

# EFFET DE L'ARSÉNITE DE SODIUM SUR LE CYCLE BIOLOGIQUE DES *BOTRYOSPHAERIACEAE*

## → CONTEXTE

Les champignons de la famille des Botryosphaeriaceae sont associés à la Botryosphaeriose chez la vigne. Cette maladie, désignée communément BDA (Black dead arm), est connue depuis le XIX<sup>ème</sup> siècle en France et en Italie sous les termes de rougeau, folletage ou Mal Rosso (Marès 1865, Pierce 1892, Ravaz 1898, 1901). Elle se manifeste par différentes symptomatologies au niveau de la partie herbacée (Larignon 2016). Elle se caractérise par des formes plus ou moins sévères (forme lente, forme défoliatrice) allant jusqu'à l'apoplexie ou conduisant à l'affaiblissement progressif de la plante (perte de vigueur), pour aboutir à la mort d'une de ses parties (coursons, bras), puis de sa totalité. En France, huit espèces ont été identifiées dont les deux plus communes sont *Diplodia seriata* et *Neofusicoccum parvum*, et à un degré moindre, *Diplodia mutila*, *Diplodia intermedia*, *Neofusicoccum luteum*, *Botryosphaeria dothidea*, *Spencermartinsia viticola* et *Lasiodyplodia viticola* (Larignon et al. 2001, Molot et al. 2006, Bellée et al. 2016, Comont et al. 2016). Ces champignons peuvent vivre sous la forme de saprophyte ou d'endophyte au cours de leur cycle de vie. Lors de leur phase saprophytique, ils survivent sur des débris ligneux ou des zones mortes de la plante sur lesquels ils produisent des formes de conservation (Phillips 2002, Larignon et Dubos 2001, Epstein et al. 2008) qui libèrent des spores qui vont se disséminer par des éclaboussures de pluie et le vent dans le vignoble (Kuntzmann et al. 2009, Amponsah et al. 2009). Ils pénètrent dans la plante par des ouvertures naturelles, les plaies ou les bourgeons (Epstein et al. 2008, Molot et al. 2006, Larignon 2011, Makatini et al. 2014). Sous leur état d'endophyte, ils restent dans les tissus ligneux sains sans provoquer de symptômes (Epstein et al. 2008, Larignon 2011). Ils peuvent devenir pathogènes à la suite de stress biotiques ou abiotiques qui sensibilisent la plante à leur attaque (van Niekerk et al. 2011, Qiu et al. 2016, Galarneau et al. 2019).

Cette maladie était contrôlée par l'utilisation de l'arsénite de sodium, qui est devenu interdit en 2001 en France en raison de son caractère cancérigène (WHO 2011). Son mode d'action n'est pas connu. L'objet de cet article traite l'effet qu'il pourrait avoir sur le cycle biologique des agents pathogènes responsables de cette maladie.

## → MISE EN PLACE DE L'EXPÉRIMENTATION

L'expérimentation a été menée sur une parcelle située dans les Costières de Nîmes, de cépage Merlot greffé sur du SO4 et conduite en cordon. Elle a été plantée en 1974 et a présenté 9 % de ceps montrant des symptômes caractéristiques de l'esca/BDA en 2015. Le traitement à l'arsénite de sodium à la concentration de 1250 g/hL (11 février 2016) a été effectué sur quatre-vingts ceps après la taille uniquement sur la partie haute du cep (bras, coursons) jusqu'à ruissellement. Chaque semaine, trente coursons ont été prélevés au hasard jusqu'à début mai 2016. D'autres échantillons (coursons et rameaux), au nombre de trente, ont aussi été collectés à différents stades phénologiques (inflorescences clairement visibles, floraison, véraison, avant vendange) pour suivre la colonisation des agents pathogènes dans les rameaux. Ces derniers ont été analysés sur les quatre premiers entre-noeuds au niveau des écorces et des tissus ligneux selon la méthode de Larignon et Dubos (1997). Les deux premiers ont été regroupés ensemble. Six-cents bûchettes de bois par zone (écorces, tissus ligneux) ont été ainsi analysées à chaque date de prélèvement pour les coursons et trois cents par zone (écorces, tissus ligneux) pour chaque entre-noeud. Les analyses statistiques ont été réalisées selon le test de Tukey (HSD) par le logiciel XLSTAT, qui analyse les différences entre les modalités avec un intervalle de confiance de 95%. Tous les ceps traités n'ont pas exprimé de symptômes foliaires sur la partie herbacée. Les espèces du genre *Diplodia* sont principalement celles qui ont été trouvées dans cette étude.

## ➔ HYPOTHÈSE SUR LES CONTAMINATIONS ANNUELLES RESPONSABLES DES SYMPTÔMES SUR LA PARTIE HERBACÉE

L'arsénite de sodium appliqué uniquement sur la partie haute de la souche (bras, coursons) a d'une part empêché toute expression foliaire et d'autre part fortement limité le développement des *Botryosphaeriaceae* dans les rameaux en raison d'un appauvrissement de leurs sources d'inoculum, qui sont surtout localisées sur d'anciennes plaies de taille, sur les écorces de coursons à proximité des tiges herbacées (Phillips 1998 ; Larignon et Dubos 2001) ou encore dans les bourgeons (Epstein *et al.* 2008). La quasi-absence de l'inoculum a ainsi eu pour conséquence d'empêcher leur dissémination et tous les événements qui en découlent : pollution, contamination, infection et manifestation des symptômes foliaires. Son effet éradiquant les sources d'inoculum avait déjà été constaté. Boubals *et al.* (1956) montrait que ce produit détruisait les pycnides de *Macrophoma flaccida* (synonyme d'une espèce appartenant au complexe *Botryosphaeria dothidea* impliqué dans le dépérissement à *Botryosphaeria* de la vigne) (Phillips et Lucas 1997, Phillips 2002). Ce travail a ainsi conduit à formuler l'hypothèse que les contaminations annuelles seraient responsables des symptômes sur la partie herbacée.

D'autres travaux effectués sur la compréhension du mode d'action de l'arsénite de sodium vont dans le sens de cette hypothèse. Des applications d'arsénite de soude effectuées par badigeonnage des plaies de taille nouvellement formées ont conduit à une moindre efficacité du produit, de l'ordre de 50% (Larignon *et al.* 2008). Cette efficacité partielle serait expliquée par la non-destruction de l'inoculum situé sur les coursons, les anciennes plaies de taille ou dans les bourgeons. Il aurait permis de nouvelles contaminations des organes herbacés durant la période végétative conduisant de ce fait à l'extériorisation de symptômes sur la partie herbacée. Le renouvellement des traitements à l'arsénite de sodium permettait sûrement de maintenir l'inoculum à un niveau de non-nuisibilité et leur arrêt durant deux années de suite à sa reconstitution qui aura pour effet après dissémination, pollution et infection, une reprise de l'apparition de symptômes. L'absence de symptômes foliaires après des traitements effectués avec l'arséniate de plomb pendant la période végétative au moment de la première génération des vers de la grappe (Bulletin de la société vigneronne de l'arrondissement de Beaune 1935) renforce l'idée que les contaminations annuelles sont responsables des symptômes observés au cours de la saison. D'autres observations confortent cette hypothèse. La formation de la bande brune située dans le dernier cerne pourrait être une conséquence d'une agression de l'année. Enfin, elle pourrait expliquer aisément la fluctuation annuelle des symptômes, qui est dépendante des conditions climatiques. Les années à forte expression sont souvent caractérisées par des périodes végétatives pluvieuses et chaudes (Larignon 2009). Cette hypothèse reste néanmoins à être démontrée. D'ailleurs, aucune étude ne montre non plus que des contaminations ayant eu lieu depuis plusieurs années ont conduit à des expressions sur la partie herbacée.

## ➔ PERSPECTIVES

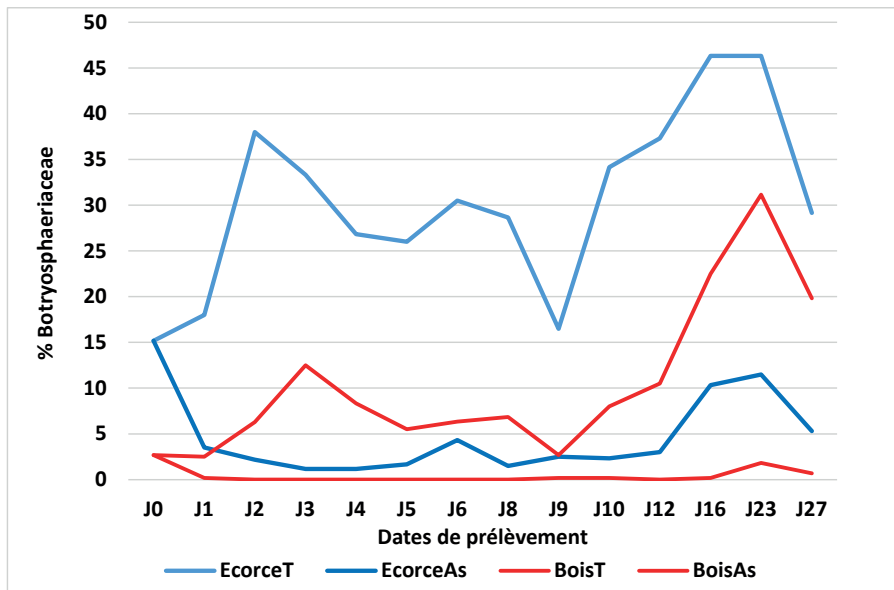
Les futures recherches auront pour objectif la validation de cette hypothèse. Elles permettront ainsi de définir si cette affection peut être considérée comme une maladie annuelle plutôt qu'un simple dépérissement. Sa validation sera susceptible d'ouvrir des pistes de lutte nouvelles et aura aussi des répercussions importantes sur les programmes de recherche à prioriser.

## ➔ REMERCIEMENTS

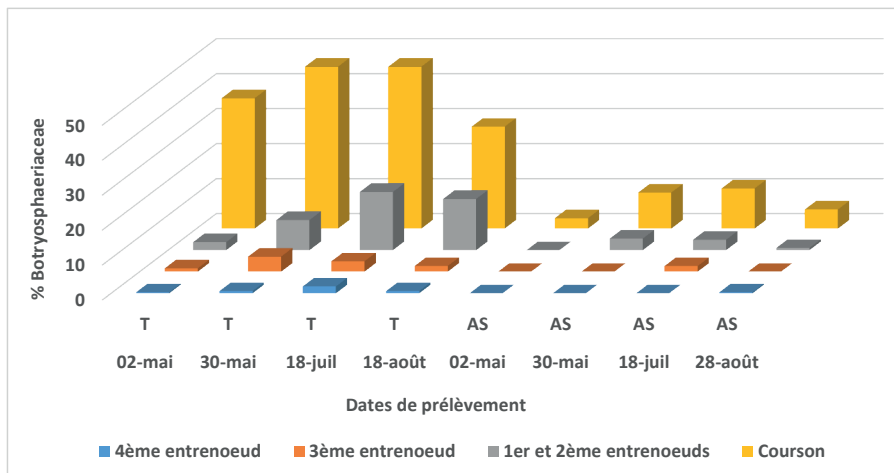
Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'appel à projets Casdar (V1301) grâce à la participation financière du CASDAR et du CNIV.

## ➔ RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

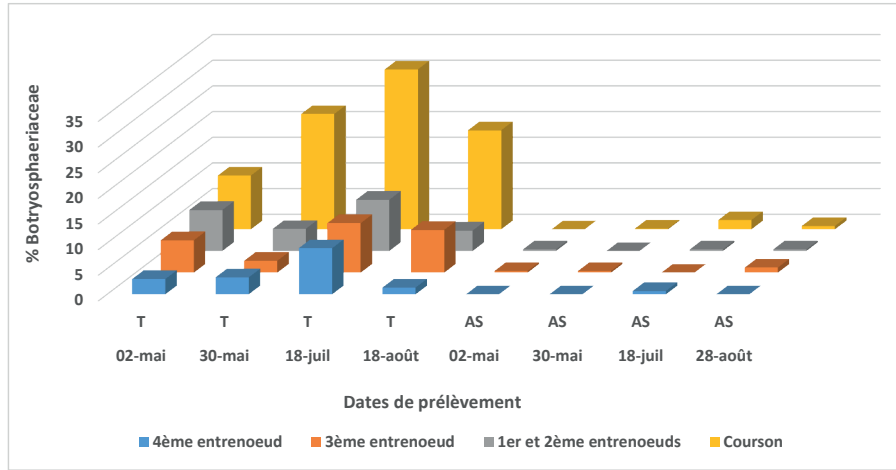
- Amponsah NT, Jones EE, Ridgway HJ & Jaspers MV 2009. Rainwater dispersal of *Botryosphaeria* conidia from infected grapevines. **New Zealand Plant Protection**. 62, 228–23.
- Bellée A., Comont G., Nivault A. et al. 2017. Life traits of four *Botryosphaeriaceae* species and molecular responses of different grapevine cultivars or hybrids. *Plant Pathology*. 66, 763-776.
- Boubals D., Agulhon R. & Vergnes A. 1956. Essais de lutte contre l'excoriose. **Prog. Agric. Vitic.** 145, 152-157 et 169-173.
- Comont G, Mayet V & Corio-Costet MF 2016. First report of *Lasiodiplodia viticola*, *Spencermartinsia viticola* and *Diplodia intermedia* associated with *Vitis vinifera* grapevine decline in French vineyards. **Plant Disease**. 100, 2328.
- Epstein L, Kaur S & van der Gheynst JS. 2008. Botryosphaeria-related dieback and control investigated in noncoastal California grapevines. *California Agriculture*. 62, 161-166.
- Kuntzmann P, Villaumé S & Berstch C. 2009. Conidia dispersal of *Diplodia* species in a French vineyard. **Phytopathologia Mediterranea**. 48, 148-150.
- Galarneau ERA, Lawrence DP, Travadon R & Baumgartner K. 2019. Drought exacerbates Botryosphaeria dieback symptoms in grapevines and confounds host-based molecular markers of infection by *Neofusicoccum parvum*. **Plant Disease**. 103, 1736-1745.
- Larignon P. 2009. Y a-t-il un lien entre climat et expression du Black Dead Arm ? Identification des facteurs climatiques favorisant l'expression des symptômes. **Phytoma**. 628, 27-29.
- Larignon P. 2011. Les maladies du bois de la vigne. Quelques éléments sur la biologie de deux champignons associés, *Phaeoacremonium aleophilum* et *Diplodia seriata*. **Phytoma**, 646, 41-44.
- Larignon P. 2016. Maladies cryptogamiques du bois de la vigne : symptomatologie et agents pathogènes. 167 pages. Site internet IFV.
- Larignon P & Dubos B. 1997. Fungi associated with esca disease in grapevine. **Eur. J. Pl. Pathol.** 103, 147-157.
- Larignon P & Dubos B. 2001. The villainy of Black Dead Arm. **Wines & Vines**. 82, 86–89.
- Larignon P, Fulchic R, Céré L & Dubos B. 2001. Observation on black dead arm in French vineyards. **Phytopathol. Mediterr.** 40, S336-S342.
- Larignon P, Darné G., Ménard E., Desaché F. & Dubos B. 2008. Comment agissait l'arsénite de sodium sur l'esca de la vigne ? **Prog. Agric. Vitic.** 125, 642-651.
- Makatini G, Mutawila C, Halleen F & Mostert L. 2014. Grapevine sucker wounds as infection ports for trunk disease pathogens. **Phytopathol. Mediterr.** 53, 573.
- Marès H. 1865. Des vignes du Midi de la France. *In* : Le Livre de la Ferme et des Maisons de Campagne. Tome 2, Victor Masson et fils, Paris. 266-375.
- Molot B, Larignon P, & Coarer M. 2006. Black dead arm. De nouvelles pistes. **Colloque Mondiaiviti**, Bordeaux, 29-30 novembre 2006. 15-17.
- Phillips AJL. 1998. *Botryosphaeria dothidea* and other fungi associated with excoriosis and dieback of grapevines in Portugal. **Journal of Phytopathology**. 146, 327 - 332.
- Phillips A.J.L. 2002. *Botryosphaeria* species associated with diseases of grapevines in Portugal. **Phytopathologia Mediterranea**. 41, 3-18.
- Phillips A.J.L. & Lucas M.T. 1997. The taxonomic status of *Macrophoma flaccida* and *Macrophoma reniformis* and their relationship to *Botryosphaeria dothidea*. **Sydowia**. 49, 150-159.
- Pierce NB 1892. The California vine disease. A preliminary report of investigations. **U.S. Department of Agriculture. Division of vegetable pathology**. Bulletin n°2. 222 pages.
- Qiu Y, Steel CC, Ash GJ & Savocchia S. 2016. Effects of temperature and water stress on the virulence of *Botryosphaeriaceae* spp. causing dieback of grapevines and their predicted distribution using CLIMEX in Australia. **Acta Hort.** 1115, 171-181.
- Ravaz L. 1898. Sur le folletage. **Revue de Viticulture**. 10, 184-185.
- Ravaz L. 1901. Le folletage. **Progrès Agricole et Viticole**. 35, 633.
- van Niekerk JM, Strever AE, du Toit G, Halleen F & Fourie PH. 2011. Influence of water stress on *Botryosphaeriaceae* disease expression in grapevines. **Phytopathologia Mediterranea**. 50, S151-S165.
- WHO. 2011. Safety evaluation of certain contaminants in food. WHO Food Additives Series, No. 63/FAO JECFA Monographs 8. Arsenic (addendum), 153-316.



**Figure 1** - Evolution des Botryosphaeriaceae au niveau des écorces (en bleu) et des tissus ligneux (en rouge) de coursions à la suite du traitement à l'arsénite de sodium. Jo (27 janvier) : analyses réalisées avant le traitement, J1 (11 février) : date du traitement, J8 (4 avril) : débourrement, J12 (2 mai) : inflorescences visibles, J16 (30 mai) : floraison, J23 (18 juillet) : véraison, J27 (28 août) : avant vendange.



**Figure 2** - Evolution des *Botryosphaeriaceae* au niveau des écorces de coursions et des quatre premiers entrenœuds de rameaux à la suite du traitement à l'arsénite de sodium. T : témoin, AS : traitement. 2 mai : inflorescences visibles, 30 mai : floraison, 18 juillet : véraison, 28 août : avant vendange.



**Figure 3** - Evolution des *Botryosphaeriaceae* au niveau des tissus ligneux de coursons et des quatre premiers entre-nœuds de rameaux à la suite du traitement à l'arsénite de sodium. T : témoin, As : traitement. 2 mai : inflorescences visibles, 30 mai : floraison, 18 juillet : véraison, 28 août : avant vendange.

	Ecorces	Ecorces	Tissus ligneux	Tissus ligneux
	Témoin	As	Témoin	As
Dates de prélèvement	%	%	%	%
J0	15,17a	15,17a	2,67a	2,67a
J1	18a	3,5b	2,5a	0,17b
J2	38a	2,17b	6,33a	0b
J3	33,33a	1,17b	12,5a	0b
J4	26,83a	1,17b	8,33a	0b
J5	26a	1,67b	5,5a	0b
J6	30,5a	6,33b	6,33a	0b
J8	28,67a	1,5b	6,83a	0b
J9	16,5a	2,5b	2,67a	0,17a
J10	34,17a	2,33b	8a	0,17b
J12	37,33a	3b	10,5a	0b
J16	46,33a	10,33b	22,5a	0,17b
J23	46,33a	11,5b	31,17a	1,83b
J27	29,17a	5,5b	19,33a	0,67b

**Tableau 1** - Evolution des *Botryosphaeriaceae* au niveau des écorces et des tissus ligneux de coursons à la suite du traitement à l'arsénite de sodium. Les résultats sont exprimés en pourcentage de bûchettes hébergeant les *Botryosphaeria*. T : témoin, As : traitement. Jo (27 janvier) : analyses réalisées avant le traitement, J1 (11 février) : date du traitement, J8 (4 avril) : débourrement, J12 (2 mai) : inflorescences visibles, J16 (30 mai) : floraison, J23 (18 juillet) : véraison, J27 (28 août) : avant vendange. Les différences significatives sont montrées par des lettres différentes (test de Tukey HSD).

		Ecorces	Ecorces	Tissus ligneux	Tissus ligneux
		Témoin	As	Témoin	As
Rameaux		%	%	%	%
	J12	1,22a	0b	5,78a	0,22b
	J16	3,33a	1,11b	3,78a	0,11b
	J23	7,22a	1,56b	9,56a	0,11b
	J27	6a	0,22b	4,56a	0,44b

**Tableau 2** - Evolution des *Botryosphaeriaceae* au niveau des écorces et des tissus ligneux de rameaux à la suite du traitement à l'arsénite de sodium. Les résultats sont exprimés en pourcentage de bûchettes hébergeant les *Botryosphaeria*. T : témoin, As : traitement. 2 mai : inflorescences visibles, 30 mai : floraison, 18 juillet : véraison, 28 août : avant vendange. Les différences significatives sont montrées par des lettres différentes (test de Tukey HSD).