

## Strategia globale per il controllo delle malattie del legno della vite

Le malattie del legno della vite (GTDs, da Grape Trunk Disease), causate da un complesso di funghi patogeni, sono aumentate in Europa specialmente in seguito al divieto di utilizzo di prodotti chimici, dapprima quelli a base di arsenito di sodio (contro Esca), in seguito di benzimidazolici (benomyl e carbendazim) e Inibitori della Biosintesi degli steroli (ciproconazolo e flusilazol) contro *Eutypa*.

Al momento non esistono trattamenti che consentano l'eradicazione di queste malattie. Per questa ragione, e per evitare la diffusione delle GTDs, si devono utilizzare e implementare misure di profilassi, sia in vivaio che in vigneto, fin dal momento dell'impianto.

### Principali sintomi causati dai funghi delle GTDs

Le GTDs, causate da un complesso di funghi patogeni, danneggiano gli organi perenni della vite, causandone la morte nel lungo periodo. In vigneto ne esistono due forme, una cronica e una acuta, chiamata apoplettica. La forma cronica causa riduzione di vigore, porta alla morte di una porzione della chioma e solo in seguito di tutta la pianta. I sintomi fogliari sono caratterizzati da aree necrotiche (dall'apparenza di macchia o di tigratura) e/o nanismo. Le infiorescenze e i frutti possono disseccare o restare bloccati nello sviluppo e avvizzire. Le GTDs causano necrosi e degradazione del legno, andando a occludere i vasi o provocando la formazione di cancri. Questo articolo si focalizza in particolare su tre malattie del legno: Esca, deperimento da *Botryosphaeria* e deperimento da *Eutypa*.

### Sintomi e agenti causali dell' Esca

L'Esca è una malattia complessa causata da vari funghi patogeni tra cui *Phaeomoniella chlamydospora* e *Phaeoacremonium aleophilum*. *Fomitiporia mediterranea* è responsabile della cosiddetta carie spugnosa (chiamata "amadou" in Francia). Questa malattia presenta una forma apoplettica e una forma cronica. La forma acuta è caratterizzata da un rapido disseccamento di una parte della chioma o dell'intera vite. La forma cronica è invece caratterizzata dalla presenza di macchie fogliari internervali, gialle nelle varietà a bacca bianca e rosse in quelle a bacca nera, con bordo giallo. Le necrosi fogliari evolvono poi in disseccamenti fogliari. I grappoli disseccano causando perdita di produzione. Nella forma cronica il sintomo sui grappoli a volte si limita a una maturazione insufficiente. Nel legno possono essere osservate due tipi di necrosi. Una necrosi centrale con una zona chiara e tenera circondata da un bordo nero un centro marrone sono tipici di Esca.



Figure : Sintomi caratteristici dell'Esca : necrosi centrale (1), sintomi fogliari su C. Sauvignon (2), Sauvignon B. (3) e sintomi sui frutti (4) (IFV).

### Sintomi e agenti causali del disseccamento da *Botryosphaeria*

Il disseccamento causato da *Botryosphaeria* è stato spesso confuso con l'Esca, dal momento che i sintomi sono molto simili. Anche questa malattia presenta una forma cronica e una apoplettica. Il disseccamento causato da *Botryosphaeria* è causata da funghi del genere *Botryosphaeria* (*Diplodia seriata* e *Neofusicoccum parvum*). Tra le nervature le foglie presentano macchie rosse nelle varietà a bacca nera e giallo/arancio nelle varietà a bacca bianca, che in seguito diventano necrotiche a partire dai bordi. Rimuovendo la corteccia è visibile una banda marrone circondata da una zona giallo/arancio o una necrosi settoriale marrone/nera, che si può estendere dal germoglio fino al portinnesto. La forma acuta è caratterizzata da un rapido disseccamento dei tralci (a partire dagli apici) con distruzione delle infiorescenze e dei frutti. Inoltre il deperimento da *Botryosphaeria* può determinare un generale arresto dello sviluppo, fino all'apoplezia



Figure : Sintomi caratteristici del disseccamento da *Botryosphaeria*: sintomi fogliari su varietà a bacca nera (1) e bianca (2), necrosi del legno (3) forma apoplettica (4) (IFV).

### Sintomi e agenti causali del disseccamento da *Eutypa*

Il fungo *Eutypa lata* è l'agente causale di questa malattia. Gli internodi dei ceppi ammalati sono più corti e le branche presentano uno sviluppo ritardato. Le foglie sono deformate e clorotiche e presentano necrosi nere, i grappoli presentano acinellatura. Nel legno, appaiono delle necrosi settoriali marrone, consistenti e con bordo definito. Anche la forma apoplettica può essere osservata.



Figure : Sintomi caratteristici del disseccamento da *Eutypa*: necrosi settoriale (1), e sviluppo ritardato (2,3) sintomi fogliari (4) (IFV).

### Fattori che influenzano l'espressione dei sintomi delle GTDs

Fattori biotici e abiotici possono influenzare lo sviluppo delle GTDs in campo e l'espressione dei sintomi. Periodi di siccità, causando stress idrico nella pianta, sono favorevoli alla manifestazione dei sintomi delle GTD (Stamp,

2001). Al contrario, la presenza di altri microrganismi potrebbe interferire con i patogeni, sia limitando che prevenendo il loro sviluppo.

Condizioni meteorologiche umide e miti favoriscono l'espressione dei sintomi nella forma cronica, mentre tempo caldo e secco più facilmente causa l'apoplezia (Surico G. *and Al.* 2006).

I sintomi fogliari possono anche non comparire o fluttuare da un anno all'altro in base a diversi fattori. L'età del vigneto e la cultivar, il sistema di potatura e allevamento possono anch'essi influenzare la manifestazione di sintomi fogliari.

### **Metodi di prevenzione delle GTDs durante la creazione di un vigneto**

E' opportuno rispettare un complesso di buone pratiche per facilitare la prevenzione. La qualità delle piante innestate, il vitigno e le condizioni di impianto sono elementi fondamentali da considerare se si vuole gestire le GTDs fin dall'impianto del vigneto. È stato accertato che, durante la fase di produzione del materiale vegetale, diversi passaggi (frigo-conservazione, idratazione, sgemmatura, innesto, forzatura, radicazione) possono predisporre le giovani piante allo sviluppo di patogeni delle GTDs (Gramaje & Armengol, 2011, Lecomte *et al.*, 2008, Stamp 2001). In generale, è meglio scegliere piante di buona qualità con apparato radicale ben sviluppato e in cui la ferita al punto d'innesto sia completamente cicatrizzata. Ma questo potrebbe non bastare. Anche se non è obbligatorio, alcuni vivai hanno iniziato ad applicare metodi fisici (Hot Water Treatment – HWT, trattamenti in acqua calda), chimici (fungicidi, con differenza a seconda dei paesi) o biologici (*Trichoderma*) per prevenire le infezioni da parte dei patogeni delle GTDs durante il processo di produzione delle viti. I trattamenti in acqua calda possono limitare le popolazioni di *P. chlamydospora* e alcuni ceppi di *Botryosphaeriaceae* (Larignon *et al.*, 2009, Vignes *et al.*, 2009, Elena *et al.*, 2015). Acquistare barbatelle con elevati standard, sane e certificate è quindi importante per assicurarsi una buona qualità sanitaria del vigneto per gli anni a venire. Alcuni vitigni e alcuni portainnesti sembrano più suscettibili di altri allo sviluppo delle GTDS, quindi la scelta di quelli più resistenti, in base al paese e alla regione in cui si opera, rappresenta una misura preventiva. Le cv. Pinot Noir, Syrah e Cot hanno una minor suscettibilità all'Esca /BDA che le cv. Sauvignon b., Trebbiano toscano, Gewurztraminer o Barbera.

L'impianto dovrebbe essere eseguito tra il tardo autunno e l'inizio dell'estate, in terreno non compattato, con gemme dormienti. Prima di piantare, dovrebbe essere effettuati trattamenti con *Trichoderma*, o, nei paesi dove è consentito, prodotti a base di cyprodinil e fludioxonil o metiram e pyraclostrobin mediante immersione delle radici nella soluzione fungicida. Al momento dell'impianto dovrebbe essere posta particolare attenzione al sistema radicale, facendo in modo che non si danneggi e permettendogli di svilupparsi correttamente. All'impianto del vigneto, in assenza di piogge, è importante fornire acqua alle piantine per evitare l'insorgenza di stress idrici. E' opportuno inoltre affiancare un tutore robusto alle piante per facilitare uno sviluppo verticale del tronco, in modo che possa essere meno esposto al danneggiamento da parte delle macchine. In seguito, deve essere considerata la scelta del sistema di allevamento, e la potatura di allevamento deve permettere lo sviluppo di una forma razionale per la fisiologia della vite, tale da agevolare i flussi di linfa.

## **Gestione del suolo nella prevenzione delle GTDs**

Una relazione tra gestione del suolo e sviluppo di GTD è difficile da provare scientificamente, ma adottare buone pratiche in tal senso è comunque sempre consigliabile.

In generale, una buona gestione del suolo, dove aria e acqua circolano facilmente e dove l'acqua non ristagna possono evitare lo stress nelle viti affette da GTDs, aiutando le piante malate. Sono da evitare concimazioni azotate irrazionali, in quanto promuovendo un vigore elevato che può incrementare l'espressione dei sintomi. In tal senso, la formazione di una copertura vegetale, permanente o no, nell'interfila può bilanciare la disponibilità dei nutrienti anche migliorando la struttura del suolo.

## **Sistema di potatura, un aspetto importante**

Le ferite di potatura sono i principali punti di ingresso per i patogeni delle GTDs. Più le ferite sono estese e numerose, più elevata è l'area che i patogeni delle GTDs possono infettare. Inoltre le ferite di potatura sono correlate con le necrosi sottostanti (meglio note come disseccamenti o coni di disseccamento). Queste necrosi possono essere infettate da parte di altri patogeni del legno e/o deteriorare il flusso di linfa, aumentando lo stress fisiologico e così anche gli effetti dannosi delle forme croniche e acute delle forme delle GTDs. Per evitare la presenza di queste necrosi e dei loro effetti, la lunghezza della parte di tralcio o sperone lasciata oltre l'ultima gemma deve essere almeno pari a 1.5 volte il diametro dello stesso. Inoltre, il sistema di allevamento, il momento in cui si esegue la potatura e la protezione delle ferite sono elementi importanti da considerare.

Viene raccomandata la potatura tardiva durante la stagione di dormienza, il più possibile in prossimità del germogliamento, soprattutto per il controllo di *Eutypa*, in quanto le ferite di potatura cicatrizzano più facilmente con temperature più miti. In generale la potatura tardiva è consigliata nelle zone con primavera asciutta. La suscettibilità delle ferite è principalmente influenzata dall'umidità relativa e dalla pioggia (Luque *et al.*, 2014). Precipitazioni e temperatura hanno un effetto diretto sulla distribuzione dei patogeni. E' quindi raccomandato potare le viti durante periodi secchi, dal momento che l'inoculo disponibile in questi periodi non viene dispersi.

Il sistema di allevamento sembra giocare un ruolo importante sull'impatto delle GTDs, ma le informazioni sono contrastanti. E' preferibile optare per una potatura poco invasiva, in modo da provocare piccole ferite e di conseguenza meno intralcio allo sviluppo dei vasi. Inoltre, i sintomi fogliari del disseccamento da *Eutypa* sono più elevati nella potatura corta che in quella lunga, ma la mortalità è più bassa nelle viti potate con sistema a potatura lunga. Le piante allevate a Guyot sono danneggiate da numerose ferite localizzate nella parte superiore del tronco; viceversa, nelle viti potate corte (cordone o alberello) l'area totale delle ferite è più ampia.

Il metodo di potatura Guyot-Poussard, recentemente proposto ai viticoltori per limitare le GTDs, preserva i flussi di linfa dal momento che le ferite di potatura sono localizzate nella parte superiore del cordone permanente. Le ferite sono di dimensioni inferiori, meno numerose e localizzate nel legno giovane che è più resistente alle infezioni rispetto a quello di più anni. Questo sistema di allevamento potrebbe limitare le GTDs ma la teoria deve ancora essere scientificamente convalidata.

Anche se non provato scientificamente, la contaminazione attraverso le cesoie di potatura si ritiene oggi non rilevante a confronto della dispersione dell'inoculo sulle ferite di potatura da parte degli agenti atmosferici. Di

conseguenza non è strettamente necessario disinfettare gli strumenti di taglio per limitare l'Esca e il disseccamento da *Eutypa* (Larignon, 2007). Siccome le ferite di potatura rappresentano la via d'accesso ai patogeni delle GTDs, è raccomandato proteggerle preventivamente mediante l'utilizzo di fungicidi (in base ai prodotti consentiti nei vari paesi), agenti di bio-controllo (*Trichoderma*) o mastici. Questi prodotti devono essere applicati localmente sulle ferite non appena possibile dopo la potatura, a pennello o con irroratrice. **Alcuni studi hanno dimostrato che infezioni da *D. seriata* e *P. chlamydospora* possono essere ridotte in modo significativo utilizzando una miscela di Benomyl, pyraclostrobin, tebuconazolo e tiofanate-metile (Nota: questi prodotti non sono autorizzati in Italia per questo scopo, mentre lo sono vari prodotti per il biocontrollo a base di *Trichoderma* spp.).** L'irrorazione con atomizzatore è più rapida ed economico, ma il prodotto è più soggetto a dilavamento.

Per la protezione delle sono anche efficaci i prodotti a base di *Trichoderma* (Di Marco *et al.*, 2000) o chitosano (Bertsch *et al.*, 2013), come pure mastici, che agiscono come barriera fisica.

### **Distruzione delle sorgenti di inoculo**

L'inoculo delle GTDs si trova sulle piante ammalate e morte (foglie, grappoli, e legno necrotico e vecchio). I residui di potatura e le viti sintomatiche e morte sono una sorgente potenziale di nuove infezioni in vigneto. I residui di potatura possono per esempio essere portatori di inoculo vitale dei patogeni del disseccamento da *Botryosphaeria* fino a 42 mesi. In conseguenza di ciò, è opportuno sbarazzarsi di tutte le sorgenti di inoculo il più velocemente possibile (VITI 2/2006 resolution). Al fine di distruggere l'inoculo potenziale, il legno di potatura dovrebbe essere triturato e incorporato al suolo, bruciato (se permesso dalla legge), triturato e compostato per sei mesi (con temperatura di fermentazione da 40 a 50 °C) o rimosso dall'appezzamento.

### **Rinnovamento del tronco per il ripristino delle piante ammalate**

Al fine di ripristinare il tronco delle viti affette da GTDs, il tronco può essere tagliato sopra il portainnesto e sotto la necrosi. La vite così tagliata è in grado di produrre dei succhioni che devono essere allevati in modo da ottenere un nuovo tronco. Questa semplice tecnica garantisce buoni risultati con le varietà vigorose. Essa è stata dimostrata essere efficace nel controllo di *Eutypa* (BNIC, Chamber of Agriculture, 1989, BNIC, INRA Bordeaux, 1989, Mette *et al.*, 2004, Sosnowski *et al.*, 2011). Sembra che possa essere utile anche per l'Esca e la BDA, ma questo dipende dallo stato di salute della parte rimanente di vite (se il tronco sotto il taglio presenta infezione da GTDs, le viti possono esprimere sintomi da GTDs ancora negli anni seguenti) (Calzarano *et al.*, 2004), (Larignon & Yobregat, 2016.) E' possibile anticipare il rinnovo del tronco preservando un succhione alcuni anni prima. Di conseguenza, quando la vite viene tagliata, la nuova è già formata. Se il rinnovamento viene eseguito durante l'inverno, è preferibile proteggere la ferita al fine di limitare le infezioni GTDs. Smart (2015) ha stabilito delle linee guida (il protocollo Timely Trunk Renewal) da eseguire per il rinnovo. Quale parte del progetto Winetwork, un'indagine svolta nel sud-ovest della Francia ha stimato il costo di questa operazione tra 225 e 275 €/ ha per un appezzamento con 4500 viti/ha e presenza di 250 viti infette.

### **Re-innesto per limitare le ripercussioni delle GTDs sulle viti**

Un metodo alternativo per la gestione delle piante ammalate da GTDs è il re-innesto. Questa operazione consiste nell'eseguire un nuovo innesto sulla pianta ammalata a partire dal suo portainnesto sano. Sembra che l'innesto a incastro sia il metodo più appropriato per la rigenerazione della vite ammalata (fonte SICAVAC). Questo metodo d'innesto deve essere eseguito in primavera o autunno, quando la linfa è in circolazione ma non è molto attiva,

e durante periodi non piovosi. E' necessario tagliare la vite e controllare che sulla superficie di taglio la pianta sia sana (senza carie o l'innesto verrà ad ammalarsi). Le viti sovrainnestate producono la metà l'anno seguente l'innesto ma la produzione ritorna normale al secondo anno. Il vantaggio di questa tecnica è che il sistema radicale e di conseguenza l'età originale della vite viene preservata, potendo quindi fornire una produzione della medesima qualità delle piante sane. Questa tecnica è abbastanza complessa ma il tasso di recupero delle viti ammalate è di circa l'80 - 90%.

Il re-innesto può essere eseguito da terzisti o dal viticoltore stesso. Il costo del servizio può variare da 1.35 a 2.05 € per vite, a seconda della superficie. In una prova effettuata, il costo per l'acquisto delle marze, per l'uso dell'attrezzatura, della forza lavoro e spese accessorie per i primi due anni è stata stimata in 12000€/ha (Fonte Chambre d'Agriculture Loir-et-Cher) per il sovrinnesto di 4500 viti. E' stato necessario assumere un dipendente per 3 mesi a tempo pieno per occuparsi delle 4500 viti innestate (Fonte IFV).

### **Dendrochirurgia (pulizia del ronco) sul tronco per salvare le viti**

La pulizia del tronco sembra essere un metodo piuttosto efficace per limitare Esca e BDA. Essa consiste nella rimozione del legno con carie bianca dal tronco, in modo simile a quello che un dentista fa con una carie dentale. La pulizia del legno deve essere eseguita non appena compaiono i primi sintomi delle GTDs e quando viene rilevata la presenza di legno marcio. Se eseguita precocemente durante la stagione, il raccolto dell'anno può essere preservato. Per eseguire la pulizia, è necessario individuare le porzioni di legno marcio e spugnoso che sono ammalate. Legno sano e flussi di linfa devono essere mantenuti.

In Sancerre, un viticoltore ha osservato che il 99% delle viti ammalate e curate sono state risanate con successo e non presentano sintomi di Esca (Fonte SICAVAC). Similmente, una prova condotta in Alsazia ha mostrato che le viti non curate, a confronto di quelle curate, hanno espresso più sintomi delle GTDs e più gravi. La stessa prova ha indicato che sono necessari da 5 a 20 minuti per curare una vite ammalata, in relazione alla forma di allevamento, allo sviluppo della pianta e all'esperienza dell'operatore nell'eseguire questa operazione (IFV). E' necessario estendere e approfondire questi studi per capire per quanto tempo le viti rimangono sane dopo l'intervento.

### **Utilizzo di prodotti fitosanitari per limitare i sintomi delle GTDs**

Dal momento che è stato proibito il sodio arsenito, non è permesso l'utilizzo di alcun fungicida contro le GTDs. Pertanto diversi studi sono attualmente focalizzati nella ricerca di efficaci alternative.

I fungicidi sistemici come per esempio N-carboxymethyl-3-cyano-4-(2,3-dichlorophenyl)pirrolo possono circolare nel floema (Chollet *et al.*, 2004, Jousse, 2004) e hanno un effetto su *Eutypa lata*. Altri studi sono stati condotti sul Fenpiclonil (Jousse, 2004) per il controllo dell'Esca. Le GTDs possono essere controllate mediante l'utilizzo di prodotti preventivi come Trichiderma spp. tebuconazol + resina sintetica, tebuconazolo, fluazinam o pyraclostrobin. Una applicazione di Bion (acibenzolar-S-methyl) + Cu ossicloruro quindi di Bion + difeconazole sembra sia efficace nella riduzione dell'incidenza e della gravità del disseccamento da *Botryosphaeria*. Il boro è in grado di ridurre le infezioni indotte da *E. lata* (Sosnowski *et al.*, 2008; Rolshausen *et al.*, 2010). Applicazioni

fogliari per alcuni anni di una miscela di cloruro di calcio, nitrato di magnesio e estratto di alghe Fucales ha portato ad una significativa riduzione dei sintomi nelle viti trattate.

### **Nuovi metodi per evitare gli effetti negativi delle GTDs**

**Propaggine:** può essere eseguita per rinnovare il tronco della vite ammalata e mantenere il livello di produzione nell'apezzamento. Essa consiste nell'interrare per una porzione un tralcio della vite madre nel terreno portandola nella parte terminale al di fuori del terreno. In questo modo, la parte interrata produce radici e crea una nuova pianta con le stesse caratteristiche della pianta madre. La pianta madre deve essere sana e la margotta deve rimanere legata alla pianta madre a causa del rischio di fillossera. Occorre però ricordare che la coltivazione di viti franche di piede non è autorizzata in Italia se non in alcune zone circoscritte

**Nanoparticelle di rame:** l'iniezione di NP di Cu mediante l'utilizzo di una siringa è una pratica innovativa condotta in vigneti della Galizia in Spagna per combattere l'Esca. Vengono eseguiti due iniezioni e da 4 a 5 trattamenti fogliari con una miscela di Cu NP e un elicitore costituito da un aminoacido estratto da sangue suino. Al momento, non può essere presentato nessun risultato circa gli effetti dell'applicazione di questa tecnica sull'Esca. Il rame possiede un ampio spettro di azione contro i batteri e i funghi ed è stato utilizzato fin dai tempi remoti come antiparassitario in agricoltura. Recentemente, le nanoparticelle di rame (particelle tra i  $10^{-7}$  e  $10^{-9}$  metri) hanno sollevato molto interesse a causa delle loro proprietà fisiche, chimiche e antimicrobiche (Betancourt *et al.*, 2013). Le Cu NPs sono efficaci *in vitro* su funghi patogeni e lieviti (Ren *et al.*, 2009, Rupareli *et al.*, 2009, Ramyadevi *et al.*, 2012).

**Chiodi di rame:** questa tecnica consiste nel piantare un chiodo di rame nel tronco ammalato. Viene ipotizzato che il rame diffonda dal chiodo all'interno del tronco attraverso la linfa ed agisca come un fungicida contro i patogeni delle GTDs. Questa pratica è stata testata da un viticoltore per 3 anni in Germania ma al momento non è disponibile nessuna conferma scientifica.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, acqua ossigenata:** l'iniezione di H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mediante l'uso di una siringa è una pratica innovativa utilizzata nei vigneti della valle del Douro in Portogallo, in Galizia in Spagna e nel sud della Francia su viti con sintomi di Esca o BDA. Sembra che dia risultati positivi nel controllo delle GTDs, ma non è stata confermata scientificamente. Comunque non è ammessa dalla legge in alcuni Paesi. Le piante, quando sottoposte ad un attacco biotico producono H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. I composti reattivi dell'ossigeno (ROS) producono una attività tossica diretta contro i microrganismi e spesso inibiscono il loro sviluppo. E' riconosciuto che le ROS possiedono un ruolo nell'espressione genetica della risposta ipersensibile (Lamb & Dixon, 1997), nel rinforzo della parete cellulare e nella resistenza delle piante, permettendo l'espressione dei geni di difesa e l'accumulo delle proteine correlate con la patogenesi (Van Breusegem & Dat, 2006).

Immersione in fungicidi: prima di eseguire l'impianto, le piante con innesto saldato sono immerse in soluzioni di fungicida per 50 minuti. Questa tecnica non è scientificamente convalidata ed è stata sperimentata in Portogallo.

### **Conclusione**

Contrastare le malattie del legno non è un obiettivo facile dal momento che i sintomi sono influenzati da svariati fattori, come l'effetto del clima sullo sviluppo dei funghi in vigneto e sull'espressione dei sintomi della malattia. La microflora autoctona è in grado di interagire con i funghi responsabili delle GTDs limitando o prevenendo il

loro sviluppo. Le condizioni in cui la vite viene allevata e il sistema di potatura adottato possono essere fattori importanti per limitare l'insorgenza delle GTDs. Una migliore conoscenza delle GTDs potrebbe essere di valido aiuto per capire meglio le modalità di azione di queste malattie. Svariati metodi, già utilizzati nei vigneti europei, sembrano essere promettenti ma devono ancora essere convalidati scientificamente. L'applicazione di un singolo metodo di controllo nella gestione delle GTDs è solo parzialmente efficace. Sembra quindi necessaria l'adozione di differenti metodi preventivi per una gestione efficace delle GTDs.

### **Bibliografia:**

Bertsch C, Ramírez-Suero M, Magnin-Robert M, Larignon P, Chong J, Abou-Mansour E, Spagnolo A, Clément C & Fontaine F (2013) Grapevine trunk diseases: complex and still poorly understood. *Plant Pathology* 62(2):243-265

Betancourt R, Reyes PY, Puente B, Ávila-Orta C, Rodriguez O, Cadenas G, Lira-Saldivar RH, Synthesis of copper nanoparticles by thermal decomposition and their antimicrobial properties. *Journal of Nanomaterials*. Vol 2013, Article ID 980545, 5 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/98054>

BNIC-Chambre d'agriculture (1989) Le recépage, ça marche !, résultats expérimentaux.

BNIC-INRA Bordeaux (1989) La pratique du recépage dans la lutte contre l'eutypiose. *Le paysan Français*, n°861 nov 1989

Calzarano F, Di Marco S, Cesari A (2004) Benefit of fungicide treatment after trunk renewal of vines with different types of esca necrosis. *Phytopathologia Mediterranea* 43(1):116-124

Chambre d'agriculture Loi-et-Cher (2010) le surgreffage : il peut permettre des adaptations rapides mais..., Colloque Viticole et Œnologique Régional. <http://www.techniloire.com/documents/124963587/Surgreffage.pdf>

Díaz GA & Latorre BA (2013) Efficacy of paste and liquid fungicide formulations to protect pruning wounds against pathogens associated with grapevine trunk diseases in Chile. *Crop Protection* 46:106-112 pp

Di Marco S, Mazzullo A, Calzarano F and Cesari A (2000) The control of esca: status and perspectives. *Phytopathologia Mediterranea* 39(1):232-240

Elena G, Di Bella V, Armengol J & Luque J (2015) Viability of *botryosphaeriaceae* species pathogenic to grapevine after hot water treatment. *Phytopathologia. Mediterranea* 54 (2):325- 334

Gramaje D & Armengol J (2011) Fungal trunk pathogens in the grapevine propagation process: potential inoculum sources, detection, identification, and management strategies. *Plant Disease*, 95 (9):1040-1055

Grosman J & Doublet B (2012) Synthèse des dispositifs d'observation au vignoble, de l'observatoire 2003-2008 au réseau d'épidémiosurveillance actuel. *Phytoma- LDV* 651:35

Lamb C, Dixon R (1997) The oxidative burst in plant disease resistance. *Annu rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 48:251-275

Larignon P, Fontaine F, Farine S & Clément C (2009) Esca et Black Dead Arm : deux acteurs majeurs des maladies du bois chez la vigne. *C. R. Biologies* 332:765-783

Larignon P, Yobregat O (2016) Cahier pratique: comment lutter contre les maladies du bois de la vigne? IFV, p 7

Lecomte P, Clerjeau M, Dubos B, Laveau E, Giry Latteriere S, Dewasme C, Lusseau T, Forget F (2004) Une perspective de progrès pour la prévention des maladies du bois: La protection fongicide des plaies de taille par pulvérisation: premiers résultats sur l'eutypiose, potentiel et limites. *Phytoma la défense des végétaux* 570:40-44

Lecomte P, Darrietort G, Liminana JM, Louvet G, Tandonnet JP, Guerin-Dubrana L, Goutouly JP, Gaudillère JP et Blancard D (2008) Eutypiose et Esca. I - Eléments de réflexion pour mieux appréhender ces phénomènes de dépérissement. *Phytoma-LDV* 615:42-48. II - Vers une gestion raisonnée des maladies de dépérissement. *Phytoma-LDV* 616:37-41

Mette L, Creaser, Wicks Trevor J (2004) Short-term effects of remedial surgery to restore productivity to *Eutypa lata* infected vines. *Phytopathologia Mediterranea* 43:105-107

Ramyadevi J, Jeyasubramanian K, Marikani A, Rajakumar G, AbdulRahuman A (2012) Synthesis and antimicrobial activity of copper nanoparticles. *Mater. Lett.* 71:114–116

Ren G, Hu D, Cheng EWC, Vargas-Reus MA, Reip P, Allaker RP (2009) Characterisation of copper oxide nanoparticles for antimicrobial applications. *International Journal of Antimicrobial Agents* 33:587–590

Rolshausen PE, Úrbez-Torres JR, Rooney-Latham S, Eskalen A, Smith RJ & Gubler WD (2010) Evaluation of pruning wound susceptibility and protection against fungi associated with grapevine trunk diseases. *American Journal of Enology and Viticulture* 61(1):113-119

Roby JP, Mary S, Lecomte P, Laveau C (2015) Rootstock impact on foliar symptom expression of esca on *Vitis vinifera* cv. Cabernet sauvignon. 5pp

Rupareli JP, Chatterjee AK, Duttagupta SP, Mukherji S (2008) Strain specificity in antimicrobial activity of silver and copper nanoparticles. *Acta Biomaterialia* 4:707-771

SICAVAC (2009) Le surgreffage [http://www.terre-net.fr/ulf/TNM\\_Biblio/fiche\\_60359/Surgreffage.pdf](http://www.terre-net.fr/ulf/TNM_Biblio/fiche_60359/Surgreffage.pdf)

Sosnowski MR, Creaser ML, Wicks TJ, Lardner R & Scott ES (2008) Protection of grapevine pruning wounds from infection by *Eutypa lata*. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 14: 134–142

Sosnowski MR, Wicks Trevor J and Scott Eileen S (2011) Control of *Eutypa* dieback in grapevines using remedial surgery. *Phytopathologia Mediterranea* 50 (supplement):277-284.

Smart R (2015) Trunk diseases: Timely trunk renewal to overcome trunk disease. *Wine & Viticulture Journal* 30(5):44.

Stamp JA (2001) The contribution of imperfections in nursery stock to the decline of young vines in California. *Phytopathologia Mediterranea*. 40 (Supplement):369-375

Surico G. and al. (2006), Older and more recent observations on esca : a critical overview., *Phytopathologia Mediterranea* 45, S68-S86.

Úrbez-Torres JR (2011) The status of *Botryosphaeriaceae* species infecting grapevines. *Phytopathologia Mediterranea* 50:5-45

Van Breusegem, Dat JF (2006) Reactive oxygen species in plant cell death. *Plant Physiol* 141:384-390

Vigues V, Yobregat O, Barthélémy B, Dias F, Coarer M, & Larignon P (2009) Fungi associated with wood decay diseases: Identification of the steps involving risk in French nursery. *Phytopathologia Mediterranea* 48:177-178.

<https://www.vignevin-sudouest.com/publications/fiches-pratiques/surgreffage.php>

<https://www.mon-viti.com/videos/viticulture/le-curetage-contre-lesca-et-le-bda>