2019 du Syndicat de bassin du Vicoin. Le Syndicat remercie les propriétaires privés ou publics des parcelles concernées pour l'autorisation d'accès. Tous nos remerciements à Ronan Marie, Emeline Guais et Karine Ravaux pour les informations transmises pour les bassins de la Colmont, de l'Oudon et de la Mayenne. Corinne Bignon, Florent Marçais et Thomas Larivière ont réalisé l'inventaire des aulnes respectivement en 2013, 2014 et 2015. B. Jarri a assuré la relecture de cet article.

Bibliographie :

- Aguayo, J., Elegbede, F., Husson, C., Saintonge, F.X. & Marçais, B., 2014.- Modeling climate impact on an emerging disease, the *Phytophthora alni*-induced alder decline. *Global Change Biology* 20 : 3209-3221.
- Anderson, P.K., Cunningham, A.A., Patel, N.G., Morales, F.J., Epstein, P.R., Daszak, P. 2004.- Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 19 : 535-544.
- Bignon, C. 2013.- *Etat initial et gestion de la maladie Phytophthora alni sur le bassin du Vicoin (53)*. Rapport de licence Université de Nantes, Syndicat de Bassin du Vicoin, 65 pages.
- Brasier, C.M., Rose, J., & Gibbs, J.N. 1995.- An unusual *Phytophthora* associated with widespread alder mortality in Britain. *Plant Pathology* 44: 999-1007.
- De Bruxelles, N. A. Chandelier, E. Dufays, H. Claessens, M. Cavelier, Rondeux, J. 2007.- Le dépérissement de l'aulne en Wallonie (1^{ère} partie & 2^{ème} partie), *Silva belgica* 114 : 24-28 et 32-34.
- De Bruxelles, N., E. Dufays, H. Claessens, Rondeux, J. 2008.- *La maladie de l'aulne: situation en Région Wallonne et recommandations de gestion*. Poster de présentation du projet de recherche. Faculté universitaire des sciences agronomiques, Grembloux.
- Ewald, P.E., 1983.- Host-parasite relations, vectors, and the evolution of disease severity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 14 : 465-485.
- Gibbs, J.N. 1995.- *Phytophthora* disease of alder in Britain. *EPPO Bulletin* 25 : 661-664.
- Horwitz P, Wilcox B.A. 2005.- Parasites, ecosystems and sustainability: an ecological and complex systems perspective. *Int. J. Parasitol.* 35 : 725-732.
- HYDROCONCEPT, 2005.- *Etude préalable au Contrat de Restauration Entretien sur le bassin de l'Erve, de la Vaige et de la Jouanne. Phase 1 : Analyse du diagnostic*. Syndicat de Bassin de la Jouanne, Syndicat de bassin de l'Erve et Syndicat de bassin de la Vaige. 89 pages.
- HYDROCONCEPT, 2006a.- *Etude préalable à la signature d'un Contrat de Restauration Entretien sur le bassin versant du Vicoin. Présentation générale*. Syndicat de Bassin du Vicoin. 41 pages.
- HYDROCONCEPT, 2006b.- *Etude préalable à la signature d'un Contrat de Restauration Entretien sur le bassin versant du Vicoin. Définition des enjeux*. Syndicat de Bassin du Vicoin. 39 pages.
- HYDROCONCEPT, 2008.- *Etude pré-opérationnelle à la restauration et l'entretien de la Colmont et de ses affluents, phase 1 : état des lieux et diagnostic, 2007-2008*. Communauté de Communes du Bocage Mayennais, 50 pages.
- HYDROCONCEPT, 2014.- *Contrat Territorial Milieux Aquatiques du bassin versant du Vicoin*. Syndicat de bassin du Vicoin, 100 pages.
- Husson, C., Thoirain, B., loos, R., Frey, P., Marçais, B. 2006.- L'eau, vecteur d'agents pathogènes : cas du *Phytophthora alni*. *Rev. For. Fr.* 58 : 351-360.
- loos, R., Andrieux, A., Marçais, B., Frey, P. 2006.- Genetic characterization of the natural hybrid species *Phytophthora alni* as referred from nuclear and mitochondrial DNA analyses. *Fungal Genetics and Biology* 43: 511-529.
- Jobert S., 2009. *Etude du dépérissement de l'Aulne glutineux des ripisylves du bassin versant de la Cèze dû au Phytophthora alni*. Rapport de D.U.T., Syndicat Mixte A.B. Cèze, Saint-Ambroix, 52 p.
- Jung, T., Blaschke, M. 2004.- *Phytophthora* root and collar rot of alders in Bavaria: distribution, modes of spread, and possible management strategies. *Plant Pathology* 53 : 197-208.
- Lafferty, K.D., Kuris, A.M., 1999.- How environmental stress affects the impacts of parasites. *Limnol. Ocean.* 44 : 564-590.
- Lamour, K., 2013.- *Phytophthora : a global perspective*. Cambridge, MA: CAB International.
- Lonsdale, D., 2003.- *Phytophthora* disease of alder: sources of inoculum, infection and host colonization. In *Phytophthora disease alder in Europe*, eds J. Gibbs, C. van Dijk & J. Webber, Pp 65-72. Forestry Commission Bull. 126. Forestry Commission, Edinburgh.
- Nolin, A., 2014.- *Dynamique prévisible des formations végétales suite à une variation soudaine et pérenne du niveau de la nappe alluviale*. Mémoire de licence. UFR Sciences et Techniques, Département Géosciences et Environnement, Tours, 33 p.
- Patz, J., Graczyk, T.K., Geller, N., Yitter, A.Y., 2000.- Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. *Int. J. Parasitol.* 30 : 1395-1405.
- Perret, T., 2009.- *Déterminer si le Phytophthora alni est d'origine exotique ou indigène sur la zone amont du marais Poitevin*. Rapport de stage B.T.S. Institut Interdépartemental du bassin de la Sèvre Niortaise, Niort, 73 p.
- Prenter, J., MacNeil, C., Dick, J.T.A., Dunn, A.M., 2004. Roles of parasites in animal invasions. *Tr. Ecol. Evol.* 19 : 385-390.
- Siniou E.,- 2010. *Etat sanitaire des aulnes sur le bassin de la Sèvre Niortaise et modalités de gestion des peuplements*. Document de synthèse. IISB/CNPF/INRA, 19 p.
- Streito, J.C., Legrand, Ph., Tabary, F., and Garnouen De Villartaym G. 2002.- *Phytophthora* disease of alder (*Alnus glutinosa*) in France: investigations between 1995 and 1999. *For. Path.* 32: 179-191.
- Strnadova, V., Cerny, K., Holub, V., Gregorova, B. 2010.- The effects of flooding and *Phytophthora alni* infection on black alder. *Journal of Forest Science* 56: 41-46.
- Sullivan, M. 2010.- CPHST Pest Datasheet for *Phytophthora alni*. USDA-APHIS-PPQCPHST.
- Thoirain, B., Husson, C., & Marçais, B. 2007.- Risk factors for the *Phytophthora*-induced decline of alder in northeastern France. *Phytopathology* 97:99-105.
- Webber, J., Gibbs, J., and Hendry, S., M.C. 2004.- *Phytophthora* disease of alder. Forestry Commission, Edinburgh. <http://www.forestry.gov.uk/PDF/fcin6.pdf>