



CHATEAU  
DURFORT  
VIVENS



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



Proposition d'un itinéraire technique complet  
contre le mildiou, *Plasmopara viticola*



Konrad Schreiber  
Éric Schmidt  
Xavier Sarda  
- Mai 2024 -



CHÂTEAU  
DURFORT  
VIVENS



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## PLAN

### I) Le mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*)

#### I.1) Description

#### I.2) Cycle biologique

- ✓ *Conservation hivernale*
- ✓ *Contamination primaire*
- ✓ *Contamination secondaire*
- ✓ *Conditions favorables de développement*
- ✓ *Synoptique de développement*

### II) *Plasmopara viticola* et acide fusarique

### III) *Plasmopara viticola* et potentiel RedOx

### IV) *Plasmopara viticola* et paillage du cavaillon

### V) Agrégation des Zoospores au niveau des racines et Potassium

### VI) Proposition d'une stratégie globale innovante contre *Plasmopara viticola*

### VII) Evaluation économique de l'itinéraire technique



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## I) Le mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*)

### I.1) Description

*Plasmopara viticola* n'est pas un champignon, mais un stramétopile (chromiste), microorganisme classé avec les algues brunes appartenant à la classe des Oomycètes.

C'est un parasite obligatoire (biotrophe obligatoire) que l'on est actuellement incapable de cultiver sur un milieu de culture synthétique.

D'origine américaine, il sévit sur vigne en France depuis de très nombreuses années, son introduction dans notre pays remonterait à 1878.

Il se multiplie et se conserve grâce à deux types de structures qu'il forme sur et dans les organes affectés et qui le caractérisent :

- les oospores (figure 1) représentent sa forme sexuée assurant sa conservation hivernale dans les tissus foliaires puis dans le sol. Elles germent au printemps et donnent naissance à une macroconidie (figure 2) qui produira plusieurs dizaines de zoospores mobiles grâce à deux flagelles.

- les sporangiophores (figures 3 et 4) sont des arbuscules ramifiés sortant par les stomates et représentent sa forme asexuée . Entre 3 et 8 zoospores apparaissent à maturité à l'intérieur de ces sporanges.

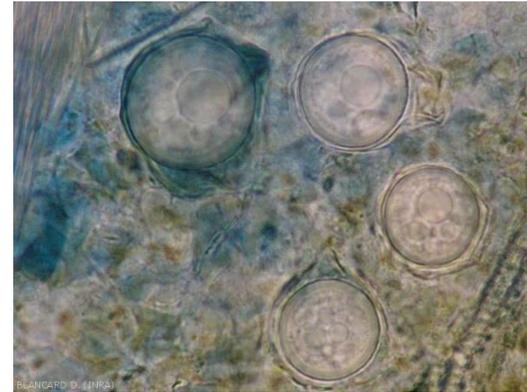


Figure 1 : Plusieurs oospores de *Plasmopara viticola* se sont récemment formées sur cette feuille de vigne (Blancard, INRAe).



Figure 2 : Au printemps, les oospores de *Plasmopara viticola* germent et forment un tube germinatif terminé par une macroconidie piriforme (28x36 µm) ; cette dernière produira de 30 à 50 zoospores (INRAe).



Figure 3 : Sporangiophores arbusculeux de *Plasmopara viticola* observés à la loupe binoculaire (Blancard, INRAe).

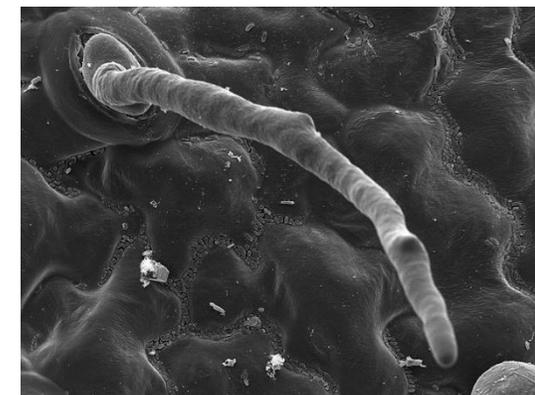


Figure 4 : Sporangiophore s'allongeant à partir d'un stomate sur feuille de vigne (vue au microscope à balayage) (Pichon, INRAe).



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## I.2) Cycle biologique

Le développement de *Plasmopara viticola* se fait suivant un cycle sexué et un cycle asexué ce qui assure sa préservation et sa dissémination (figure 5).

Le cycle sexué démarre à l'automne où les filaments mycéliens forment les organes sexuels qui sont composés de deux thalles (figure 5) :

- le spermatocyste (ou anthéridie) qui contient les gamètes mâles
- l'oogone (ou oosphère) qui contient les gamètes femelles

Le croisement (fécondation) entre le spermatocyste et l'oogone se déroule dans le mésophylle des feuilles et aboutit à la formation d'un oospore (figure 5).

### ✓ Conservation hivernale

Les oospores (ou œufs d'hiver) assurent la survie de *Plasmopara viticola* pendant la période hivernale en se maintenant en phase dormante dans les feuilles ou sur le sol.

La présence d'une double paroi permet à l'oospore de survivre dans des conditions extrêmes pouvant supporter des températures allant jusqu'à -20 °C (Vercesi et al., 1999).

En outre, même dans des conditions optimales de température (20 °C) et d'humidité (> 95%) précoces, les oospores ne germent pas avant Janvier (Burruano, 2000).

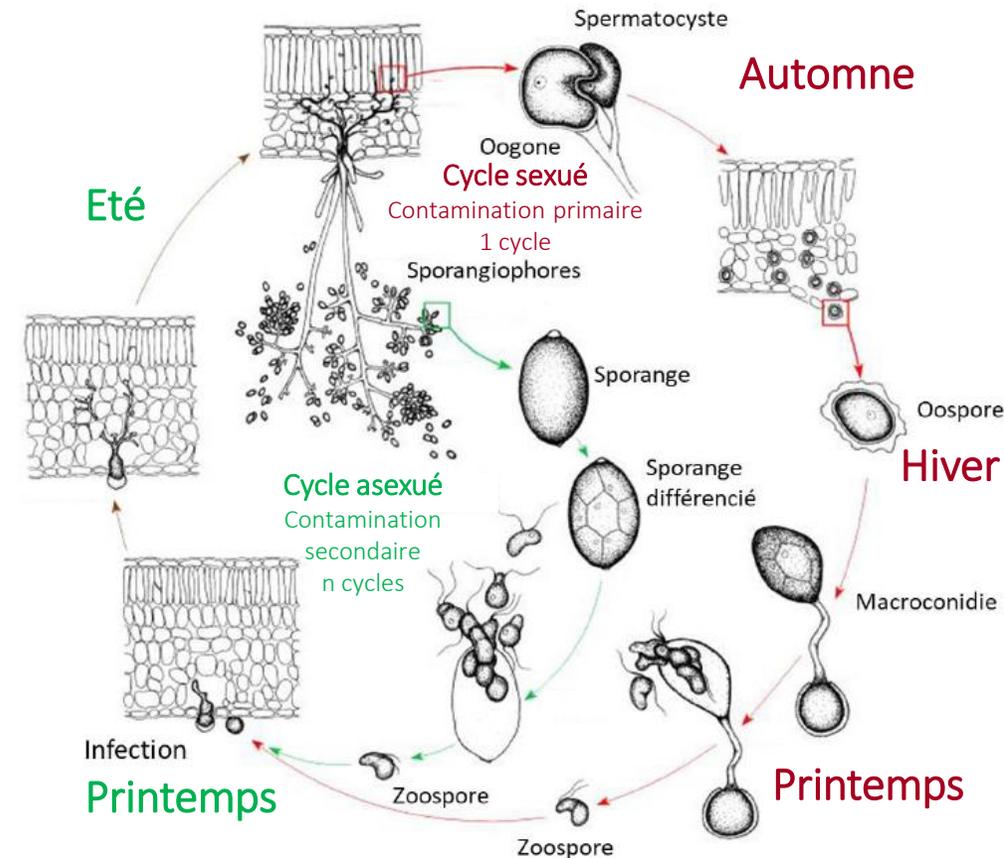


Figure 5 : Cycle biologique de *Plasmopara viticola*, responsable du mildiou de la vigne (d'après Gobbin, 2004).



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## ✓ Contamination primaire

Au printemps lorsque les températures avoisinent les 12-13°C avec une humidité suffisante, les oospores germent et donnent naissance à un filament sur lequel se forme une cavité piriforme appelée macroconidie (ou macrosporange ou sporocyste) (figure 6).

A l'intérieur de la macroconidie, les noyaux se multiplient par mitose produisant plusieurs dizaines de zoospores (figure 7) qui disposent de deux flagelles leur permettant de se déplacer dans l'eau et ainsi de trouver un stomate par lequel pénétrer.

Lors de périodes pluvieuses printanières, les zoospores sont dispersées à l'occasion d'éclaboussures et polluent les organes aériens de la vigne les plus proches du sol (figure 8).

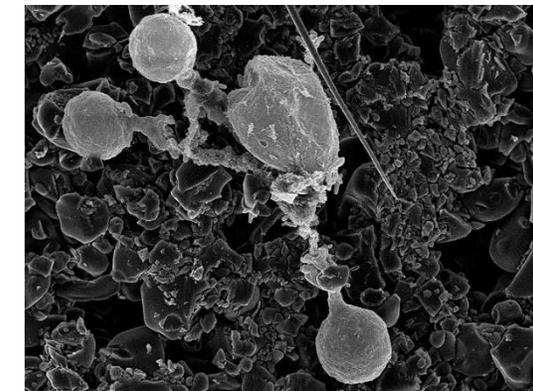
Une fois présentes sur leurs tissus cibles, les zoospores perdent leurs flagelles et vont venir s'accrocher au niveau des stomates : ce phénomène d'enkystation très rapide (< 10min) est suivi par la formation d'un tube germinatif à partir des zoospores qui va grandir à travers les stomates jusqu'aux tissus internes (Kiefer et *al.*, 2002).

Par la suite, de nombreux hyphes mycéliens se développent et forment des haustoria (ou suçoirs) qui permettent de s'alimenter aux dépens de la vigne (Unger et *al.*, 2007).

Ces zoospores assurent ainsi les **contaminations primaires** au printemps qui peuvent avoir lieu tout au long de la période végétative de la vigne.



**Figure 6 :** Cette macroconidie piriforme émerge à l'extrémité d'un filament germinatif. Bientôt, des zoospores vont être formées à l'intérieur et assurer les contaminations primaires (Blancard, INRAe).



**Figure 7 :** Trois zoospores ont germé à proximité du sporangium à partir duquel elles ont été formées, puis libérées (vue au microscope à balayage) (Pichon, INRAe).



**Figure 8 :** Les zoospores de *Plasmopara viticola* polluent en premier lieu les organes herbacés de la vigne qui sont proches du sol grâce aux éclaboussures dues à la pluie (Blancard, INRAe).



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## ✓ Contamination secondaire

Une dizaine de jours après les contaminations (période d'incubation) et si les conditions sont fortement humides, le mycélium peut sporuler et émettre des arbuscules à travers les stomates que l'on appelle sporangiophores (Bellow et *al.*, 2018) (figures 9 et 10).

Ces structures possèdent plusieurs ramifications portant à leurs extrémités des sporanges (figure 11).

La formation de ces structures a la particularité de se développer seulement la nuit (Rumbolz et *al.*, 2002).

Cette phase de sporulation est visible à l'œil nu avec la manifestation des premiers symptômes sur la face supérieure de la feuille avec la formation de « tâches d'huiles » et d'un duvet blanc sur la face inférieure des feuilles (figure 12).

Les sporanges matures vont subir des divisions mitotiques et elles vont libérer des zoospores (Burruano, 2000).

Les sporanges ainsi que les zoospores vont se disséminer à la faveur d'éclaboussures de pluie ou par le vent.

Ainsi, le cycle de reproduction asexuée se termine par la germination des zoospores qui marque donc la contamination secondaire.

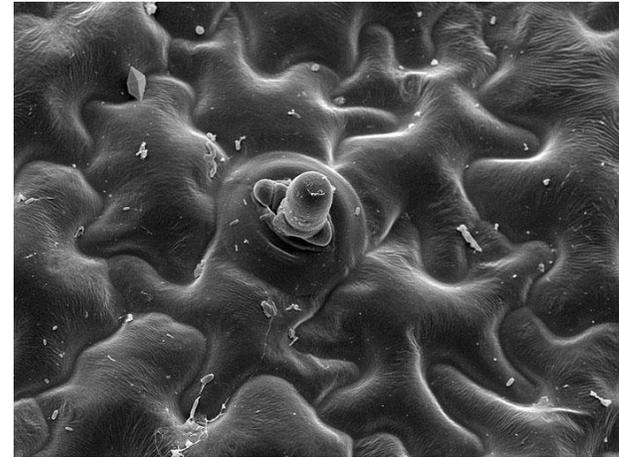


Figure 9 : Ebauche d'un sporangiophore sortant d'un stomate sur feuille de vigne (vue au microscope à balayage) (Pichon, INRAe).

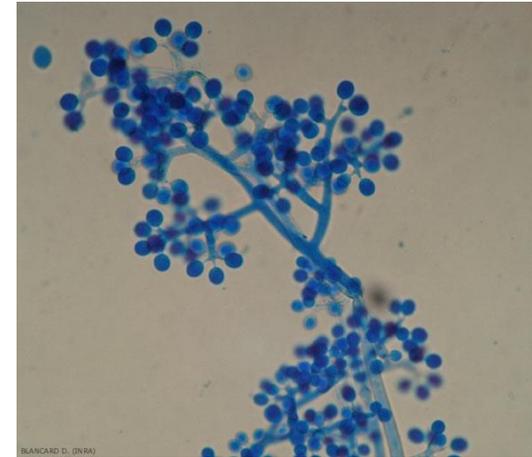


Figure 10 : Aspect au microscope photonique d'un sporangiophore arbusculaire de *Plasmopara viticola* portant de jeunes sporanges (Blancard, INRAe).

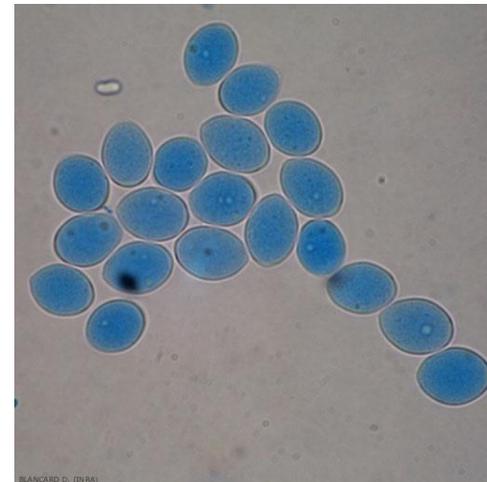


Figure 11 : Aspect de plusieurs sporanges ovoïdes à piriformes de *Plasmopara viticola* (Blancard, INRAe).



Figure 12 : Lorsque les conditions climatiques sont favorables, on peut observer aisément la sporulation de *Plasmopara viticola* à la surface des organes contaminés (Blancard, INRAe).



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



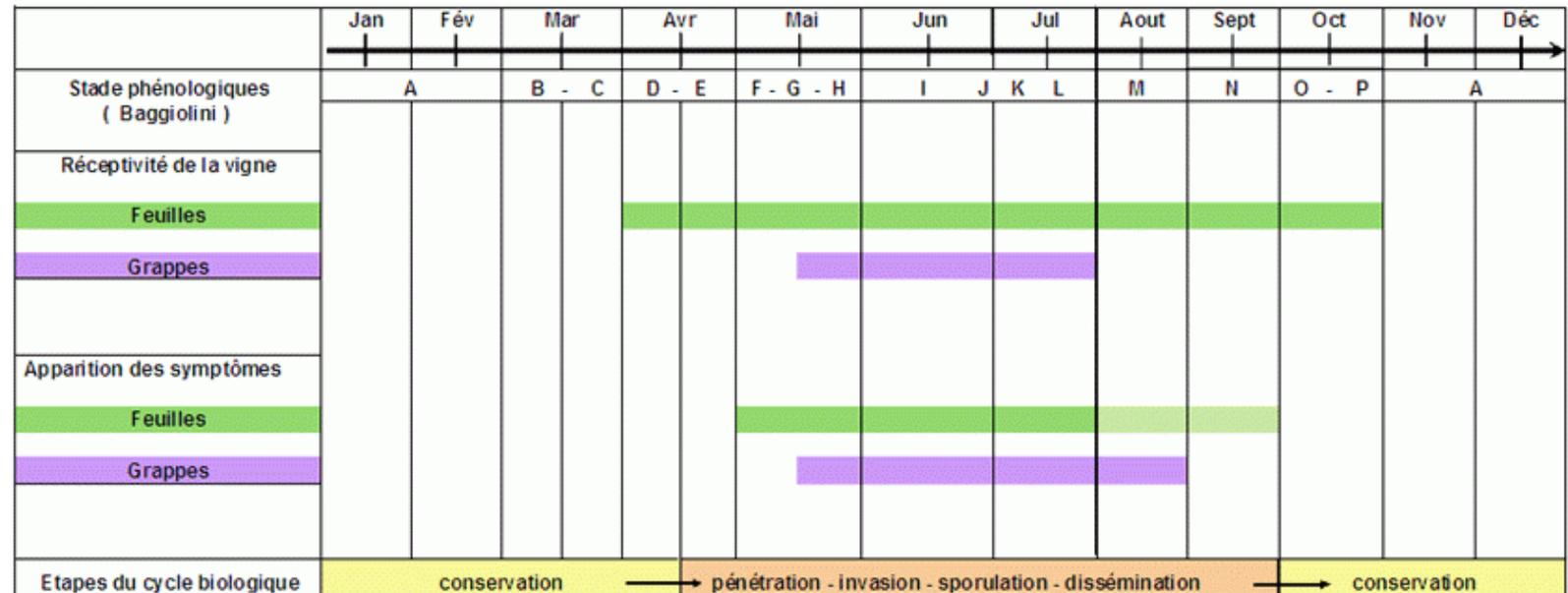
## ✓ Conditions favorables de développement

*Plasmopara viticola* apprécie particulièrement les conditions climatiques humides, les périodes pluvieuses, les hygrométries élevées qui lui permettront de réaliser plusieurs cycles rapidement (maladie polycyclique) : ces conditions favorisent la germination des sporanges et la sporulation.

La température influence également son développement. L'optimum thermique de *Plasmopara viticola* est de l'ordre de 25 °C et sa plage d'activité se situe entre 11 et 30 °C. Par contre des températures trop basses au printemps semblent gêner son évolution.

*Plasmopara viticola* affecte en particulier les organes jeunes, gorgés d'eau, en phase de croissance, notamment présents sur les ceps trop vigoureux. Son développement épidémique est essentiellement dépendant des pluies.

## ✓ Synoptique de développement





# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## II) *Plasmopara viticola* et acide fusarique (Ghule et al., 2021)

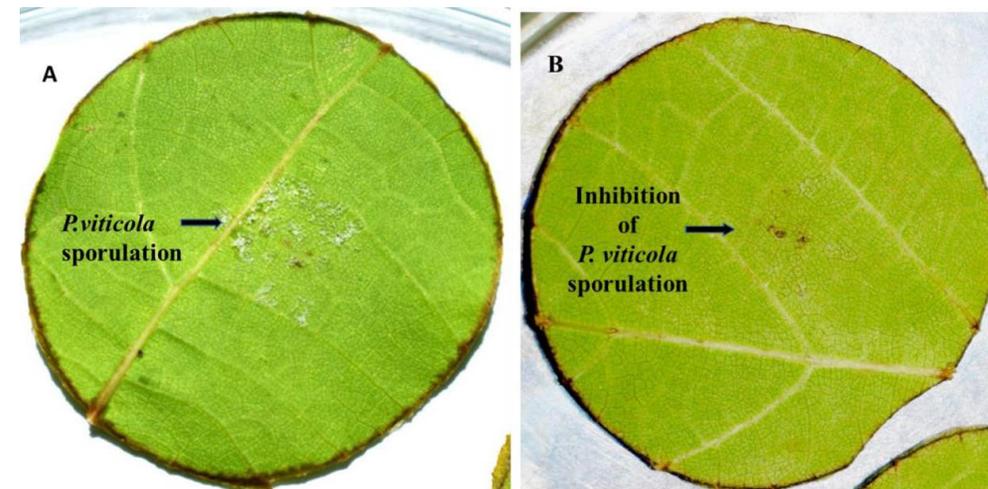
Dans différentes études, des souches de *Fusarium* ont démontré des activités de mycoparasitisme contre l'agent pathogène du mildiou *Plasmopara viticola* (Gessler et al., 2011 ; Bakshi et al., 2001 ; Falk et al., 1996).

Des études plus récentes (Ghule et Sawant, 2017 ; Ghule et al., 2018) ont identifié cinq souches de *Fusarium* (*Fusarium delphinooides* M1, *Fusarium brachygibbosum* M2, *Fusarium pseudonygamai* M10, *Fusarium pseudonygamai* M12\_1 et *Fusarium sp.* M12\_2) agissant comme mycoparasite sur des feuilles de vigne infectées par *Plasmopara viticola* et qui ont ainsi contrôlé la maladie sous serre et au vignoble : ces mycoparasites pourraient produire des métabolites secondaires qui ont une activité antimicrobienne potentielle sur *Plasmopara viticola* (Adams, 1990).

Ces cinq souches ont donc été mise au contact de *Plasmopara viticola* présent sur des feuilles de vigne (disque foliaire) et elles ont montré un **effet inhibiteur sur la production de sporanges de *Plasmopara viticola*** (figure 13).

L'inhibition sur la production de sporanges était de 84,79 % pour *Fusarium pseudonygamai* M10, 84,77 % pour *Fusarium pseudonygamai* M12\_1, 83,94 % pour *Fusarium sp.* M12\_2 et de 83,78 % pour *Fusarium brachygibbosum* M2 (tableau 1).

L'inhibition sur la production de sporanges de *Plasmopara viticola* pour ces quatre souches était significativement équivalent au témoin fongicide diméthomorphe (85,03 % ; tableau 1).



**Figure 13** : Effet des souches de *Fusarium* mycoparasites sur *Plasmopara viticola* (Ghule et al., 2021).

(A) Sporulation de *P. viticola* sur disque foliaire témoin.

(B) Inhibition de la sporulation de *P. viticola* sur un disque foliaire traité avec un extrait de culture de *Fusarium pseudonygamai* M12\_1.

Traitement	Inhibition de la production de sporange (%)
Medium Control	0.0 <sup>c</sup>
<i>Fusarium delphinooides</i> M1	82.54 <sup>b</sup>
<i>Fusarium brachygibbosum</i> M2	83.78 <sup>ab</sup>
<i>Fusarium pseudonygamai</i> M10	84.79 <sup>a</sup>
<i>Fusarium pseudonygamai</i> M12_1	84.77 <sup>a</sup>
<i>Fusarium sp.</i> M12_2	83.94 <sup>ab</sup>
Fongicide control (dimethomorph)	85.03 <sup>a</sup>
<b>CD (P=0.05)</b>	<b>2.22</b>

**Tableau 1** : Effet des souches de *Fusarium* mycoparasites sur l'inhibition de la production de sporanges de *Plasmopara viticola* (Ghule et al., 2021).



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



Ghule et *al.*, (2021) ont donc cherché à identifier et caractériser les métabolites secondaires produits par ces souches de *Fusarium* et ils ont découvert 39 métabolites dont l'**acide fusarique** qui était le plus abondant.

L'acide fusarique est bien connu pour son activité antimicrobienne. Par exemple, l'activité antifongique de l'acide fusarique a été démontrée contre *Phytophthora infestans* et *Phytophthora capsici* (Son et *al.*, 2008) et la CI50 (concentration inhibitrice médiane\*) était respectivement de 0,3 µg/ml et 1 µg/ml.

Des essais de sensibilité sur disques foliaires ont montré que l'**acide fusarique inhibait la croissance de *Plasmopara viticola*** (figure 14) avec une CI50 de 0,61 µg/ml.

L'utilisation de microorganismes ou de molécules antimicrobiennes d'origine biologique est devenue une solution dans la lutte contre *Plasmopara viticola* (Gessler et *al.*, 2011 ; Zanzotto et Morroni, 2016).

D'autres souches non pathogènes de *Fusarium* ont également été signalées comme agents de lutte biologique contre les champignons, les insectes pathogènes et les adventices (Fravel et *al.*, 2003 ; Abbasher et Sauerborn 1992).

Cette étude de Ghule et *al.*, (2021) est la première à signaler l'effet de l'acide fusarique sur l'inhibition du développement de *Plasmopara viticola*.

\*La concentration inhibitrice médiane est une mesure de l'efficacité d'un composé donné pour inhiber de 50 % une fonction biologique ou biochimique spécifique.

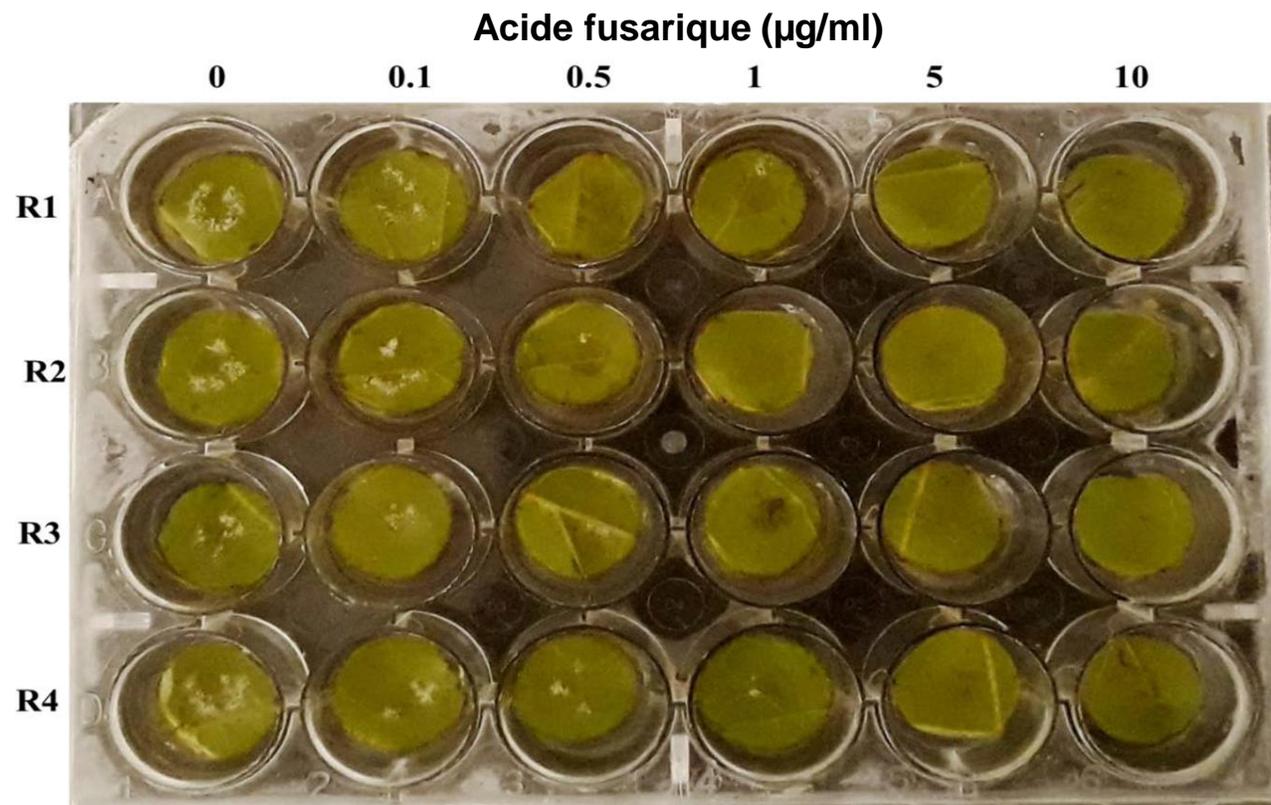


Figure 14 : Test de sensibilité sur disques foliaires de *Plasmopara viticola* à l'acide fusarique (Ghule et *al.*, 2021).



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## III) *Plasmopara viticola* et potentiel RedOx

En début de cycle lorsque la vigne se développe sur un sol compacté, engorgé ou inondé (conditions favorisant une réduction et une alcalinisation du sol), le sol évoluera vers des conditions RedOx favorables aux Oomycètes (figure 15).

Un sol bien structuré (décompacté) est donc une solution préventive pour limiter le développement du mildiou.

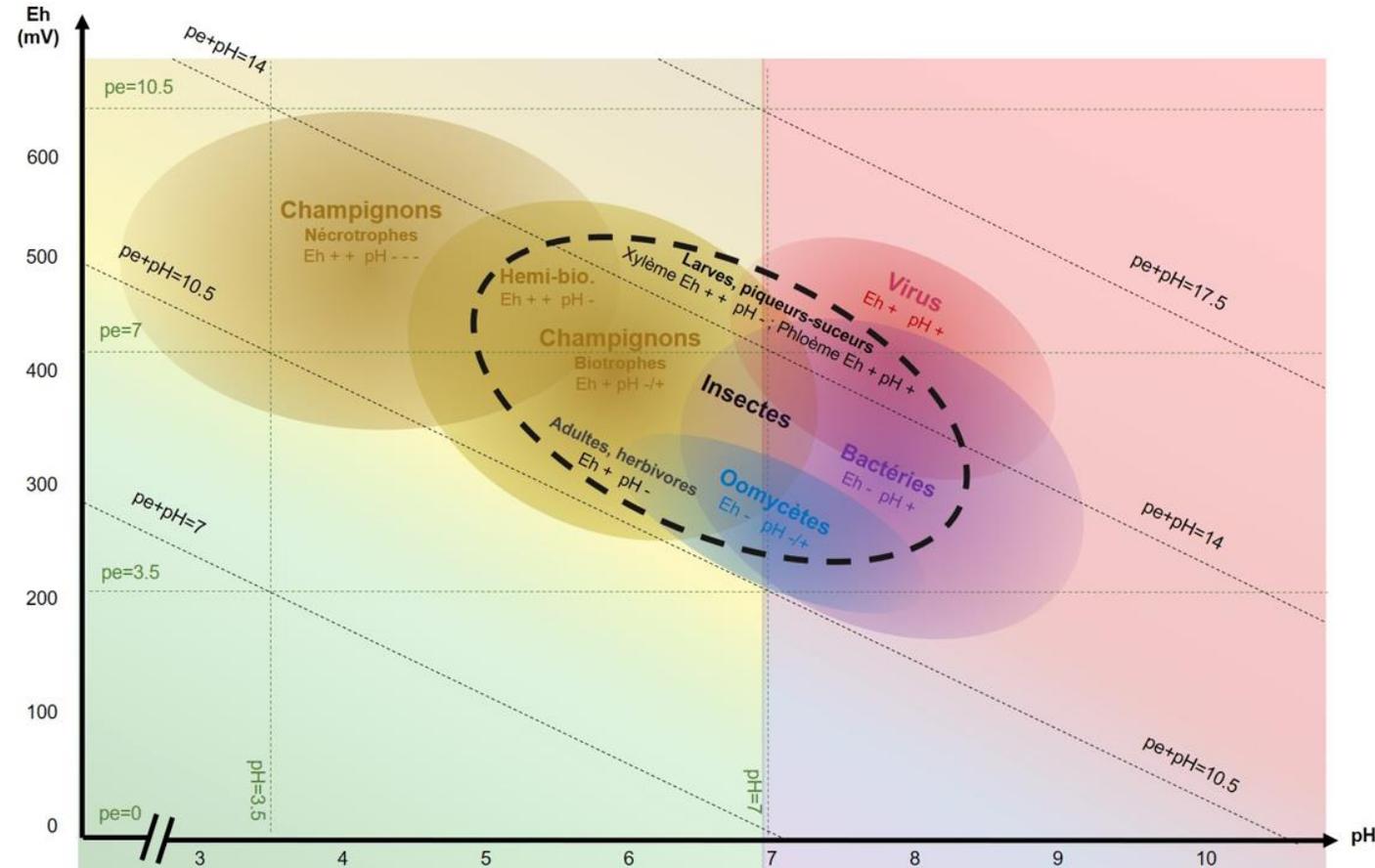


Figure 15 : Carte des mondes RedOx (Husson, 2020).



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## ✓ Rappel : pratiques oxydantes et réductrices



### Action du travail du sol

- Injection d'oxygène, oxydation de la MO

### Actions du soleil

- Sec // Chaud

### Action de la pluie

- Contient de l'oxygène dissous

### Toutes les fertilisations avec oxygène

-  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , CaO, MgO, ...

### Tous les produits phytosanitaires

-  $\text{CuSO}_4$ , herbicides, fongicides, insecticides



### Action de la photosynthèse

- Récupération d'électrons par le cycle de Calvin

### Actions des résidus

- Paille // bois // feuilles // racines // résidus // Humus // MO Sol

### Action des effluents

- Fumiers // compost // lisiers // digestat...

### Action de l'absence d'oxygène

- Hydromorphie, compaction, type de sols

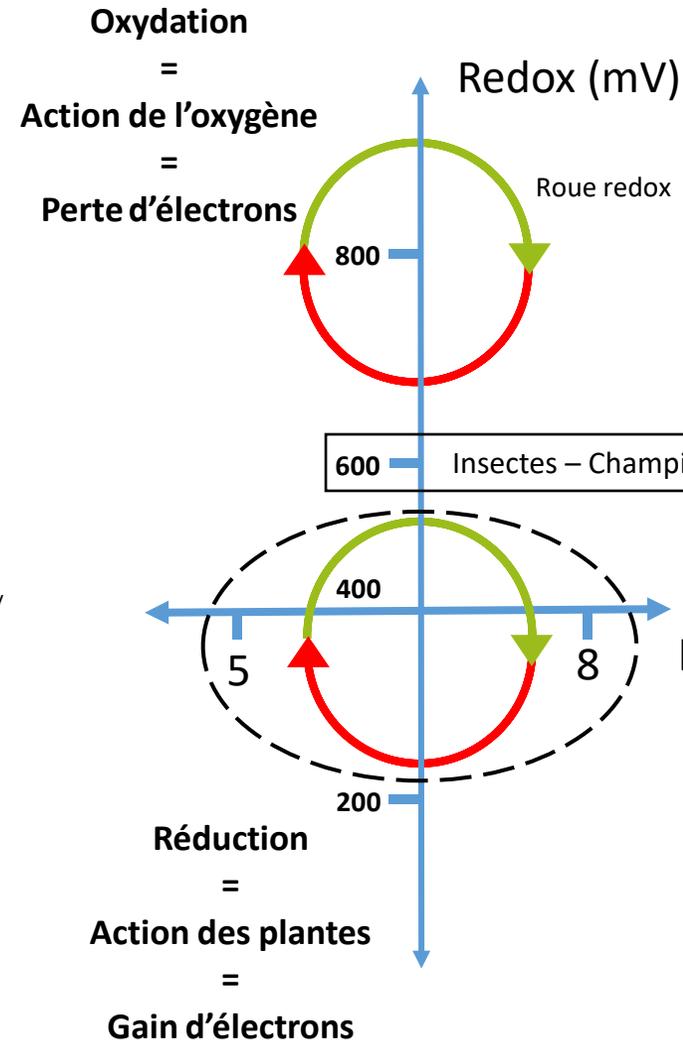
### Toutes les fertilisations sans oxygène

-  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ,  $\text{NH}_3$ , oligos, ...

### Tous les acides organiques

- Acide ascorbique // Lactique // Humique // fulvique  
- Citrique ? Acétique ? Aspirine ?

### Vitamines



Plantes affaiblies et sensibles !

Plantes malades !

Bonne santé des plantes !



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## IV) *Plasmopara viticola* et paillage du cavaillon

Un essai mise en place en 2015 par Perrine Dubois de l'ATV 49 (projet Enherbvigne) a obtenu des résultats surprenants : il avait pour objectif de tester une alternative au désherbage chimique ou mécanique du cavaillon par l'implantation d'un couvert végétal peu concurrentiel.

L'essai était composé de 5 modalités (3 répétitions/modalité) :

- Témoin (désherbage chimique du cavaillon)
- Couverture du cavaillon avec *Thymus polytrichus* (Tpoly)
- Couverture du cavaillon avec *Thymus longicaulis* (Tlong)
- Couverture du cavaillon avec *Phuopsis stylosa* (phuo)
- Couverture du cavaillon avec de la paille de blé (paille ; figure 16)

La paille appliquée en Mai 2015 a disparu à 80 % en 2017 (figure 17) et les cavaillons se sont peu salit sans doute grâce aux propriétés allélopathiques de la paille.

De nouveau en Juin 2018 de la paille de blé a été appliquée sur le cavaillon avec une machine fabriquée en auto-construction : cette paille était broyée et a disparu en quelques mois.



Figure 16 : Paille de blé appliquée sur le cavaillon en 2015 (ATV49).



Figure 17 : Etat de dégradation de la paille deux plus tard (ATV49).



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



Au cours de la saison 2018 des notations ont été réalisées montrant **des contaminations de mildiou exprimées en fréquence (significatives) et en intensité d'attaque plus faibles** pour la modalité recouverte avec de la **paille de blé** (figures 18 et 19).

Cette même année, la modalité « paille » montre une vendange plus saine que les autres modalités avec un poids de vendange sur 5 ceps significativement plus important (figure 20).

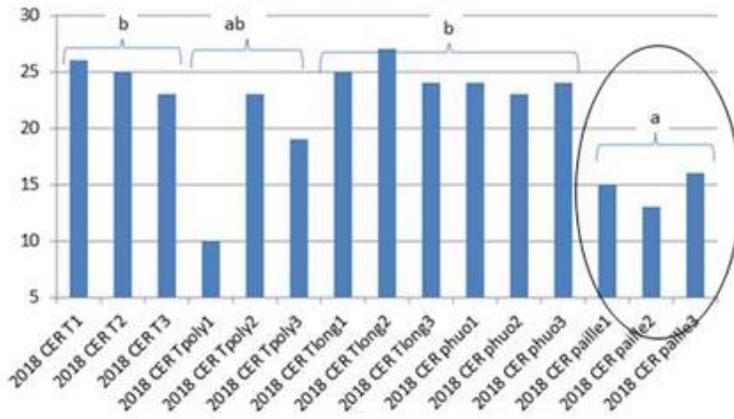


Figure 18 : Notation mildiou 2018 en fréquence de contamination (ATV49).

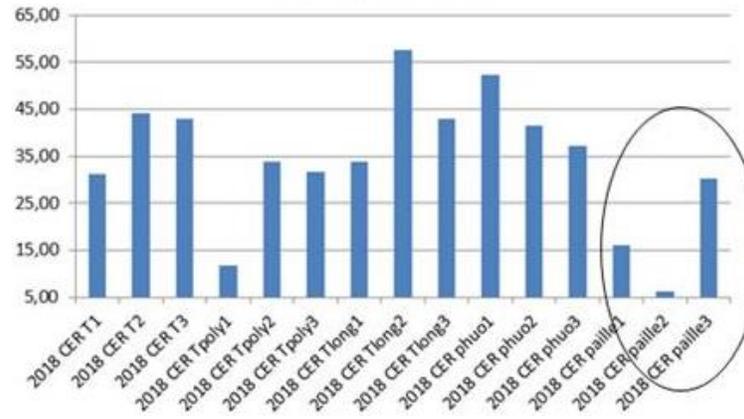


Figure 19 : Notation mildiou 2018 en intensité de contamination (ATV49).

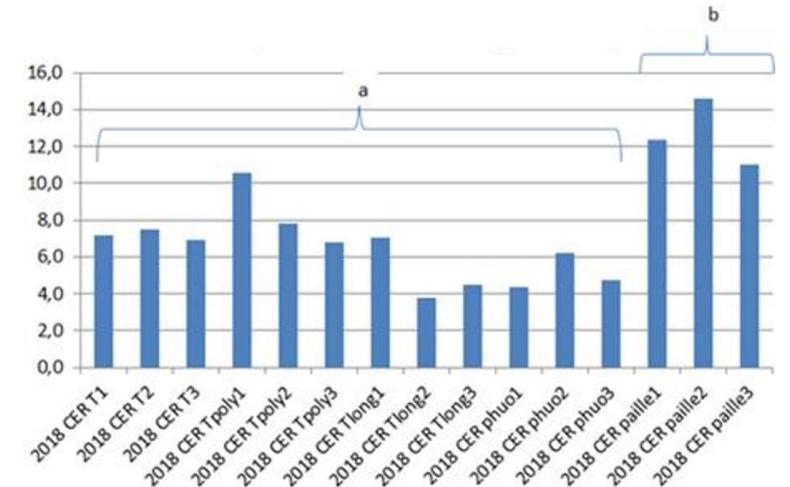


Figure 20 : Poids de vendange sur 5 ceps (ATV49).

Cet essai illustre dans la pratique l'étude de Ghule et *al.*, (2021). Il nous conforte dans l'idée de semer à l'automne des couverts sensibles à la fusariose dans l'inter rang pour créer une barrière biologique au développement du mildiou au printemps grâce à la dissémination des spores de *Fusarium* par le vent et la pluie sur les feuilles de vigne.



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## V) Agrégation des Zoospores au niveau des racines et Potassium (Galiana et al., 2019)

Les zoospores se déplacent dans l'eau du sol vers les racines des plantes grâce à leurs deux flagelles et s'y agrègent en formant des biofilms d'oomycètes (figure 21).

Les mécanismes physico-chimiques et cellulaires à l'origine de l'agrégation des zoospores de *Phytophthora parasitica*\* ont été récemment découverts.

Galiana et al., (2019) ont remarqué que l'agrégation des zoospores résulte d'un mécanisme de chimiotactisme négatif c'est-à-dire de répulsion par les ions  $K^+$  de chaque zoospore, puis de bioconvection c'est-à-dire le mouvement imprimé à chaque individu par le grand nombre de zoospores présents en solution.

Lorsque les zoospores détectent le  $K^+$  dans le sol, ils se déplacent dans une région où la concentration en  $K^+$  est inférieure à la plage de seuil de 1 à 4 mM.

Ainsi dans la rhizosphère toute zone dans laquelle la concentration en  $K^+$  est importante aura tendance à repousser les zoospores de *Phytophthora parasitica*.

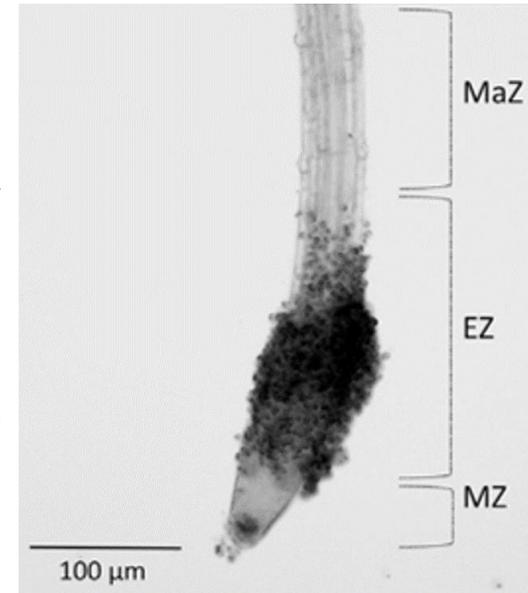
La teneur totale en  $K^+$  des sols varie généralement entre 0,4 et 30 g/kg<sup>-1</sup> (Sparks, 1987) et comporte deux composantes :

- les particules de sol représentant environ 98 % de la teneur totale en  $K^+$
- les films d'eau entourant ces particules de sol représentant 2 % de la teneur totale en  $K^+$  avec une concentration en  $K^+$  comprise entre 0,2 et 15 mM et atteignant 5 à 10 mM dans les sols agricoles les plus fertilisés (Sparks, 1987)

Ainsi la dynamique d'échange de  $K^+$  dans le sol constitue un paramètre important sur le déplacement et l'agrégation des zoospores.

Lorsque les plantes absorbent du  $K^+$  au niveau des racines cela entraîne une zone d'appauvrissement en  $K^+$  autour de la surface des racines (Maathuis et Sanders, 1996) attirant les zoospores repoussées par les fortes concentrations en  $K^+$  des particules de sol et des films d'eau, ce phénomène étant amplifié par les exsudats des racines qui attirent les zoospores (Judelson et Blanco, 2005 ; Neil, 2004)

**Ainsi, la distribution physique et chimique de  $K^+$  à l'interface sol/racine est un paramètre qui contribue à l'agrégation et à la formation d'un biofilm de zoospores au niveau des racines. Les racines des vignes constituent ainsi un réservoir de zoospores et le travail du cavaillon pourrait accentuer la contamination primaire du mildiou dans le vignoble.**



**Figure 21** : Agrégation préférentielle des zoospores sur la zone d'élongation de la racine (EZ) (d'après Galiana et al., 2019). MaZ : zone de maturation ; MZ : zone méristématique.

\* *Phytophthora parasitica* est un Oomycète pathogène responsable par exemple de la pourriture des racines et du collet chez la Tomate.



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## ✓ Gestion des fertilisants et du potassium $K^+$

La vigne présente une forte attirance pour le potassium dont elle fait une consommation de « luxe » comme beaucoup de plantes.

**Nous émettons l'hypothèse** que lorsqu'il est absorbé en excès (consommation de « luxe ») il vient remplacer des nutriments déficients :

- Pas assez d'azote disponible. La synthèse des protéines ne se fera pas bien. Ce sont les acides aminés ou l'ammonium  $NH_4^+$  qui sont à l'origine du métabolisme protéique dans la plante. En carence d'azote, la plante, déficitaire en charge (+) de l'ammonium, va mobiliser du potassium  $K^+$  qui vient ainsi substituer sa charge (+) à celle de l'ammonium  $NH_4^+$  absente.
- Absence de phosphates, qui servent à fabriquer l'ATP (Adénosine Triphosphate) qui est l'énergie cellulaire. Les carences en phosphore baissent la formation des sucres et l'assimilation du carbone.

Généralement, il y a assez de potassium dans les sols, vérifier à l'analyse.

Nous conseillons donc :

- D'apporter de l'azote organique en automne pour que la biodégradation hivernal produise de l'ammonium au printemps.
- D'aider la plante via N8 au printemps, sachant que N8 est une source d'acides aminés directement assimilables par les feuilles ou les racines.
- De construire une stratégie « Phosphates » avec des apports organiques d'automne également. Le phosphore raffiné d'origine minérale se bloque rapidement dans les sols calcaires. Sinon, adopter une stratégie d'apports foliaires

Konrad Schreiber et LBV **font l'hypothèse** qu'une fertilisation organique NPK équilibrée et positionnée à l'automne limiterait la consommation de luxe de  $K^+$  au printemps grâce au rétablissement des cycles biologiques de l'azote et du phosphore permettant la production d'ammonium  $NH_4^+$  et diminuerait ainsi l'agrégation des zoospores au niveau des racines.



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## VI) Proposition d'une stratégie globale innovante contre *Plasmopara viticola*

Nous vous proposons de tester une stratégie innovante de lutte contre le mildiou basée sur :

- Le développement de la fusariose (acide fusarique) grâce à un couvert végétal sensible à différentes espèces du genre *Fusarium*
- Une approche RedOx réductrice par une fertilisation non oxydante et une décompaction biologique du sol par des microorganismes
- Une fertilisation NPK + Oligo éléments équilibrée
- Une alternative aux traitements classiques cupriques en passant du kg/ha au g/ha de cuivre métal

Ainsi, pour répondre à ces objectifs stratégiques nous vous proposons grâce à l'association des pratiques agronomiques favorables aux sols vivants et les biostimulants, les solutions suivantes :



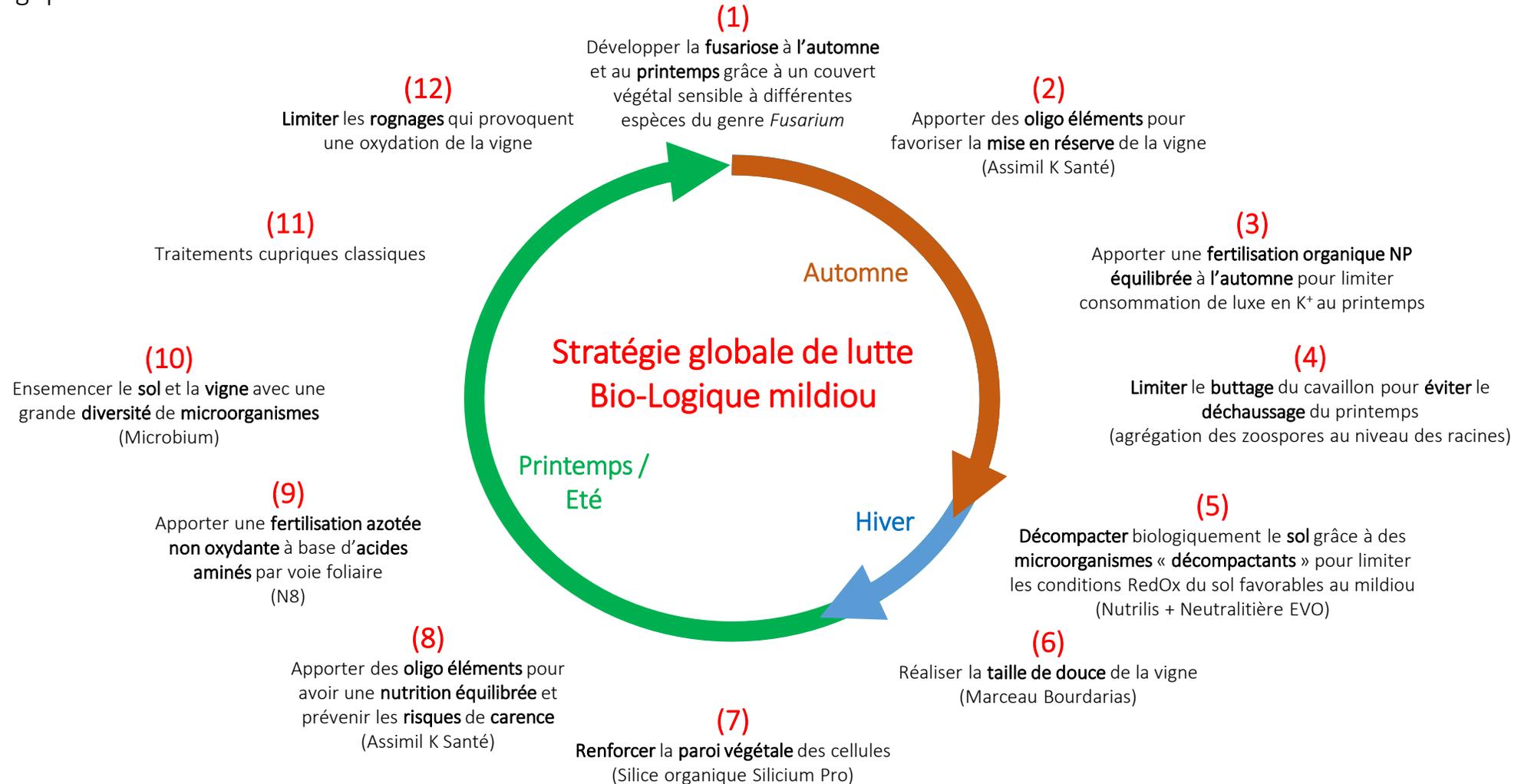


# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



La lutte Bio-Logique commence dès l'automne...





CHATEAU  
DURFORT  
VIVENS



# LA BELLE VIGNE

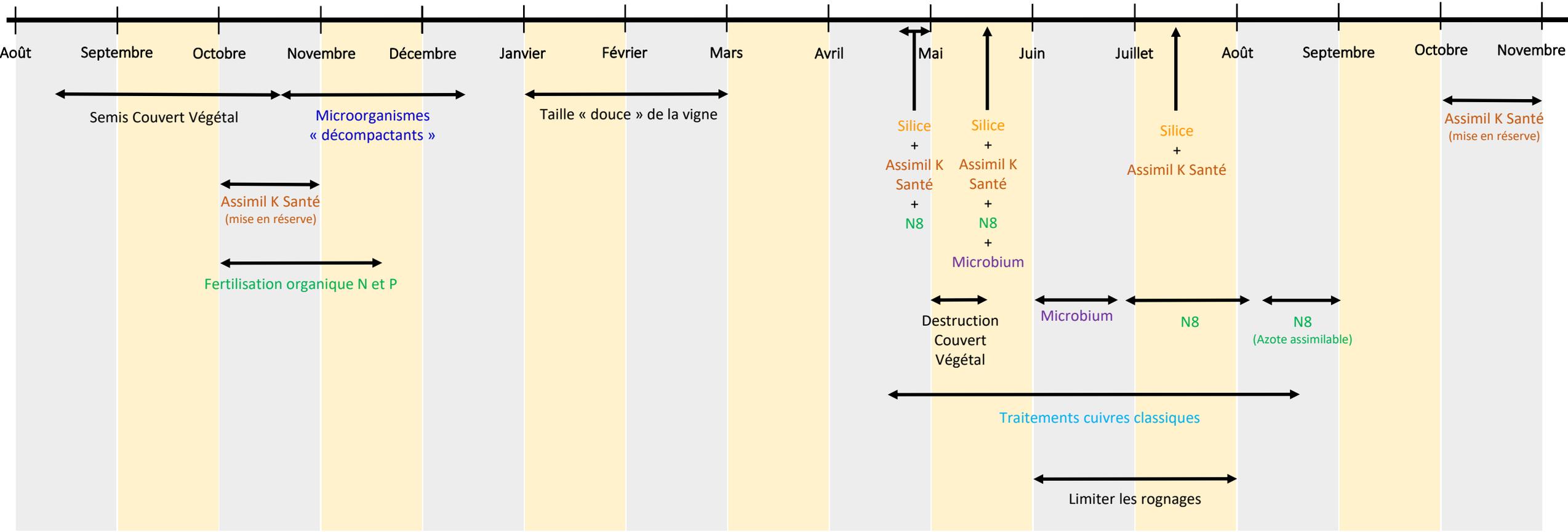
« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



Principaux stades repères du cycle biologique de la vigne  
(d'après Carbonneau et al., 1992)



Chute des feuilles  
Repos végétatif  
Débourrement  
Floraison  
Véraison  
Maturité





# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## ✓ Oligo éléments : Assimil K Santé



### ■ Présentation

Assimil K Santé est un stimulant foliaire liquide composé d'un complexe d'oligoéléments (tableau 2) et de vitamines (vitamine C et acide folique) qui sont favorables à la santé de tous les végétaux.

Il a été conçu à partir des préconisations de Francis Chaboussou (INRA) selon le concept B+3M et est autorisé en Agriculture Biologique.

Il peut être utilisé en lutte préventive contre le mildiou grâce à la Vitamine C qu'il contient (effet réducteur sur la plante).

Globalement, Assimil K Santé :

- favorise la photosynthèse et la protéosynthèse
- permet à la plante de résister aux stress
- optimise le rendement et la qualité des récoltes

### ■ Stades et dose d'application sur vigne

#### • Printemps

- 1 mois après le débourrement de la vigne à la dose de 3 l/ha
- 15 jours avant floraison de la vigne à la dose de 3 l/ha
- 15 jours après floraison de la vigne à la dose de 3 l/ha

#### • Automne

Après les vendanges pour favoriser la mise en réserve à la dose de 3 l/ha.

Teneurs analytiques	Oligo-éléments forme sulfates (g/l)	Oligo-éléments purs (g/l)
Oxyde de Magnésium soluble dans l'eau (MgO) apporté sous forme de sulfate de magnésium : 4%	45	<b>9,2</b>
Anhydride sulfurique soluble dans l'eau (SO3) apporté sous forme de sulfate : 10%	11,25	<b>4,5</b>
<b>Bore</b> soluble dans l'eau ( <b>B</b> ) apporté sous forme d'acide borique : 0,5%	5,69	<b>1,08</b>
<b>Manganèse</b> soluble dans l'eau ( <b>Mn</b> ) apporté sous forme de sulfate de manganèse : 0,5%	5,69	<b>1,89</b>
<b>Zinc</b> soluble dans l'eau ( <b>Zn</b> ) apporté sous forme de sulfate de zinc : 1%	11,25	<b>4,95</b>
<b>Cuivre</b> soluble dans l'eau ( <b>Cu</b> ) apporté sous la forme de sulfate de cuivre : 0,2%	2,25	<b>0,99</b>

Tableau 2 : Composition et formulation d'Assimil K Santé (Gaïago).

### ■ Conditions d'application

Les UV du soleil ainsi que l'oxygène pouvant neutraliser l'effet réducteur de la Vitamine C, certaines conditions d'application d'Assimil K Santé doivent être appliquées pour maximiser ses effets:

- pulvériser soit le matin ou le soir à l'abri du soleil,
- ne pas utiliser de buses anti dérives (excès d'oxygène),
- pulvériser à bas volume ( ≈100 l/ha),
- utiliser de l'eau déminéralisée (ou eau de pluie filtrée) pour préparer la bouillie, la corriger à pH=3 avec de l'acide citrique, puis rajouter Assimil K Santé (le pH d'Assimil K Santé est de 5,5)

### ■ Fournisseur

Angela Sidler - [Sidler Concept](#) - Le Moulin Guérin 61140 Rives d'Andaine

Tel.: 06.67.58.58.74

Email: [sidlerconcept@gmail.com](mailto:sidlerconcept@gmail.com).



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## ✓ Microorganismes décompactants : Nutrilis et Neutralitière EVO

### ▪ Présentation

La société Biovitis (Green Cell) propose une solution pour aider à décompacter les sols (photo 1) : Nutrilis et Neutralitière EVO.

Ce sont des produits composés de bactérie et de champignon que l'on utilise pour le traitement des eaux stagnante mais que l'on peut aussi apporter au sol.

Il permet de relancer l'activité biologique du sol et d'améliorer sa porosité via :

- *Phanerochaete Chrysosporium* et *Trichoderma harzianum* (Champignons)
- *Pseudomonas Fluorescens* (Bactérie)

### ▪ Période et dose d'application sur vigne

Nutrilis et Neutralitière EVO s'apportent à l'automne à la dose de **500 g/ha** pour chacun des produits.

### ▪ Conditions d'application

Nutrilis et Neutralitière EVO s'appliquent par pulvérisation sur sol humide dans un volume de bouillie important (entre 500 et 800 l/ha) et avant une pluie (optimisation de la pénétration des microorganismes dans le sol).

L'application doit se faire à l'abri des UV, idéalement la nuit.

### ▪ Fournisseur

Romain Eclercy

Tel.: 06.75.34.68.85

Email : romaineclercy@greencell.tech



Photo 1 : Décompactation du sol au Golf Chantaco à St Jean De Luz





# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## ✓ Fertilisation azotée non oxydante à base d'acides aminés : N8

### ■ Présentation

L'engrais Azoté Organique N8 appartient au groupe des fertilisants à base de protéines hydrolysées (acides aminés).

Les acides aminés contenus dans N8 sont Lévogyres et donc reconnus et assimilés par les plantes et les microorganismes et ils sont une source d'azote non oxydée pour la fertilisation, comme l'urée et l'ammonium.

L'engrais Azote Organique N8 contient 8 % d'azote et contient 48 % d'acides aminés totaux et peptides dont 9 % d'acides aminés libres. La nature et la teneur des différents acides aminés totaux et peptides contenus dans l'engrais Azote Organique N8,0 sont données dans le tableau 3.

Cet engrais contient également 0,25 % de fer (Fe), 0,15 % de zinc (Zn), 0,15 % de manganèse (Mn) et 0,05 % de molybdène (Mo), tous solubles sous formes lactates et sulfates.

Il est classé comme engrais organo-minéraux (NF U 42-001) et il est autorisé en Agriculture Biologique (règlement CE 2021/1165).

### ■ Stades et doses d'application sur vigne

N8 s'apporte par pulvérisation foliaire à la dose totale de 12 l/ha mais il est conseillé de fractionner l'apport en trois avec une dilution à 5 % maximum :

- 3 l/ha 1 mois après le débourrement
- 4 l/ha avant floraison
- 5 l/ha après floraison

### • Azote assimilable des moûts

Il est possible d'apporter N8 à la Véraison à la dose de 5 l/ha par voie foliaire pour augmenter le taux d'azote assimilable dans les moûts, si besoin.

### ■ Conditions d'application

Les acides aminés étant sensibles aux UV, il est conseillé de faire l'application le soir ou en journée lorsque le ciel est couvert.

### ■ Fournisseur

Angela Sidler - [Sidler Concept](#)

Le Moulin Guérin

61140 Rives d'Andaine

Tel.: 06.67.58.58.74

Email: [sidlerconcept@gmail.com](mailto:sidlerconcept@gmail.com).

Matière Sèche	58% (580 g/l)
Matière Organique	53% (530 g/l)
Carbone Organique	23% (230 g/l)
Azote Total (N)	8,0% (80 g/l)
Azote Organique	7,8% (78 g/l)
Azote Ammoniacal	0,2% (2 g/l)
Densité	1,2 - 1,3
pH	6 à 7
Apparence	liquide, brun opaque

Tableau 3 : Composition de N8 (Vitaceres).

ENGRAIS AZOTE  
ORGANIQUE N 8,0





# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



	Coût énergétique en ATP (absorption, réduction et assimilation)	pH Rhizosphère	Niveau d'oxydation
$\text{NO}_3^-$	14	↑	+ 5
$\text{NH}_4^+$	4	↓	- 3
Urée	4	→	- 3
Acides aminés	1	Légère ↑	- 3

L'absorption d'acides aminés par les plantes est plus avantageuse énergétiquement par rapport à l'absorption de  $\text{NO}_3^-$  et de  $\text{NH}_4^+$  car la plante n'a pas besoin d'énergie pour assimiler l'azote absorbé et l'incorporer ensuite dans les acides aminés (Teixeira et *al.*, 2018).



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## ✓ Apport d'une diversité de Microorganismes : Microbium

### ■ Présentation

Microbium est un activateur du phytobiote (ou microbiote des plantes ; figure 23).

Il permet :

- une activation de la diversité microbienne fonctionnelle qui recolonise la phyllosphère et les sols après des périodes de stress (traitement, travail du sol, etc...)
- une recolonisation des feuilles par les microorganismes et freine ainsi sa colonisation par les pathogènes
- le développement du microbiote autochtone par un effet combiné de prébiotique et de probiotique
- une amélioration de la structure du sol par l'action sur la microbiologie du sol
- une accélération de la dégradation des couverts et de la matière organique fraîche
- une meilleure résistance au stress hydrique (stress retardé de 2 à 3 semaines)
- une meilleure reprise des jeunes plants

### ■ Stades et dose d'application sur vigne

- 50 l/ha avant floraison
- 100 l/ha à floraison

### ■ Mode opératoire

1) Remplir en premier la cuve d'eau (au moins 100 litres), ajouter ensuite 20 kg Microbium (et éventuellement Chelaprotec).

2) Ajouter 800 litres d'eau non chlorée et inférieure à 400 mS (ex : eau de pluie) puis 20 litres de mélasse (fournit sur demande avec Microbium) dans une cuve hermétique (cuve à bouchon flottant ou IBC fermé) et laisser reposer pendant 10 jours (+/- 3 jours).

### ■ Conditions d'application

Application foliaire et au sol en période humide et fin de journée.

Peut s'appliquer seul ou avec Chelaprotec.

Idéalement, appliquer Microbium 7 jours après Chelaprotec lorsque les conditions le permettent.

### ■ Recommandations

Des applications de BRF (2 à 5 tonnes/ha) sont recommandées pour stimuler champignons avant ou pendant les applications de Microbium.

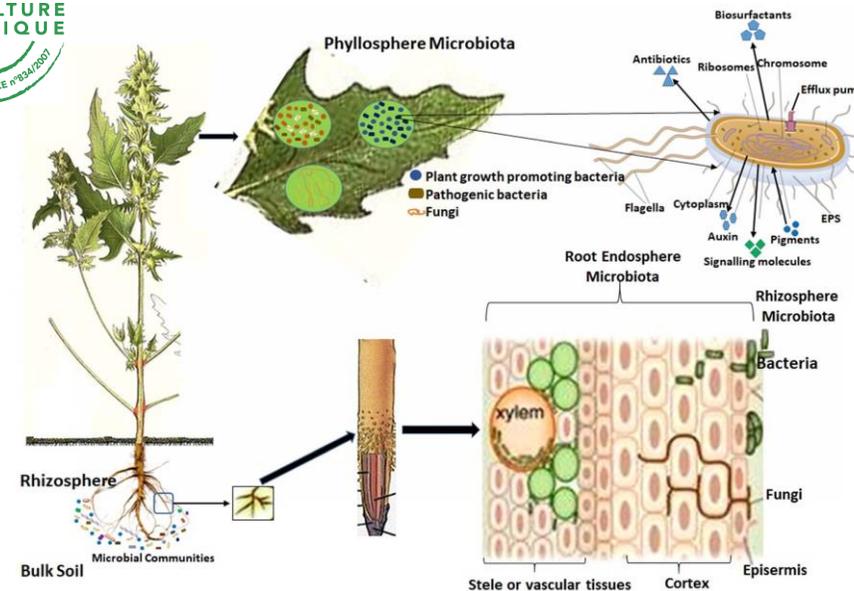


Figure 23 : Fonctions et impacts des communautés microbiennes dans la rhizosphère, l'endosphère et la phyllosphère des halophytes (Mukhtar et al., 2019).

### ■ Fournisseur

Rémi Thinard - Symbiotik Agroécologie

1 place du Château

42600 Montbrison

Tel : 07 71 89 74 59

Email : remi.thinard@symbiotik-agroecologie.fr



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## ✓ Renforcer la paroi végétale des cellules : Silice organique

### ■ Présentation

La silice permet de lutter contre la sécheresse, gérer les déséquilibres minéraux, éviter les toxicités par les métaux lourds, résister aux maladies fongiques et aux insectes piqueurs-suceurs.

Les mécanismes influencés par la silice dans la plante sont les suivants (Puppe et Sommer, 2018) :

- Transpiration de la plante moins importante
- Renforcement des cellules végétales (figure 24)
- Stimulation des systèmes antioxydants
- Renforcement de la photosynthèse
- Augmentation de l'efficacité de l'eau
- Nutriments utilisés plus efficacement
- Allègements des nutriments en excès
- Complexation et coprécipitation des métaux lourds en excès
- Polymérisation de la silice (barrière mécanique dans la plante)
- Stimulation des défenses biochimiques
- Effets osmotiques et fongicides des sels de silicium

### ■ Période et dose d'application sur vigne

- 2 à 3 semaines après le débourrement de la vigne à la dose de 0,25 l/ha (soit 2 g/ha)
- 15 jours avant floraison de la vigne à la dose de 0,25 l/ha (soit 2 g/ha)
- 15 jours après floraison de la vigne à la dose de 0,25 l/ha (soit 2 g/ha)

### ■ Fournisseur

Angela Sidler - [Sidler Concept](http://www.sidlerconcept.com)

Le Moulin Guérin

61140 Rives d'Andaine

Tel.: 06.67.58.58.74

Email: [sidlerconcept@gmail.com](mailto:sidlerconcept@gmail.com).

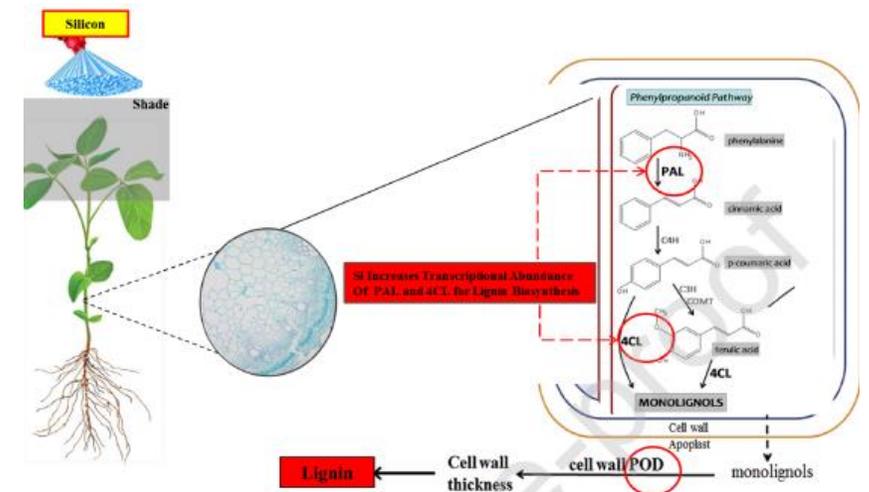


Figure 24 : Mécanisme probable de biosynthèse de la lignine par la silice (Hussain et al., 2021).



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## La Séquence biochimique de la nutrition des plantes (USDA 2013)

La Silice est le 2<sup>ème</sup> facteur limitant dans la biosynthèse des protéines et de l'amidon.

Le métabolisme biochimique de la plante commence par (figure 25) :

- le Bore (1) qui mobilise
- le Silicium (2) qui sert de support à tous les autres nutriments, en commençant par
- le Calcium (3) qui se lie à
- l'Azote (4) qui forme des acides aminés, l'ADN, et favorise la division cellulaire.

Les acides aminés forment des protéines telles que la chlorophylle et lient des oligo-éléments, notamment :

- le Magnésium (5) qui transmet de l'énergie via
- le Phosphore (6) afin de
- fournir du Carbone (7) destiné à la production de glucides qui se déplace là où
- le potassium (8) les transporte.

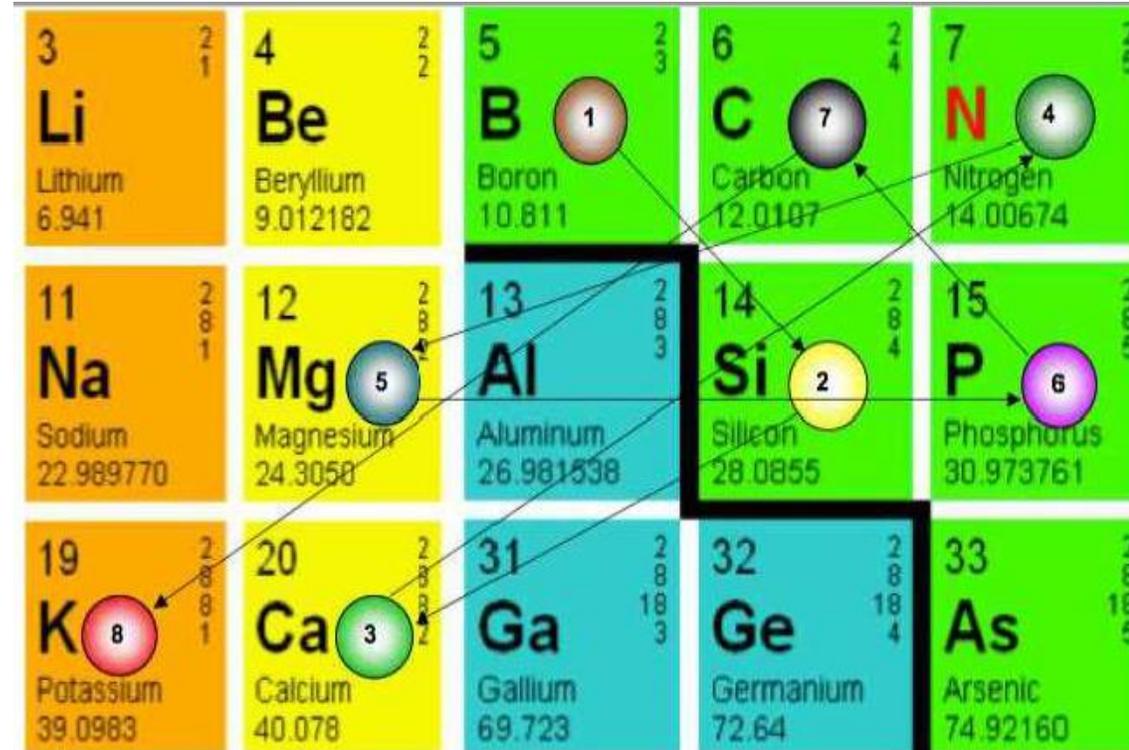


Figure 25 : Séquence biochimique de la nutrition des plantes (USDA 2013).



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## ✓ Développer la fusariose par un couvert végétal

L'acide fusarique inhibant le développement de *Plasmopara viticola* (Ghule et al., 2021) et étant un métabolite secondaire produit par les espèces de champignons du genre *Fusarium* (Bacon et al., 1996), l'implantation à la fin de l'été d'un couvert végétal composé d'espèces sensibles à la fusariose semble judicieux pour entamer la lutte Bio-Logique contre le mildiou dès l'automne.

Voici donc une proposition d'association de trois espèces sensibles à la fusariose ainsi que leur dose d'apport :

- **Trèfle de Micheli** (sensible à *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, etc...) : **5 à 10 kg/ha**
- **Radis fourrager** (sensible à *Fusarium oxysporum f. sp. Conglutinans*, etc...) : **5 à 10 kg/ha**
- **Triticale\***, **Blé\***, **Seigle\***, **Orge\*** (sensibles à *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium poae*, *Fusarium roseum*, etc...) : **80 à 100 kg/ha**

Pour assurer l'implantation du couvert en semis direct avant/après les vendanges (mais toujours le plus tôt possible si semis après vendange) un apport de produit starter spécialement élaboré pour permettre la germination en pleine sécheresse contenant du lombricompost en microgranulé ([Greencrops](#)) et du sulfate de magnésium ( $MgSO_4$ ) sont conseillés.

La fumure organique doit aussi arriver en automne. Au moins 30 UN après semis sont conseillées.

\* Ces 4 graminées sont présentées par ordre décroissant de sensibilité à la fusariose.



CHATEAU  
DURFORT  
VIVENS



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## Le magnésium dans les sols

C'est un constituant essentiel de la chlorophylle, 20 %.  
Cause de problème en cas d'excès : compaction.  
Solubilise les minéraux dont le **Fe et Al**.

Le  $Mg^{2+}$  est un ion hydraté



Forte capacité de rétention en eau

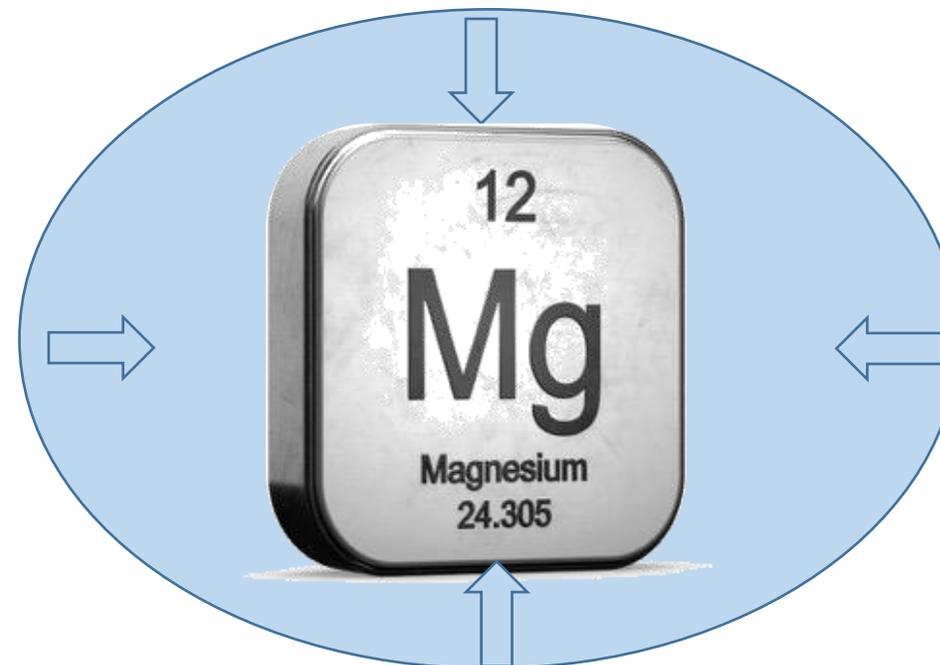


Sol avec trop de Mg

=

Sol hydromorphe

Forte concentration de Fe et Al



Comment extraire le magnésium ?

Soufre élémentaire ou gypse

+

Très bonne gestion du lisier-fumier

+

Apport minéral de K



CHÂTEAU  
DURFORT  
VIVENS



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## VII) Evaluation économique de l'itinéraire technique

Nom	Prix (€ HT)	Conditionnement	Prix unitaire (€ HT/l ou kg)	Prix annuel à l'hectare (€ HT/ha/an)
Assimil K Santé	101	20 l	5,05	60,6
Nutrilis	210	1 kg	210	105
Neutralitière EVO	210	10 kg	21	10,5
Silice Organique	290	5 l	58	43,5
N8	140	20 l	7	84
Microbium	215	20 kg	10,75	32,25
Chelaprotec	70	20 l	3,5	21 (par traitement)
Trèfle Micheli AB			≈ 4,5	22,5 à 45
Radis fourrager AB			≈ 5	25 à 50
Triticale AB			≈ 1,2	96 à 120
Blé hiver AB			≈ 1,4	112 à 140
Seigle hiver AB			≈ 2,3	184 à 230
Orge hiver AB			≈ 1,3	104 à 130

➤ Soit 336 € HT/ha/an + 21 € HT/traitement au Chelaprotec

➤ Prix semence couvert AB entre 143,5\* et 325\*\* € HT/ha/an

\* Calculé sur la base : Trèfle Micheli (5 kg/ha), Radis fourrager (5kg/ha) et Triticale (80 kg/ha).

\*\* Calculé sur la base : Trèfle Micheli (10 kg/ha), Radis fourrager (10 kg/ha) et Seigle hiver (100 kg/ha).



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



## Références Bibliographiques

- Abbasher, A. A., & Sauerborn, J. (1992). *Fusarium nygamai*, a potential bioherbicide for *Striga hermonthica* control in sorghum. *Biological control*, 2(4), 291-296.
- Adams, P. B. (1990). The potential of mycoparasites for biological control of plant diseases. *Annual review of phytopathology*, 28(1), 59-72.
- Bacon, C. W., Porter, J. K., Norred, W. P., & Leslie, J. (1996). Production of fusaric acid by *Fusarium* species. *Applied and Environmental Microbiology*, 62(11), 4039-4043.
- Bakshi, S., Szejnberg, A., & Yarden, O. (2001). Isolation and characterization of a cold-tolerant strain of *Fusarium proliferatum*, a biocontrol agent of grape downy mildew. *Phytopathology*, 91(11), 1062-1068.
- Bellow, S., Latouche, G., Brown, S. C., Poutaraud, A., & Cerovic, Z. G. (2012). In vivo localization at the cellular level of stilbene fluorescence induced by *Plasmopara viticola* in grapevine leaves. *Journal of experimental botany*, 63(10), 3697-3707.
- Burruano, S. (2000). The life-cycle of *Plasmopara viticola*, cause of downy mildew of vine. *Mycologist*, 14(4), 179-182.
- Carbonneau, A., Riou, C., Guyon, D., Riou, J., & Schneider, C. (1992). Agrométéorologie de la vigne en France. Luxembourg.
- Falk, S. P., Pearson, R. C., Gadoury, D. M., Seem, R. C., & Szejnberg, A. (1996). *Fusarium proliferatum* as a biocontrol agent against grape downy mildew. *Phytopathology*, 86(10), 1010-1017.
- Fravel, D., Olivain, C., & Alabouvette, C. (2003). *Fusarium oxysporum* and its biocontrol. *New phytologist*, 157(3), 493-502.
- Galiana, E., Cohen, C., Thomen, P., Etienne, C., & Noblin, X. (2019). Guidance of zoospores by potassium gradient sensing mediates aggregation. *Journal of the Royal Society Interface*, 16(157), 20190367.



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



- Gessler, C., Pertot, I., & Perazzolli, M. (2011). *Plasmopara viticola* : a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. *Phytopathologia Mediterranea*, 50(1), 3-44.
- Ghule, M. R., & Sawant, I. S. (2017). Potential of *Fusarium spp.* for biocontrol of downy mildew of grapes. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 23(2), 147-152.
- Ghule, M. R., Sawant, I. S., Oulkar, D., Hingmire, S., Shabeer, A., & Holkar, S. (2021). Identification of secondary metabolites in mycoparasites *Fusarium* strains and antifungal activity of fusaric acid against *Plasmopara viticola*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 55(11), 1283-1297.
- Ghule, M. R., Sawant, I. S., Sawant, S. D., Sharma, R., & Shouche, Y. S. (2018). Identification of *Fusarium* species as putative mycoparasites of *Plasmopara viticola* causing downy mildew in grapevines. *Australasian plant disease notes*, 13, 1-6.
- Gobbin, D. (2004). Redefining *Plasmopara viticola* epidemiological cycle by molecular genetics (*Vitis*).
- Hussain, S., Shuxian, L., Mumtaz, M., Shafiq, I., Iqbal, N., Brestic, M., ... & Wenyu, Y. (2021). Foliar application of silicon improves stem strength under low light stress by regulating lignin biosynthesis genes in soybean (*Glycine max (L.) Merr.*). *Journal of hazardous materials*, 401, 123256.
- Judelson, H. S., & Blanco, F. A. (2005). The spores of *Phytophthora* : weapons of the plant destroyer. *Nature Reviews Microbiology*, 3(1), 47-58.
- Kiefer, B., Riemann, M., Büche, C., Kassemeyer, H. H., & Nick, P. (2002). The host guides morphogenesis and stomatal targeting in the grapevine pathogen *Plasmopara viticola*. *Planta*, 215, 387-393.
- Maathuis, F. J., & Sanders, D. (1996). Mechanisms of potassium absorption by higher plant roots. *Physiologia Plantarum*, 96(1), 158-168.
- Mukhtar, S., Malik, K. A., & Mehnaz, S. (2019). Microbiome of halophytes : Diversity and importance for plant health and productivity. *Microbiology and Biotechnology Letters*, 47(1), 1-10.



# LA BELLE VIGNE

« Une viticulture naturelle sur sols vivants »



Neil, A. R. (2004). New angles in mycology: studies in directional growth and directional motility. *Mycological Research*, 108(1), 5-13.

Puppe, D., & Sommer, M. (2018). Experiments, uptake mechanisms, and functioning of silicon foliar fertilization - A review focusing on maize, rice, and wheat. *Advances in Agronomy*, 152, 1-49.

Rumbolz, J., Wirtz, S., Kassemeyer, H. H., Guggenheim, R., Schäfer, E., & Büche, C. (2002). Sporulation of *Plasmopara viticola* : differentiation and light regulation. *Plant Biology*, 4(03), 413-422.

Son, S. W., Kim, H. Y., Choi, G. J., Lim, H. K., Jang, K. S., Lee, S. O., ... & Kim, J. C. (2008). Bikaverin and fusaric acid from *Fusarium oxysporum* show antioomycete activity against *Phytophthora infestans*. *Journal of applied microbiology*, 104(3), 692-698.

Sparks, D. L. (1987). Potassium dynamics in soils. In *Advances in soil science* (pp. 1-63). Springer New York.

Teixeira, W. F., Fagan, E. B., Soares, L. H., Soares, J. N., Reichardt, K., & Neto, D. D. (2018). Seed and foliar application of amino acids improve variables of nitrogen metabolism and productivity in soybean crop. *Frontiers in Plant Science*, 9, 396.

Unger, S., Büche, C., Boso, S., & Kassemeyer, H. H. (2007). The course of colonization of two different *Vitis* genotypes by *Plasmopara viticola* indicates compatible and incompatible host-pathogen interactions. *Phytopathology*, 97(7), 780-786.

Vercesi, A., Tornaghi, R., Sant, S., Burruano, S., & Faoro, F. (1999). A cytological and ultrastructural study on the maturation and germination of oospores of *Plasmopara viticola* from overwintering vine leaves. *Mycological Research*, 103(2), 193-202.

Zanzotto, A., & Morroni, M. (2016). Major biocontrol studies and measures against fungal and oomycete pathogens of grapevine. *Biocontrol of major grapevine diseases : leading research*, 1, 1-34.