Les maladies du bois de la vigne : état des lieux des connaissances et perspectives 13 ans après l'interdiction de l'arsénite de sodium

Florence FONTAINE

Laboratoire Stress Défense et Reproduction des Plantes EA 4707, Université de Reims Champagne-Ardenne, UFR Sciences, Moulin de la Housse, 51687 REIMS Cedex 2
Email: florence.fontaine@univ-reims.fr

Etat des lieux des connaissances

Les maladies du bois (MDB) sont considérées comme très dommageables pour la pérennité du patrimoine viticole. Les agents responsables de ces maladies provoquent à plus ou moins long terme la mort du cep et peuvent nécessiter un renouvellement des plants pouvant atteindre plus de 10% d'un vignoble (Doublet et Grosman, 2010 ; Bruez et al., 2013). Depuis environ une dizaine d'années on constate une progression inquiétante de ces maladies. Plusieurs observations laissent à penser que ce phénomène n'est probablement qu'en début de cycle : i) l'interdiction de l'arsénite de soude, seul moyen actuellement connu pour combattre l'esca et le Black Dead Arm (BDA) ou « bras mort noir », à partir de 2001, ii) l'augmentation annuelle du taux de mortalité de 4 à 5 % à partir de la cinquième année dans des parcelles où le traitement par l'arsénite de soude a été arrêté et iii) le taux élevé de ceps asymptomatiques contaminés dans le vignoble. La suppression de l'arsénite de soude dans tous les pays viticoles du fait de sa toxicité non seulement pour l'environnement mais aussi pour l'homme, inquiète d'autant plus les viticulteurs qu'aucune méthode de lutte de remplacement satisfaisante ne leur a été proposée. Cela met en péril le maintien de l'outil de production et sa longévité et cela à l'échelle mondiale. Par conséquent, les effets de ces maladies du bois seront nombreux à moyen terme : elles entraîneront soit une dépréciation de la qualité des vins suite à un rajeunissement des parcelles, soit une perte de la typicité d'un vin d'une région viticole suite à la non replantation des cépages les plus sensibles. Le vignoble français regroupe trois principales MDB qui sont l'eutypiose, l'esca et le BDA. Ces maladies de dépérissement sont associées à la présence de différents champignons capables de dégrader les tissus ligneux, d'ou le terme de maladie du bois de la vigne.

Description des 3 principales maladies du bois observées dans le vignoble français (Larignon *et al.*, 2009 ; Bertsch *et al.*, 2013)

Eutypiose : L'eutypiose se caractérise par un rabougrissement des rameaux facilement observables dès le stade 6-8 feuilles (Figure 1). Ainsi, le rameau présente des entre-nœuds courts et réguliers, et les feuilles sont plus petites comparativement à un rameau normal, chlorotiques et crispées. Au niveau des inflorescences, soit elles peuvent se dessèchent avant la floraison, soit elles subissent une forte coulure ou un millerandage entrainant la formation de grappes constituées de baies apyrènes et de petites tailles. Une forme sévère peut également être observée et caractérisée par un dessèchement des rameaux. Dans le bois, l'eutypiose est caractérisée par une nécrose de couleur brune et de consistance dure située en position sectorielle (Figure 2); elle présente également des rayures foncées.

Figure 1

Figure 2

Des différences de sensibilité sont observées entre les cépages, les cépages sensibles identifiés sont l'Ugni blanc, le Sauvignon blanc, le Cabernet-Sauvignon ; ceux tolérants sont le Melon de Bourgogne, le Savagnin et ceux à sensibilité intermédiaire, le Chardonnay, le Gamay et le Syrah.

La manifestation des symptômes est observée plus particulièrement lors de printemps pluvieux et dans les vignobles dont la pluviométrie est au moins de 300 mm par an. L'eutypiose est une maladie du bois de la vigne dont l'agent responsable est le champignon *Eutypa lata*.

Esca

L'esca est un terme d'origine languedocienne ou provençale qui signifie amadou (= pourriture blanche). Cette maladie peut s'exprimer sous 2 formes, une forme lente et une forme foudroyante, l'apoplexie. La forme lente de l'esca, est caractérisée par des digitations jaunes (cépages blancs) (Figure 3) ou rouges, bordées de jaune (cépages noirs) entre les nervures qui restent vertes. Au niveau des fruits, les symptômes se traduisent soit par un retard dans leur maturation, soit par leur flétrissement. La forme apoplectique se caractérise par un dessèchement des rameaux et des fruits en l'espace de quelques jours. Dans le bois, l'esca est associée à différentes nécroses avec ou non la présence d'une pourriture blanche ; elle peut également être reliée à la présence d'une nécrose brune en position centrale ou encore à des ponctuations noires lorsque la maladie n'est pas très évoluée (Figure 4). Un classement des cépages a été réalisé selon l'expression plus ou moins importante des symptômes foliaires sans prendre en compte l'importance des nécroses dans le bois. Ainsi, les cépages Cabernet Sauvignon, Sauvignon blanc, Mourvèdre, Ugni blanc, Thompson Seedless, Cinsault, Trousseau, expriment plus facilement les symptômes de la forme lente de l'esca que le Merlot, le Carignan, le Roussane, et le Pinot noir. Vis-à-vis de l'incidence des facteurs environnementaux, les étés doux et pluvieux sont plus favorables à l'expression des symptômes de la forme lente alors que des étés plutôt chauds sont plus favorables à l'apoplexie. Il a également été remarqué que les parcelles à forte réserve utile, dont le sol est caractérisé par une alimentation en eau non limitante, seraient plus atteintes par les maladies du bois. Cette maladie est attribuée à un complexe de champignons dont les principaux sont *Phaeoacremonium aleophilum* et *Phaeomoniella chlamydospora*, trouvés dans une nécrose brune et dure en position centrale, et *Fomitiporia mediterranea,* responsable de la pourriture blanche.

Figure 3

Figure 4

Black Dead Arm

Les symptômes foliaires sont caractérisés par des digitations internervaires sans liseré jaune dans les premiers stades de leur apparition. Pour les cépages noirs, des taches de couleur rouge vineux en bordure ou sur le limbe des feuilles apparaissent initialement puis elles s'agrandissent, laissant une bande verte le long des nervures principales. Pour les cépages blancs,

Figure 5

Figure 6

ce sont de petites taches jaunâtres assez vives qui se développent en bordure ou sur le limbe des feuilles (Figure 5). De fortes similitudes avec l'expression de la forme lente de l'esca entraînent certaines confusions. Dans le bois, ces symptômes foliaires sont en relation avec une bande brune située sous l'écorce pouvant aller jusqu'au niveau de la soudure (Figure 6), voire du porte-greffe. Cette bande brune peut se former de part et d'autre d'une nécrose sectorielle et se traduire ensuite soit par la présence de taches noires, soit par la formation d'un chancre (Figure 7). Une forme sévère caractérisée par une défoliation rapide des rameaux est également connue (Figure 8). Le dessèchement commence par la partie apicale du rameau, il peut affecter complètement ou en partie le cep et conduit rarement à la mort du cep probablement en lien avec le développement d'un nouveau feuillage. Peu d'informations sont données sur la sensibilité des cépages. Toutefois, il est connu que les cépages Cabernet Sauvignon, Cabernet franc, Sauvignon blanc sont plus sensibles à ce dépérissement que le Merlot. Pour les facteurs environnementaux, les étés doux et pluvieux sont favorables à l'expression des symptômes foliaires, comme dans le cas de l'esca. Le Black Dead Arm est associé aux champignons appartenant à la famille des Botryosphaeriacées dont les principaux sont *Diplodia seriata*, *Neofusicoccum parvum* et *Botryosphaeria dothidea*.

Figure 7

Figure 8

Quelques points communs à ces 3 maladies

Ces maladies touchent principalement les vignes âgées d'au moins 8 ans. La manifestation des symptômes foliaires est fluctuante d'une année sur l'autre ; en effet, un pied exprimant des symptômes foliaires une année peut très bien ne pas en ré-exprimer les années suivantes. L'ensemble des agents pathogènes responsables de l'Eutypiose, l'esca ou le Black Dead Arm sont présents sur les ceps ; par conséquent, un cep peut potentiellement exprimer plusieurs maladies en même temps. Ces agents pathogènes sont tous capables de produire des métabolites secondaires dont certains sont toxiques pour la plante et pourraient être en lien avec l'expression foliaire de la maladie (Abou-Mansour *et al.*, 2009 ; Andolfi *et al.*, 2011 ; Uero-Ramirez *et al.*, 2014). L'identification de ces molécules puis la validation de leur implication dans l'expression de la maladie est un travail actuellement en cours et qui demande du temps. Il est également important de souligner que ces champignons ne sont pas spécifiques de la vigne, ils sont présents sur d'autres plantes hôtes telles que l'olivier ou le kiwi (Larignon *et al.*, 2009 ; Bertsch *et al.*, 2013).

Utilisation de l'arsénite – un petit historique

Les composés arsénicaux utilisés tout d'abord chez la vigne comme insecticides envers les pyrales, les altises, les vers de la grappe, etc. avaient montré une certaine efficacité à l'égard de l'esca au début du XX^{e} siècle. Le premier emploi d'un tel produit a été réalisé par M. Arnal, droguiste à Carcassonne, qui présenta à la Société d'agriculture de l'Aude en 1903 une émulsion à base d'arsenic avec laquelle il badigeonna trois cents ceps dont les trois-quarts périrent. Son efficacité contre l'esca avait été observée l'année suivante après une reformulation. Ainsi, cette découverte a permis de contrôler cette maladie, qui mettait déjà en péril de nombreux vignobles à la fin du XIXe et au début du XXe siècle comme le soulignent des témoignages de l'époque. Cette maladie était préoccupante dans tous les pays viticoles du pourtour méditerranéen (Algérie, Espagne, France, Grèce, Italie, etc.). Dans notre pays, elle sévissait surtout sur la façade atlantique et le Midi. Cette découverte à base d'arsenic de première importance pour la sauvegarde de notre patrimoine viticole a eu pour conséquence l'arrêt des travaux de recherche à la fin des années 20 sur l'esca. Les études qui suivirent ont porté principalement sur l'amélioration de la formulation de ce fongicide et de son utilisation au vignoble : dates et doses d'application, mode d'application, cadence des traitements, seuil d'intervention, etc (Moreau et Vinet, 1923 ; Desaché *et al.*, 1997 ; Novoa et Pujol, 1988 ; Ravaz 1919, 1924 ; Rives, 1926 ; Viala 1926). L'augmentation du coût du traitement suite à l'adjonction d'un répulsif pour protéger le gibier a incité à l'utilisation de panneaux récupérateurs de bouillies qui ont aussi permis de mieux respecter l'environnement en diminuant le taux d'arsénite épandu sur le sol. Enfin, au cours des années 80, de nouveaux travaux de recherche sur cette maladie ont été initiés en France à l'INRA de Bordeaux en raison de son éventuel retrait et de l'identification d'une autre maladie de la vigne, l'eutypiose. A savoir que les produits arsénicaux n'avaient aucun effet sur cette dernière maladie (Larignon *et al.*, 2008). Vis-à-vis du fonctionnement de l'arsénite, peu d'études ont été réalisées pour comprendre comment ce produit agissait pour empêcher l'expression des symptômes d'esca (Carbonell-Barrachina *et al.*, 1997 ; Larignon *et al.*, 2008). Les principales conclusions de ces études sont que la teneur en arsenic diminuait au fur et à mesure que le cycle végétatif avançait et que cette diminution était liée au transport de l'arsenic des feuilles vers les racines pour ensuite être relargué vers le milieu extérieur ; et que l'arsénite de sodium pouvait agir au moins par un effet fongicide. Par contre, les études concernant l'effet de l'arsénite de sodium sur le métabolisme de la vigne sont quasi inexistantes (Larignon *et al.*, 2008).

L'interdiction de l'arsénite de sodium en 2001 et perspectives 13 ans après son interdiction

En novembre 2001, ils furent retirés du fait de leur toxicité non seulement pour l'Homme, mais aussi pour l'Environnement (Spinosi et al., 2009). Suite à cette suppression, les recherches financées par FranceAgriMer, l'Interprofession ou le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt se sont multipliées pour répondre à l'attente des Professionnels. Ainsi, la lutte contre les MDB est donc actuellement engagée à l'échelle nationale et parmi les axes développés, les principaux sont : 1) les études épidémiologiques et l'incidence des pratiques culturales sur l'expression des MDB, 2) l'évaluation de l'importance de la communauté fongiques et bactériennes en liaison avec l'expression des symptômes foliaires d'une part et comprendre la diversité de la résistance/tolérance de la plante face à ces pathogènes d'autre part, mais également 3) la caractérisation de l'agressivité des pathogènes pour mieux comprendre cette interaction hôte-pathogènes (Guérin-Dubrana *et al.*, 2013). Depuis 2013, une nouvelle action proposée est consacrée à la compréhension du mode d'action de l'arsénite de sodium afin de mieux connaître son effet sur cette interaction vigne-pathogènes aboutissant à la non-expression de symptômes foliaires pour en ressortir un moyen de lute innovant et efficace. En effet, l'arsénite de sodium était un moyen de lutte très efficace et pourtant peu d'informations sur son mode d'action sont disponibles. La finalité de ces recherches est de mieux contrôler les MDB en améliorant la prophylaxie et la production de matériel sain à court terme, puis en développant de nouvelles méthodes de lutte comme substituant à l'arsénite de sodium à long terme.

En France, 3 programmes de recherche CASDAR et des programmes FAM

Trois projets de recherche sur les maladies du bois, d'une durée de 3 ans, ont été lancés en novembre 2013 pour un montant de 3,7 millions d'euros. Ces trois projets bénéficient des soutiens financiers du Ministère de l'Agriculture (dont CASDAR pour 1 Million d'euros) et pour 900 000 euros des interprofessions viticoles au travers du Comité National des Interprofessions Viticoles (CNIV). Destinés à approfondir les pistes de recherches ouvertes par de précédents travaux, ces trois nouveaux projets ont été validés par un jury d'experts du Comité Scientifique et Technique de l'IFV, après un bilan de l'état des connaissances. En détail, ces 3 projets focaliseront sur :

CASDAR V1301 - Etudier l'agressivité des champignons impliqués dans les maladies du bois de la vigne et comprendre le mode d'action de l'arsénite de sodium afin de proposer de nouveaux moyens de lutte efficaces (Porteur : F. Fontaine, Université Reims Champagne-Ardenne).

- Appréhender l'action des pathogènes sur le bois du cep et apporter des éléments de réponses physiologiques sur l'expression des symptômes foliaires à travers la caractérisation des composants de l'agressivité des champignons (production de métabolites secondaires et de polypeptides) et des mécanismes mise en œuvre dans la dégradation du bois (enzymes d'attaque, etc.). Au niveau de la plante, des mécanismes de détoxication dont elle dispose naturellement seront étudiés afin de déterminer s'ils sont défaillants face aux toxines des champignons.

- Compréhension du mode d'action de l'arsénite de sodium (Larignon et al., 2014). L'objectif est de comprendre comment il se distribuait et s'accumulait dans la plante, quel impact il avait sur la physiologie de la plante et sur les champignons pathogènes (croissances, production de toxines) afin d'empêcher l'extériorisation des symptômes herbacés, et enfin, avait-il un effet sur la microflore accompagnatrice. Les réponses à ces questions pourront aider à développer un produit de substitution ou un ensemble de moyens qui permettrait de simuler l'action de l'arsénite.

CASDAR V1302 - Evaluer l'impact de techniques agricoles et des facteurs environnementaux pour prévoir et lutter contre les maladies du bois de la vigne (Porteur : C. Chevrier, CA Languedoc-Roussillon).

- Etudier la dynamique temporelle et spatio-temporelle de l'esca/BDA en intégrant les données pédoclimatiques spatialisées et des données agronomiques pour construire des modèles de compréhension et de prédiction

- Mieux comprendre l'effet de pratiques de conduite du cep et de la taille (type et qualité)

- Proposer un schéma de fonctionnement global des MDB basé sur l'ensemble des connaissances et expertises actuelles

CASDAR V1303 - Microflores pathogènes et protectrices du bois de la vigne et réponses adaptatives de la plante. Développement de marqueurs de tolérance et de diagnostic (Porteur : P. Rey, Bordeaux Sciences Agro).

- Etudier les communautés microbiennes colonisant le bois de différents cépages ayant des sensibilités différentes aux MDB

- Lutte biologique contre plusieurs champignons impliqués par utilisation de micro-organismes non pathogènes colonisateurs de la vigne

- Etudier l'effet de la diversité des Botryosphaeriaceae sur la tolérance de divers cépages et génotypes

- Identifier des marqueurs physiologiques et moléculaires impliqués dans la tolérance de la vigne

- Rechercher des sources de tolérance à E. latta et aux Botryosphaeriaceae au sein de la diversité génétique de Vitis vinifera

En complément de ces 3 projets CASDAR, il y a un programme France AgriMer national intitulé « Maladies du bois de la vigne ». Ce projet est porté par l'IFV (P. Larignon) et implique également des Chambres d'Agriculture et l'Université de Reims Champagne-Ardenne. Les objectifs de ce projet sont d'identifier les causes responsables de ces maladies en focalisant sur l'étiologie, mieux comprendre les cycles de développement des agents pathogènes, identifier les facteurs agronomiques favorisant l'expression des symptômes et tester des méthodes de lutte. Le développement de méthodes de lutte est également abordé dans un programme co-financé par FAM Pays de Loire / CPER Pays de Loire / Interloire et qui implique l'Université de Poitiers (JF Chollet) et l'URCA (F. Fontaine). Ce projet vise à coupler des méthodes de lutte biologique et chimique.

Les recherches à l'échelle de l'Europe

En novembre 2013, l'Action COST FA1303 intitulée « Sustainable control of grapevine trunk diseases » (Gestion durable des maladies du bois de la vigne) portée par Fontaine F. a débuté. Le but de cette COST Action est de développer un réseau d'expertises européennes afin d'améliorer la compréhension des MDB en acquérant des connaissances sur les agents pathogènes impliqués, les interactions vigne-pathogène, l'écologie microbienne des ceps asymptomatiques et symptomatiques, et de développer de nouvelles méthodes de lutte, biologiques et chimiques. Cette Action COST rassemblent des chercheurs Universitaires multidisciplinaires, des Instituts de la vigne et du Vin et des Pépiniéristes de 21 pays européens (AT, BG, CH, CZ, DE, GR, ES, FR, HR, HU, IL, IT, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, TR, UK) dans le but de proposer de nouvelles recomman-

dations pour la gestion des MDB. Cette Action COST, d'une durée de 4 ans, est organisée en 4 groupes de travail (Working Group) : WG1, caractérisation et détection des pathogènes et épidémiologie des MDB ; WG2, écologie microbienne ; WG3, interaction hôte-pathogènes et champignon-champignon ; et WG4, moyens de lutte. Ce programme vise à placer ainsi l'Europe en tant que leader mondial dans la recherche des MDB afin d'assurer la pérennité de ses vignobles. Les connaissances acquises seront diffusées auprès des viticulteurs et de l'interprofession.

Liens utiles

Programmes CASDAR : http://www.maladie-du-bois-vigne.fr/
Action COST FA1303 : http://managtd.eu/

Références

Abou-Mansour E, Potier J, Pezet R, Tabacchi R (2009) Purification and partial characterisation of a 60KDa laccase from Fomitiporia mediterranea. Phytopathol. Mediterr. (48) : 447-453

Andolfi AML, Luque J, Surico G, Cimmino A, Evidente A (2011) Phytotoxins produced by fungi associated with grapevine trunk diseases. Toxins, 3(12):1569-1605

Bertsch C., Ramirez-Suero M., Magnin-Robert M., Larignon P., Chong J., Spagnolo A., Clément C., Fontaine F. 2013. Grapevine trunk diseases: complex and still poorly understood. Plant Pathology, 62(2) : 243-365.

Bruez E., Lecomte P., Grosman J., Doublet B., Bertsch C., Fontaine F., A. Ugaglia, PL Teisseidre, JP Da Costa, L. Guérin-Dubrana, P. Rey. 2013. Overview of grapevine trunk diseases in France in the early 2000s. Phytopathologia Mediterranea, 52 (2) : 262-275.

Carbonell-Barrachina A, Burlo-Carbonell F, Mataix-Beneyto J (1997) Effect of sodium arsenite on arsenic accumulation and distribution in leaves and fruits of Vitis vinifera. Journal of Plant Nutrition. 20: 379-387

Desaché F, Courlit Y, Ménard E (1995) Optimiser la lutte chimique contre l'esca. Phytoma. 470 : 29-31

Guérin-Dubrana L., Bernos L., Chevrier C., Fontaine F., Gomès E., Rey P., 2013. Maladies du bois de la vigne, note sur l'état des recherches. Le vigneron champenois. Novembre : 75-81.

Grosman G et Doublet B, 2013. Etat des lieux actualisé des vignobles. Journées Maladies du bois, Angers.

Larignon P., Fontaine F., Farine S., Clément C., Bertsch C. 2009. Esca et Black Dead Arm : deux acteurs majeurs des maladies du bois chez la Vigne «Esca and Black Dead Arm: two major actors of grapevine trunk diseases». Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Biologies, 332: 765-783.

Larignon P., Fontaine F., Bertsch C., 2014. Maladies du bois de la vigne. L'arsénite de sodium de nouveau à l'étude. Le vigneron champenois, N°Octobre, 26-29.

Larignon P, Darné G, Menard E, Desache F, Dudos B (2008) Comment agissait l'arsénite de sodium sur l'esca de la vigne ? Progrès Agricole et Viticole, 125: 642-651.

Moreau L, Vinet E (1923) Contribution à l'étude de l'apoplexie de la vigne et de son traitement. Prog. Agric. Vitic. 7: 87-89
Novoa D, Pujol B (1988) Bilan d'une expérimentation longue durée sur l'esca. Deuxième conférence internationale sur les maladies des plantes, Bordeaux, 8-10 novembre 1988.

Ramirez-Suero M., Bénard-Gellon M., Chong J., Laloue H., Stempien E., Abou-Mansour E., Fontaine F., Larignon P., Mazet-Kieffer F., Farine S., Bertsch C. 2014. Extracellular compounds produced by fungi associated with Botryospheria dieback induce differential défense gene expression patterns and necrosis in Vitis vinifera cv. Chardonnay cells. Protoplasma, DOI 10.1007/s00709-014-0643-y

Ravaz L (1919) Encore l'apoplexie de la vigne. Prog. Agric. Vitic. 52 : 601-603

Ravaz L (1924) L'apoplexie de la vigne. Prog. Agric. Vitic. 81: 109-110

Rives L (1926) Recherches sur quelques formes de dépérissements de la vigne. Thèse Faculté des Sciences de Toulouse. 102 pages

Spinosi J, Fevotte J ; Vial G (2009) Eléments techniques sur l'exposition professionnelle aux pesticides arsenicaux. Matrice cultures – expositions aux pesticides arsenicaux. Institut de veille sanitaire Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, avril 2009, 19 p. Disponible sur : (www.invs.sante.fr).

Viala P (1926) Esca. Annales des Epiphyties. 108 pp.