



Application de biocontrôle au cœur des maladies du bois ?

L'esca de la Vigne

Une maladie préoccupante

L'esca est la maladie du bois de la vigne la plus préoccupante. Elle est présente dans de nombreux pays viticoles où elle cause un dépérissement des ceps de vignes allant jusqu'à leur mort. Au niveau national, dans les parcelles françaises touchées, **on retrouve jusqu'à 50% de pieds malades**. Cette forte incidence se retrouve principalement sur les pieds de 15-25 ans ⁽¹⁾.

Symptomatologie

Cette maladie se compose d'une association de **3 champignons** : *Phaeoacremonium aleophilum*, *Phaeoaniella chlamydospora* et *Fomitiporia mediterranea*. Ces champignons sont présents dans le tissu vasculaire du bois, se disséminent sous forme de spores infectieuses par voie aérienne ou hydrique et contaminent les plaies de taille pendant la période végétative ⁽³⁾.

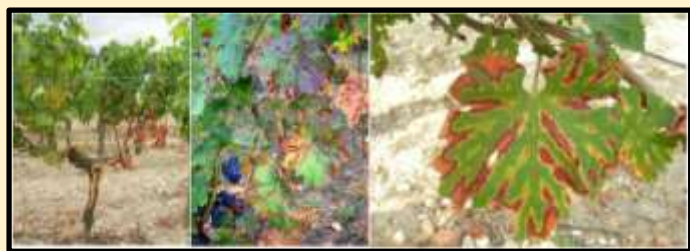


Figure 1 : Photographies des symptômes foliaires de l'esca ⁽³⁾

Cette maladie se présente sous 2 formes différentes : une **forme lente** (tâches foliaires spécifiques, jaunâtres et rouge, qui provoquent un brunissement puis un dessèchement lent de la feuille) et une **forme apoplectique** (dessèchement rapide des organes aériens, rameaux et d'une partie du cep, entraînant la mort des ceps principalement en période estivale) ⁽²⁾.

Le pathogène possède différents angles d'attaque : par voies aériennes au niveau des plaies de taille ou encore par les racines. Cela entraîne les symptômes spécifiques associés à l'esca au niveau du bois ⁽⁴⁾.

Les symptômes associés à cette maladie sont doubles. On retrouve des **nécroses sur le bois** de la vigne et des **symptômes foliaires** (Figure 1), conséquences de ces nécroses. Concernant les nécroses du bois, il en existe 2 types : (1) une nécrose centrale de couleur claire entourée d'une zone brune et (2) une nécrose sectorielle claire (Figure 2).

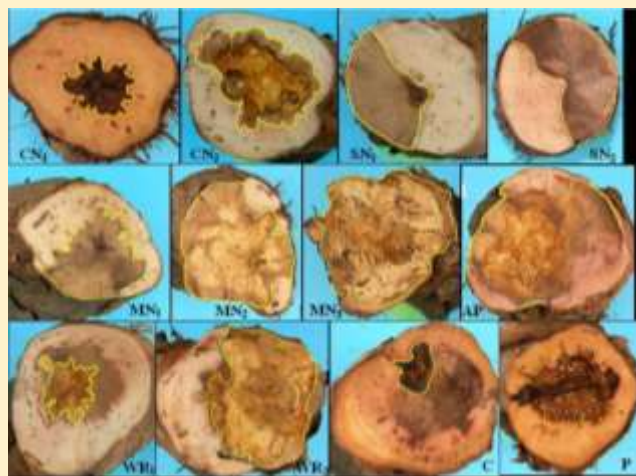


Figure 2 : Photographies des symptômes de l'esca sur bois ⁽³⁾

Sur le terrain, cette maladie est très **complexe à identifier** car le pathosystème peut varier entre les différentes parcelles du fait d'interactions complexes et diverses. L'identification de la maladie ne peut se faire qu'à partir de l'apparition des symptômes foliaires même si le bois est préalablement touché.

Une maladie aux méthodes de lutttes actuellement très limitées

Jusqu'au début des années 2000, la **lutte chimique** était pratiquée pour contrôler l'esca. Deux molécules étaient principalement utilisées: l'arsénite de sodium et le carbendazime. Les fongicides contenant ces molécules étaient efficaces contre l'esca mais dangereux pour la santé humaine et l'environnement. Ils étaient soit appliqués par **traitement foliaire** (pulvérisation à l'échelle de la parcelle) ou bien par **injection dans le tronc des ceps**. Leur utilisation est désormais interdite. Il n'existe actuellement pas de méthode curative pour éliminer les champignons du bois.

La mise-en-place de **méthodes prophylactiques** constitue alors une des rares solutions pour contrôler l'esca de la vigne. Deux principales peuvent être mises-en-oeuvre : le **recépage** qui consiste à couper le tronc des ceps malades au moment de la taille afin de supprimer les nécroses tout en gardant les trajets de sève fonctionnels. La section doit ensuite être protégée afin d'éviter toute contamination potentielle. Le **regreffage** qui correspond à la greffe d'un nouveau greffon sur le porte-greffe resté sain. Les taux de réussite de ces méthodes prophylactiques restent cependant très variables ⁽⁶⁾.

Les mécanismes de défense

Tout d'abord, les **défenses constitutives** des plants de vigne entrent en jeu à la suite d'une attaque par des pathogènes. Elles dépendent de la morphologie (taille et position des vaisseaux dans le tronc), de la composition de l'écorce (acide gallique, catéchines, salicines) et des composés phénoliques présents dans le bois. Elles peuvent expliquer les différences de tolérance de la vigne face à l'esca ⁽⁴⁾.

Ensuite les **défenses induites non-spécifiques** (modèle CODIT - COmpartmentalization of Decay In Trees) interviennent. Elles ont pour objectif de **maintenir l'infection à distance du cambium** (couche de cellules méristématiques dont les divisions engendrent xylème secondaire et phloème) en confinant le pathogène dans le centre du tronc.

4 types de barrières non spécifiques se mettent en place contre les pathogènes vasculaires qui infiltrent à la fois le circuit vasculaire du bois (xylème) et les tissus corticaux (partie du cambium) **(1,2,3,4)** pour y sécréter des polysaccharides **(5)** (Figure 3).

La défense de la plante se met en place par la **sécrétion de substances** multiples s'accumulant : matériaux d'occlusion de vaisseaux, qui empêchent la progression du pathogène dans le bois, pectines ou composés phénoliques, qui permettent la défense contre l'agent **(6)**. Ils constituent les barrières à proximité de la zone touchée et sur toute la longueur du tronc ⁽⁴⁾.

Néanmoins, il a été montré génétiquement que les souches de *P. Chlamydospora* sont capables d'émettre des pectinases qui permettent la progression dans le xylème malgré les défenses de la plante **(7)**. Une diminution de la photosynthèse est conséquente à cette activité dans le bois, ce qui forme les symptômes foliaires caractéristiques de l'esca **(8,9)** ⁽⁴⁾.

Défenses de la plante et biocontrôle

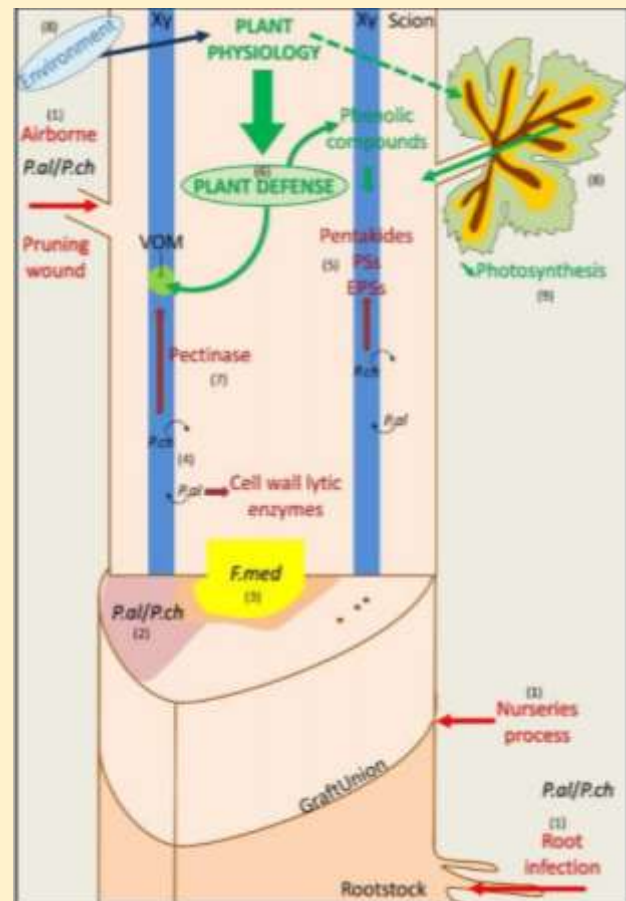


Figure 3 : Schéma des systèmes de défense des plantes chez la vigne contre une attaque de ravageurs ⁽⁴⁾

Les solutions de biocontrôle

Dans le cadre du biocontrôle, c'est-à-dire l'ensemble des méthodes de protection des végétaux qui utilisent des mécanismes naturels, peuvent être utilisés contre l'esca des **organismes vivants** ou des **produits éliciteurs des défenses des plantes**. Des essais ont été réalisés avec des éliciteurs, mais jusqu'à présent ces produits n'ont pas apporté de résultats satisfaisants. En revanche, l'utilisation d'organismes vivants a déjà démontré son potentiel.

Pulvérisation d'agents de biocontrôle

Une première méthode consiste en la **pulvérisation de souches de champignons *Trichoderma***. Cette méthode semble bien démontrer une efficacité. En effet, d'après Di Marco et al., 2004 ⁽⁷⁾, l'application de *P. chlamydospora* sur des plants de vigne non pulvérisés aux *Trichoderma* aurait généré la présence de « black goo » (marques noires) sur 54% des plants, ainsi que des nécroses du parenchyme. Parallèlement, d'autres plants préalablement pulvérisés aux *Trichoderma* ne présentaient ni black goo, ni nécrose du parenchyme.

Injection d'agents de biocontrôle

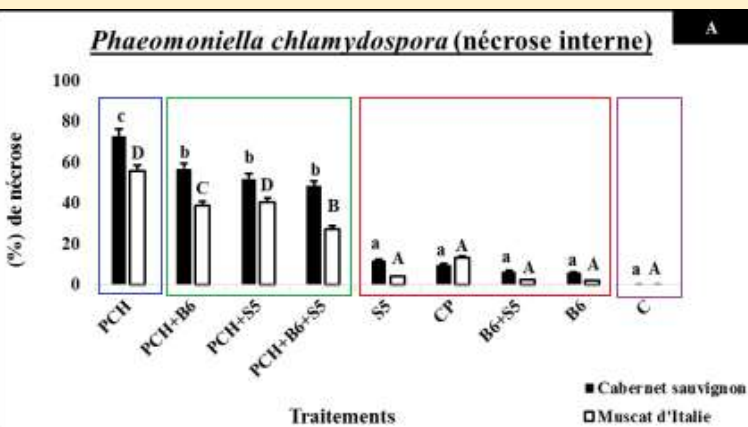
Il est aussi possible d'injecter dans la souche de vigne des **solutions de *Trichoderma***, afin de prévenir le développement de l'esca ⁽⁸⁾.

Cette méthode semble avoir un impact négatif sur la croissance de *P. chlamydospora*. L'injection de souches de *Trichoderma* dans des plants de Sauvignon Blanc et de Cabernet Sauvignon, a permis de réduire la profondeur de croissance de *P. chlamydospora* de 30mm de profondeur dans le plant. Le développement de *P. chlamydospora* se trouve donc bien affecté par l'inoculation de *Trichoderma* ⁽⁸⁾.

Les mécanismes derrière le biocontrôle

Les agents de biocontrôle peuvent agir de plusieurs façons différentes. Ils peuvent d'abord lutter directement contre les agents pathogènes en émettant des **molécules antagonistes**. Ils peuvent aussi agir indirectement en **stimulant les défenses de la plante**, qui va ensuite lutter plus efficacement contre le pathogène. Enfin, ils peuvent augmenter la vigueur de la plante.

Que cela soit par pulvérisation ou par injection, l'apport de *Trichoderma* semble avoir un effet de stimulation de la croissance racinaire des plants ce qui pourrait aider les plants à lutter contre *P. chlamydospora* ⁽⁷⁾.



Bleu : plant de vigne atteint de l'esca
Vert : plant de vigne atteint de l'esca avec injection de bactéries
Rouge : plant sain mais avec injection de bactéries (traduit l'effet de la perceuse sur la présence de nécroses)
Violet : plant sain

Des **souches de bactéries** peuvent aussi être injectées afin de traiter le plant. Les effets de l'injection de deux souches de bactéries sur le développement de *P. chlamydospora* ont été testés pour des plants de Cabernet sauvignon et de Muscat d'Italie. Les deux souches étaient *Pantoea agglomerans* (dit S5) et *Bacillus subtilis* (dit B6) (Figure 4) ⁽⁶⁾.

Nous pouvons observer une différence significative entre le taux de nécroses internes pour un plant atteint de l'esca et un plant atteint de l'esca, mais traité avec les bactéries antagonistes. Les plants non traités présentent significativement plus de nécroses que les plants traités. L'injection de bactéries semble donc bien avoir un effet positif dans la lutte contre *P. chlamydospora*.

Figure 4 : Mesure du pourcentage de nécroses sur les troncs des ceps en fonction du traitement appliqué ⁽⁶⁾

Les limites de ces méthodes de biocontrôle

Les limites des agents de biocontrôle

Les méthodes de biocontrôle contre l'esca ne sont pas absolues et ont bien souvent une **efficacité limitée**. On travaille souvent sur une seule espèce du complexe Esca et non sur l'ensemble de sa succession. Il faudrait donc songer à **combinaison des méthodes** entre elles. Un effort dans la formulation des produits à injecter ainsi que dans leur application doit encore être réalisé pour trouver les solutions les plus efficaces possibles. Notamment, des efforts devraient être mis dans la mise au point d'éliciteurs efficaces. Certains ont déjà démontré leur efficacité contre d'autres maladies, comme le phosphite de potassium contre la maladie de l'encre du châtaignier ⁽⁹⁾.

Les limites des méthodes d'application

Si le produit est appliqué par **pulvérisation**, seulement une partie atteint les feuilles. Une perte non négligeable de produit est donc observée. De plus, le produit pulvérisé atteint en majeure partie les feuilles de la vigne et non le tronc alors que l'esca est une maladie du bois qui affecte en premier lieu le tronc et les branches. Enfin, cette méthode d'application oblige le vigneron à traiter toute sa parcelle et pas seulement les ceps malades ce qui est susceptible d'engendrer des **pertes économiques**. Une injection du produit dans le tronc semblerait alors plus efficace.

Mais concernant l'injection telle qu'elle se pratique généralement, en nous référant à la Figure 4, nous pouvons observer que l'action de la perceuse seule (CP) semble générer des **nécroses**, nécroses que l'on n'observe pas sur les plants sains non traités (C). De plus, la perceuse pourrait, par la blessure générée, favoriser le passage de *P. chlamydospora* dans la plante. Il serait donc intéressant de pouvoir injecter des produits de biocontrôle, sans pour autant blesser la plante. Par ailleurs, l'injection dans le tronc, si elle a des avantages par rapport à la pulvérisation, reste assez coûteuse en temps et en argent telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui. Darriet et Lecomte (2007)⁽⁵⁾ soulignent ce fait dans le cadre de la viticulture et laissent entendre que l'injection resterait une méthode réservée à des vignes isolées chez des particuliers ou à des vignobles à forte valeur ajoutée.

L'appareil BITE[®], un outil pour améliorer l'injection ?

BITE[®]

Comme nous venons de le voir, l'injection de produits de biocontrôle dans le tronc des ceps pourrait se révéler une méthode intéressante pour lutter contre l'Esca, mais elle présente encore quelques désavantages. Pour faire face à ces désavantages, nous proposons d'améliorer la méthode d'injection en faisant appel à un nouvel appareillage : **BITE[®]**.



Figure 5 : photographie de l'outil BITE[®] ⁽¹¹⁾

L'appareil

BITE® est un système d'injection mis au point en 2011 à l'Université de Padoue (Italie). Il a été conçu à l'origine pour un usage en arboriculture et en foresterie, mais nous pensons qu'il serait facilement adaptable à la viticulture. Cet appareil fonctionne sur un mode différent des autres appareils à injection dans le tronc. En effet, il dispose d'une lame lenticulaire d'où le produit injecté sors via des orifices latéraux, quand les autres systèmes fonctionnent avec des aiguilles circulaires ⁽¹⁰⁾. Ceci confère plusieurs avantages.

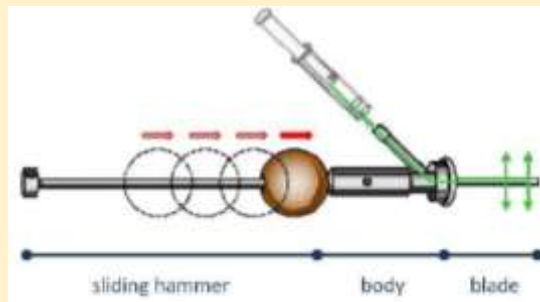


Figure 6 : Schéma de l'appareil BITE® ⁽¹⁰⁾

Pas besoin de percer

Tout d'abord, grâce à cette lame, il n'y a pas besoin de percer préalablement le tronc avec un instrument type perceuse, comme ce qui est fait généralement. La lame s'insère relativement aisément entre les fibres du bois en les écartant. Un petit marteau coulissant à l'arrière de l'appareil permet de donner la force nécessaire à sa pénétration. La lame épouse alors la forme suivie par les fibres en s'écartant ⁽¹⁰⁾.

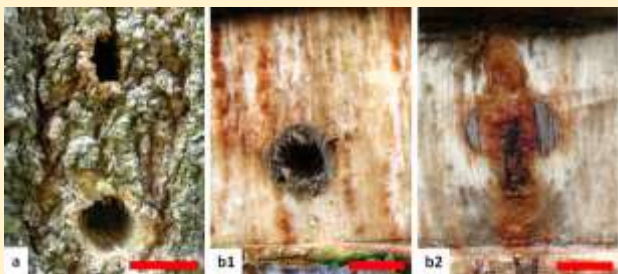


Figure 7 : (a) trou à la perceuse (bas) et par l'appareil BITE® (haut) avant injection. (b1) trou à la perceuse après 4 semaines. (b2) trou par l'appareil BITE® après 4 semaines. ⁽¹⁰⁾

Le fait de ne pas avoir à percer le tronc permet d'abord de ne pas déchirer ou briser les fibres du bois. Ensuite, cela évite les nécroses induites par la perceuse qui brûle les tissus autour du trou formé. Enfin, cela permet une cicatrisation beaucoup plus rapide de la plaie engendrée, en ne produisant pas de nécrose et en ramenant les fibres à leur position initiale une fois l'appareil retiré. La cicatrisation totale se fait alors en quelques mois, avec une plaie qui peut déjà être refermée au bout d'un mois ⁽¹⁰⁾.

Une absorption accélérée

De plus, la technologie BITE® permet une absorption par la plante du produit plus rapide qu'avec une autre technologie d'injection. La première raison est la non-destruction des tissus. Cela permet de ne pas (ou peu) perturber le flux de sève. La deuxième raison est que l'instrument, en s'insérant entre les fibres du bois, compresse ces dernières, ce qui réduit le diamètre des vaisseaux de ces fibres. Cette réduction de diamètre provoque une accélération de la sève et génère un effet Venturi, soit une baisse de pression, au niveau des vaisseaux. Cette baisse de pression va conduire à une aspiration du liquide contenu dans l'appareil qui sera ainsi absorbé relativement rapidement par la plante ⁽¹⁰⁾. Ceci peut amener un gain de temps non négligeable pour l'opérateur.



Injection d'un produit de biocontrôle avec l'outil Bite® ⁽¹⁰⁾

Conclusion

L'esca est une maladie particulièrement problématique face à laquelle les viticulteurs sont aujourd'hui assez démunis. L'utilisation de biocontrôle semble être une piste prometteuse pour y faire face. L'application de ces produits de biocontrôle peut se faire par injection, ce qui a certains avantages par rapport à la pulvérisation mais conserve certains inconvénients. Nous proposons l'utilisation d'un appareillage innovant, BITE®, pour améliorer la technique d'injection de ces produits.

Bibliographie

- [1] « les maladies du bois de la vigne - L'esca ». s. d. (INRA, IFV, ...) Consulté le 16 octobre 2019. <https://www.maladie-du-bois-vigne.fr/Maladies-du-bois/L-esca>.
- [2] Shuxian Li. Modélisation spatio-temporelle pour l'esca de la vigne à l'échelle de la parcelle. Ecologie, Environnement. Université de Bordeaux, 2015. Français.
- [3] Bruez, Emilie. « Etude comparative des communautés fongiques et bactériennes colonisant le bois de ceps de vigne ayant exprimé ou non des symptômes d'esca », thèse pour le doctorat de l'université de Bordeaux 2, option Biologie Végétale, [sous la direction de Rey, Patrice], Bordeaux, 2013.
- [4] Pierron, Romain. s. d. « Esca et vigne: compréhension des mécanismes de défense précoces du bois de la vigne *Vitis vinifera* L. suite à la maladie, colonisation des champignons in planta et proposition de moyens de lutte pour une viticulture durable », 228.
- [5] Darrietort et Lecomte (2007) Evaluation of a trunk injection technique to control grapevine wood diseases, *Phytopathologia mediterranea*. 2007. Vol. 46, n°1, p. 8.
- [6] Rezgui, Awatef, 2019. Étude de la microflore colonisant les tissus ligneux de *Vitis vinifera*: Intérêt pour le développement d'agents de biocontrôle contre une maladie du bois de la vigne, l'esca. In : . p. 203.
- [7] Stephano Di Marco, Osti, Fabio et Cesari, Augusto, 2004. Experiments on the control of esca by *Trichoderma*. In : *Phytopathologia Mediterranea*. 2004. Vol. 43, n° 1, p. 9.
- [8] Mutawila, Cheusi, Fourie, Paul H, Halleen, Francois et Mostert, Lizel, 2011a. Histo-pathology study of the growth of *Trichoderma harzianum*, *Phaeoconiella chlamydospora* and *Eutypa lata* on grapevine pruning wounds. In : *Phytopathologia Mediterranea*. 2011. Vol. 50, p. 15.
- [9] Dal Maso, Cocking et Montecchio, 2017. An enhanced trunk injection formulation of potassium phosphite against chestnut ink disease. *Arboricultural Journal*, 2017
Vol. 39, No. 2, 125–141
- [10] Montecchio, L. A Venturi Effect Can Help Cure Our Trees. *J. Vis. Exp.* (80), e51199, doi:10.3791/51199 (2013).
- [11] « Enerbite® – De Rebus Plantarum ». s. d. Consulté le 21 octobre 2019. <https://drp.bio/en/what-we-do/tree-care-en/enerbite/>.