

Abonnez-vous
gratuitement
aux BSV de la région
Occitanie



A retenir

EXCORIOSE

Le stade de sensibilité est atteint dans la plupart des cas.

BLACK-ROT

La pression a été forte en 2021 et 2022. Mettez la prophylaxie en œuvre sur les parcelles très impactées puis surveillez le risque de pluie et l'apparition des feuilles étalées.

ACARIOSE - ERINOSE

Ces parasites occasionnent des dégâts chaque année sur variétés sensibles et situations à débourrement ralenti. Soyez vigilants.

VERS DE LA GRAPPE

La confusion doit être mise en place.

ANNEXES : [Liste des mesures alternatives et prophylactiques en viticulture](#)
[La note technique commune vigne 2023](#)



Directeur de publication :

Denis CARRETIER
Président de la Chambre
Régionale d'Agriculture
d'Occitanie
BP 22107
31321 CASTANET
TOLOSAN Cx
Tel 05.61.75.26.00

Comité de validation :
Syndicat du Chasselas de
Moissac, CEFEL, Chambre
d'agriculture du Tarn-et-
Garonne, Qualisol, Chambre
régionale d'Agriculture
d'Occitanie, DRAAF
Occitanie



Action du plan Ecophyto pilotée
par les ministères en charge de
l'agriculture, de l'écologie, de la
santé et de la recherche, avec
l'appui technique et financier de
l'Office français de la
Biodiversité



Note Nationale
Biodiversité



Cette note vise à accompagner la démarche agro-écologique portée par le Bulletin de Santé du Végétal.
Elle propose une synthèse de 2 pages sur un volet biodiversité associé à la santé générale des agro-écosystèmes.



Consultez la note nationale en annexe au BSV ou sur [Ecophytopic](#)

DISPOSITIF D'OBSERVATIONS 2023

Le réseau de surveillance biologique du territoire pour la filière viticulture repose sur un réseau d'observations stable permettant la collecte hebdomadaire d'un socle d'informations afin d'établir une évaluation du risque sanitaire pour les principaux parasites de la vigne.

Pour notre secteur, le réseau compte **trois parcelles de suivis** (traitées et non traitées) ainsi qu'une **dizaine de pièges à phéromone** pour le suivi des vols d'Eudémis, Eulia et la surveillance de *Cryptoblabes*. En revanche, il n'y a pas de surveillance de l'apparition des adultes de *Scaphoideus titanus*.

Par ailleurs, des données d'observation sont collectées par de nombreuses structures partenaires dont vous retrouvez la liste en fin de bulletin. Il est important de rappeler que l'analyse de risque éditée dans les bulletins s'appuie également sur les données issues de modèles épidémiologiques.

L'organisation du comité de validation est la suivante :

Animatrice filière régionale : V. Viguès, CA81 Animation du réseau régional, rédaction et publication des BSV		Référents vignoble / Observateurs: Stéphane LUCAS : Animation du réseau vignoble. Karine GHION, (CA 82), Alexandre MOREAU, (QUALISOL), Sébastien BAILLION, (CEFEL) : Observateurs, collecte de données et validation des BSV	
IFV Sud-Ouest : N. Lebe Modélisation Suivis biologiques en laboratoire	CRAO : M. Lachaussée Validation et publication	SRAL : L. Durand-Lagarrigue Contrôle de second niveau	

METEO








- Les faits marquants de la climatologie hivernale 2022-2023** (Source Météo France)

La douceur remarquable qui s'est installée sur la France fin 2022 a perduré jusqu'à mi- janvier. Elle a été suivie d'un temps hivernal durant la seconde quinzaine de janvier avec des chutes de neige jusqu'en plaine. Puis, des conditions anticycloniques se sont installées sur la France fin janvier et ont perduré jusqu'à fin février. Le mois de février est resté sec. Le cumul de pluie a, heureusement, été un peu plus significatif en mars.




- Pour les prochains jours**

Nous prévoyons un temps mitigé mais sec. A priori pas de pluies significatives, mais des températures limite négative mercredi matin.

- Prévisions du 05 Avril au 11 Avril 2023**

	Mer 05	Jeu 06	Vend 07	Sam 08	Dim 09	Lun 10	Mar 11
Températures	0-16	4-17	4-17	4-16	6-17	6-17	6-18
Tendances							

PHENOLOGIE

			
Stades BBCH	5	9	10
Descriptif des stades	Bourgeons dans le coton	Pointe verte de la pousse visible	Eclatement du bourgeon

Précoces *			
Tardives **			

* Variétés à débourrement précoce : CHASSELAS, DANLAS, CENTENNIAL SEEDLESS.

** Variétés à débourrement tardif : MUSCAT de HAMBOURG, RIBOL, ALPHONSE LAVALLEE, ITALIA.

Code couleur : **Stade majoritaire.** Stade présent

La vigne a bien démarré depuis la semaine dernière. Les températures douces sur la fin du mois de mars ont provoqué une avancée rapide des stades phénologiques.

EXCORIOSE *(Phomopsis viticola)*

• Éléments de biologie

Période de risque : La période de sensibilité de la vigne s'étend du stade BBCH 09 (pointe verte) au stade 12/13 (2/3 premières feuilles étalées). La croissance végétative met ensuite la partie terminale sensible du sarment hors de portée des contaminations par le champignon.

• Situation dans les parcelles

Pas de symptôme observé actuellement.

Évaluation du risque : Le niveau de risque est à évaluer à l'échelle de la parcelle en fonction de l'observation de symptômes et du stade de sensibilité de la végétation. Seule une présence régulière de symptômes sur bois justifie une intervention.



Biologie et description des symptômes :

Le champignon responsable de l'excoriose se conserve durant l'hiver sur les écorces et dans les bourgeons.

Au printemps, il produit des pycnides de couleur noire sur les bois excoriés. Lorsque les conditions climatiques deviennent favorables à la germination des pycnides (précipitations prolongées), celles-ci sécrètent un « gel » de couleur jaune contenant les spores. La pluie, en diluant les spores, va permettre leur dissémination sur des organes réceptifs. Cette dissémination se fait sur de courtes distances et la maladie reste très localisée.

Les attaques apparaissent sur jeunes rameaux au printemps, peu après le débourrement, sous forme de taches brun-noir parfois d'aspect liégeux à la hauteur des premiers entre-nœuds.



Excoriose : Chancres d'excoriose sur bois d'1 an

Photo CA 81

Mesures prophylactiques : Les bois porteurs de lésions doivent être éliminés autant que possible lors de la taille d'hiver

ACARIOSE (*Calepitrimerus vitis*)

• Éléments de biologie

Les attaques d'acariose au printemps se manifestent de manière très localisée. Les symptômes sont provoqués par le développement d'acariens microscopiques sur les bourgeons puis les jeunes pousses.

Ce sont les femelles hivernantes qui provoquent ces attaques précoces lorsqu'elles piquent les tissus végétaux pour s'alimenter.

A ce stade, les cellules végétales meurent et provoquent des malformations des feuilles ou la mauvaise croissance des rameaux. On observe donc que certains bourgeons ne démarrent pas alors que d'autres poussent faiblement et restent rabougris. Certains de ces rameaux vont se ramifier à leur base et donner un aspect buissonnant au cep. Les feuilles de la base des rameaux sont plissées et recroquevillées.



Acariose : Entre-noeuds raccourcis et feuillage gaufré - Source Ephytia (D. Blancard INRA)

• Situation dans les parcelles

Il est encore trop tôt pour observer des dégâts.

Évaluation du risque : Surveillez particulièrement les jeunes plantations ainsi que les parcelles âgées avec un débourrement lent qui se montrent plus sensibles aux attaques d'acariose. Les conditions de pousse active actuelles sont peu favorables à l'expression des dégâts du ravageur. Attention néanmoins aux conditions plus fraîches annoncées pour la semaine qui vient.

ERINOSE (*Colomerus vitis*)

• Éléments de biologie

Sur les parcelles à risque (régulièrement attaquées), les dégâts peuvent apparaître très précocement, dès le stade pointe verte. Ainsi, des galles peuvent être visibles sur les premières feuilles à la base des rameaux. Lors d'attaques importantes au printemps, l'érinose peut gêner le développement des jeunes pousses et provoquer un avortement des fleurs.

• Situation dans les parcelles

En 2022, des symptômes ont été observés en tous secteurs mais avec de faibles intensités.

Évaluation du risque : Les stratégies de gestion du risque dans les parcelles les plus sensibles reposent sur une régulation précoce des populations, avant leur phase de multiplication.

Techniques alternatives : L'utilisation de moyens de bio-contrôle est possible et efficace. Consultez la liste des produits de bio-contrôle en [cliquant ici](#).



Biologie et description des symptômes :

L'érinose est caractérisée par l'apparition, à la face supérieure des jeunes feuilles, de galles boursouflées. A la face inférieure de la feuille, se forme également un feutrage dense blanc ou rosé. Lorsque les galles vieillissent, ce feutrage vire au brun rouge. Le parasite responsable de ces symptômes est un acarien invisible à l'œil nu.

Les femelles hivernent dans les écailles des bourgeons et colonisent très tôt les jeunes feuilles pour se nourrir et pondre. Très rapidement après le débourrement démarre une phase de reproduction de l'acarien au cours de laquelle seront produites les populations d'adultes des premières générations estivales qui vont migrer vers le bourgeon terminal et les nouvelles feuilles des rameaux. Cette migration démarre fin mai et s'intensifie après la floraison.

BLACK ROT (*Guignardia bidwellii*)

• Éléments de biologie

Période de risque : Les premières contaminations peuvent s'opérer dès le stade 2-3 feuilles étalées (stade 9) à partir de baies « momifiées » restées sur les souches.

Lorsque le champignon rencontre des conditions favorables au printemps (**présence d'inoculum, pluies et températures supérieures à 9°C**), les contaminations peuvent être précoces.

Dans les situations ayant subi de **fortes attaques** les années antérieures, et en présence, notamment, de **baies momifiées**, il pourrait être nécessaire d'**anticiper la période de risque** (plus précoce que la période de risque « classique » du mildiou). **Dans ces situations, il existe un risque de contaminations en période pluvieuse dès le stade 2-3 feuilles étalées.**



Biologie et description des symptômes :

Le champignon responsable du black-rot se conserve sur les baies momifiées (grappillons non récoltés, accrochés au palissage ou tombés au sol), les vrilles, les feuilles infectées tombées au sol ou encore sur les chancres présents sur les sarments.

Les formes de conservation sont d'autant plus présentes dans les parcelles que les symptômes ont été importants l'année N-1. Le black rot est qualifié de maladie à foyers.

Au printemps, l'augmentation des températures et de l'hygrométrie permet la reprise d'activité du champignon et la production de spores qui pourront être disséminées lors de fortes pluies.

• Situation dans les parcelles

La pression a été particulièrement forte depuis 2021 . Sur les parcelles fortement atteintes l'année dernière, la présence de baies momifiées constitue un inoculum pour de nouvelles contaminations.

Évaluation du risque : Le stade de sensibilité n'est pas encore atteint.

Mesures prophylactiques : Elles servent à diminuer les sources d'inoculum primaire : les rameaux porteurs de chancres et les grappes avec des baies momifiées restées sur les souches doivent être éliminés à la taille et sortis de la parcelle.

NOCTUELLES- BOARMIE

• Éléments de biologie

Ces chenilles mange-bourgeons passent l'hiver sous forme de chenilles. Dès le début du printemps, les chenilles se nourrissent, la nuit, des plantes basses ou montent sur le cep et attaquent les bourgeons et les jeunes pousses.

• Situation dans les parcelles

Pas dégâts observés actuellement.

Évaluation du risque : Ces parasites peuvent être très préjudiciables dans les parcelles sensibles. Surveillez vos parcelles notamment celles touchées l'an passé et celle bordées de bois.



Boarmie : la chenille et son dégât sur bourgeon - Photo AOP Chasselas

MILDIOU *(Plasmopara Viticola)*

• Maturité des œufs (suivi laboratoire IFV)

La maturité des « œufs d'hiver » fait l'objet d'un suivi spécifique en laboratoire. Elle s'observe à partir d'échantillons de feuilles collectés sur différents sites et conservés en conditions naturelles durant tout l'hiver. Dès la mi-avril, chaque semaine, une fraction de ces lots est expédiée au laboratoire pour être placée en conditions extérieures. La maturité des œufs est considérée comme acquise dès que la germination des spores contenues dans les échantillons s'effectue en moins de 24 h.

Évaluation du risque : Le risque est actuellement nul. Rappelons que les premières contaminations épidémiques ne peuvent se produire qu'aux conditions suivantes :

+ la végétation est réceptive (stade sensible dès l'éclatement du bourgeon)	OUI
+ les œufs de mildiou ont atteint un stade de maturité suffisant	NON
+ les conditions climatiques permettent de générer des projections de spores, généralement sur la végétation au bas des souches (T° moyenne > 11°C et pluviométrie suffisante)	NON

OÏDIUM *(Erysiphe necator)*

• Éléments de biologie

Période de risque : Compte-tenu de la présence des formes de conservation du champignon directement sur le bois, les contaminations primaires de l'année suivante peuvent se produire très tôt, dès le stade « premières feuilles étalées ». L'identification des premiers foyers est souvent trop tardive (lorsqu'elles sont visibles, les taches sont déjà au stade sporulant ce qui signifie que la contamination s'est opérée 3 à 4 semaines plus tôt).

Le niveau de risque est déterminé par la sensibilité du cépage et par l'historique de contamination de la parcelle.

Pour les situations à haut risque (cépages sensibles, fortes attaques les années précédentes) : la période de risque démarre au stade 2-3 feuilles étalées.

Pour les parcelles peu sensibles : la période de sensibilité démarre au stade boutons floraux séparés (stade 17, boutons floraux séparés).

Évaluation du risque : Le risque est actuellement nul.

Techniques alternatives : L'utilisation de moyens de bio-contrôle est possible et efficace. Consultez la liste des produits de bio-contrôle en [cliquant ici](#).

Prochain BSV le Mercredi 12 Avril 2023

REPRODUCTION DU BULLETIN AUTORISÉE SEULEMENT DANS SON INTÉGRALITÉ (REPRODUCTION PARTIELLE INTERDITE)

Ce bulletin de santé du végétal a été préparé par l'animateur filière raisin de table du Syndicat du Chasselas de Moissac et élaboré sur la base des observations réalisées par la Chambre d'agriculture du Tam-et-Garonne, le CEFEL, Qualisol et les agriculteurs observateurs.

Ce bulletin est produit à partir d'observations ponctuelles. S'il donne une tendance de la situation sanitaire régionale, celle-ci ne peut pas être transposée telle quelle à la parcelle. La CRA d'Occitanie dégage donc toute responsabilité quant aux décisions prises par les agriculteurs pour la protection de leurs cultures et les invite à prendre ces décisions sur la base des observations qu'ils auront réalisées et en s'appuyant sur les préconisations issues de bulletins techniques.

Cette note vise à accompagner la démarche agro-écologique portée par le Bulletin de Santé du Végétal. Elle propose une synthèse de 2 pages sur un volet biodiversité associé à la santé générale des agro-écosystèmes.

Abeilles sauvages & santé des agro-écosystèmes

photo : Victor Dupuy

Brins d'infos

Mascotte emblématique de la pollinisation, l'Abeille domestique, ne travaille pourtant pas seule : près de 1000 espèces d'abeilles sauvages vivent en France métropolitaine. Avec elles, un cortège immense d'autres insectes s'associe à la diversité de fleurs et d'habitats qui se complètent pour former des écosystèmes riches, productifs, résistants et résilients. L'agriculture, qui en dépend, peut jouer pour eux comme pour elle-même, un rôle favorable comme défavorable très important.

Abeilles / pollinisation

Près de **90% des plantes à fleurs**, **75% des cultures**, et près de **35% de la production alimentaire mondiale**, dépendent au moins en partie de la pollinisation par une diversité de **pollinisateurs sauvages**, même en présence d'abeilles domestiques.

[vidéo](#) [FAO.org] | [article](#) [IPBES, 2016]

Abeilles / à la parcelle

Dans les systèmes agricoles, on constate que l'abondance et la diversité locales des **abeilles sauvages diminuent** fortement au fur et à mesure que l'on s'éloigne des bordures de champs et des habitats naturels et semi-naturels.

[article](#) [IPBES, 2016]

Abeilles / tendances

En Europe, lorsque des évaluations existent, elles montrent que, souvent, **plus de 40 % des espèces d'abeilles sont ou peuvent être menacées**.

Dans l'hexagone, on estime que le syndrome d'effondrement des colonies d'abeilles mellifères ces 20 dernières années, a **divisé par 2 la production de miel**

[vidéo](#) [arte.tv] | [vidéo](#) [arte.tv] | [article](#) [CNRS, 2016]

Écologie et contributions

La diversité de ce que nous pouvons nommer abeilles, regroupe près de 20 000 espèces dans le monde, sociales (+20%) ou solitaires (+80%), généralistes ou spécialistes, à langue courte ou longue pour butiner des fleurs à formes singulières. Elles incluent les bourdons. Leur importance dans la sécurité alimentaire mondiale est bien établie et des études concernant plusieurs cultures à des échelles locales font consensus : le rendement baisse lorsque l'abondance et la diversité des pollinisateurs diminuent.

Abeilles / catégories écologiques

Colletes, osmies, mégachilles, bourdons, abeilles maçonnées, charpentières, des sables, de nombreux groupes d'espèces d'abeilles nous entourent.

Une manière de les distinguer peut se baser sur l'habitat utilisé lors de la **nidification** :

Dans la terre, le sable ou la roche

Galeries dans la terre, le sable, ou la roche, zones au sol, ou sur parois souvent à nu et ensoleillées



Dans la végétation



Nichent notamment dans les tiges des plantes à tiges creuses ou à moelle, tels que les ronces, le sureau, les roseaux, etc.

Dans le bois

Nichent dans les cavités du bois, notamment mort, sec et sur pied, creusées par d'autres insectes mangeurs de bois.



Certaines espèces nichent dans des coquilles d'escargots par exemple, ou d'autres encore peuvent construire leur nid ou le tapisser de pétales de bleuet ou de coquelicot... Ces catégories ne sont ni strictes ni exhaustives.

[vidéo](#) [J. Hart, 2016] | [infos](#) [Biodivers.ch] | [infos](#) [OAB.fr]

Abeilles / Bourdons

Les bourdons font partie de la grande famille des Abeilles. Ils sont généralement capables de travailler par conditions rudes : tôt dans la saison, tôt le matin, ou par temps froid, voire pluvieux.

[article](#) [Arthropologia.org]

Abeilles / activité



Les abeilles sont bien connues pour leur "force de travail". Chez de nombreuses abeilles solitaires, une fois le nid trouvé ou construit, des cellules sont aménagées puis un œuf y est déposé. Chaque cellule est garnie de pain d'abeille (mélange de pollen et nectar dûment récoltés), et scellée par un matériau propre à l'espèce.

[vidéo](#) [J. Hart, 2016] | [Info](#) [PNAPollinisateurs.fr]

Paysage / contributions des abeilles sauvages

Pollinisation : cruciale pour de nombreux végétaux à la base des écosystèmes terrestres. Maintien et efficacité de la **reproduction de 90% des plantes à fleurs**.

Ressources : les comportements et modes de vie variés des abeilles participent à de très nombreuses interactions parfois vitales avec d'autres animaux, dont divers parasitoïdes (alimentation, parasitisme, reproduction, etc.).

Résistance / résilience : les capacités des écosystèmes à **se maintenir ou se rétablir face aux aléas** (dont climatiques) sont très liées à la diversité des organismes.

[article](#) [INRAE.fr] | [article](#) [theconversation.com]



Système agricole / contributions des abeilles sauvages

Production : la pollinisation animale participe directement aux rendements et/ou à la qualité des productions de **près de 75 % des cultures agricoles** majeures mondiales.

Diversité des cultures : diverses plantes cultivées (Melon, tomate, luzerne...) ne sont principalement pollinisées que par des abeilles sauvages spécifiques.

Assurance : la diversité de pollinisateurs assure et renforce les chances et l'efficacité de la pollinisation pour chaque espèce végétale et chaque fleur, malgré les aléas.

[article](#) [INRAE.fr] | [article](#) | [article](#)



Végétal / contributions des abeilles sauvages

Fructification : amélioration de la taille, de la forme, et de la fermeté des fruits de nombreuses espèces cultivées lorsque les fleurs sont pollinisées efficacement et dans de bonnes conditions par les insectes.

Évolution / adaptation : à long terme, la reproduction sexuée apportée par la pollinisation participe à une amélioration des capacités d'adaptation des végétaux.

[doc](#) [gnw] | [Radio](#) [radiofrance.fr]



Sur le terrain

L'observation des abeilles sauvages et de leurs habitats ouvre un champ de découverte des très nombreux insectes qui travaillent et nous entourent au quotidien. Elle permet d'identifier les contraintes comme des leviers favorables à la biodiversité comme à la production agricole.

Abeilles / observations

La plupart des abeilles sauvages sont **discrètes** et peuvent être difficiles à identifier. Sur le terrain, on peut observer facilement :

L'activité générale : en journée ensoleillée, l'activité générale observée **sur les fleurs, et dans l'air** peut donner une première indication de l'intérêt du site pour les pollinisateurs, dont les abeilles sauvages.

La diversité de gîtes : présence et diversité d'habitats de nidification : bois mort, talus, rocailles, buissons, haies, vieux arbres, etc.. **dans le paysage proche** (100 à 1500 mètres).

Diversité de couverts : abondance, diversité et proximité de **fleurs**, dans **l'espace** et en succession dans **le temps**, au fil du printemps, de l'été et de l'automne.

[Vidéo](#) [Arthropologia.org]

Abeilles / indices

Des traces et indices peuvent vous renseigner sur la présence de diverses espèces. Par exemple :



Un zone de sol à nu, trouée d'orifices de galeries, indique probablement la présence d'abeilles des sables du genre **Andrène**.



Des feuilles "poinçonnées" localement de manière propre et ronde, suggèrent la présence de **Mégachiles**.



Des trous bouchés par de la terre, dans le bois, un nichoir, ou vos rebords de fenêtres, indiquent sûrement la présence d'**Osmies**.

[vidéo](#) [J. Hart, 2016] | [document](#) [Arthropologia.org]

Abeilles / protocoles

Des protocoles d'étude standardisés peuvent être mis en place pour observer, étudier et suivre les communautés d'abeilles.

Spipoll : le *Suivi Photographique des Insectes POLLinisateurs* consiste à **prendre en photo** toutes les espèces de pollinisateurs (pas seulement les abeilles) qui viennent se poser sur un **massif de fleurs** sur une période de **20 minutes**. La collection de photos peut ensuite être partagée en ligne avec une **communauté active** et de nombreux outils à disposition pour identifier les espèces "capturées".

Protocole Nichoirs à abeilles solitaires :

Mis en place dans le cadre de l'*Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB)*, il consiste à poser en bordure de parcelle **2 nichoirs** constitués de tubes en cartons. Les espèces qui viennent y **nicher**, ferment les tubes avec des **opercules** de matériaux différents et variés qui permettent de les distinguer.

Autres :

Suivi **acoustique** en développement, réseau **APIFORME**, réseau **OABELLE**, Certification **Bee Friendly**, expertises **naturalistes** et conseils possibles dans de nombreuses structures, etc.

[Spipoll](#) | [OAB](#) | [OAbelle](#) | [Acoustique](#) | [PNAopie](#)

Abeilles / **calendrier** indicatif général du cycle d'activité, avec d'importantes différences selon les espèces.

Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Activité type	Hivernation		Premiers vols	Activité / sensibilité forte accouplements, nidification, butinage. Juillet-Août sensible pour les bourdons					Derniers vols	Métamorphoses des larves Hivernation		

Période d'observation optimale, en journée par beau temps

• Illustration

Bonnes pratiques agricoles

Recommandations agronomiques générales en faveur des abeilles sauvages, non exhaustives et sans considération des systèmes de culture, des enjeux écologiques et règlements spécifiques, et des techniques à appliquer :

- ❑ **Éviter** et limiter généralement l'usage de **produits phytopharmaceutiques**, particulièrement **d'insecticides** en période d'activité forte des pollinisateurs (min. **Avril - Août**)*.
- ❑ **Raisonner** le désherbage, privilégier les **moyens physiques et mécaniques**, notamment entre **Avril et Août**.
- ❑ Préserver et aménager une **diversité d'habitats** et micro-habitats : talus, fossés, friches, rocailles, chemins non artificialisés, haies, bois, souches, branches et arbres morts au sol ou sur pieds, buissons, ronciers, murets et pierriers, tas de sables et graviers, mares, etc.
- ❑ Préserver et développer la **diversité et l'abondance** générale de **fleurs** au long de l'année : prairies, jachères sauvages, bandes enherbées, ourlets buissonnants, haies et arbres isolés d'essences locales.
- ❑ Développer un **maillage** connecté de **bandes de flore sauvage** en **bordures** des parcelles, et le relier aux autres **habitats** pour optimiser les **distances** entre **gîtes** (nids) et **couverts** (fleurs) < 100-300 mètres.
- ❑ Gérer les milieux **herbacés** de manière **extensive et différenciée** : échelonner fauches et pâturages dans le temps, préserver des fleurs jusqu'au plus tard possible.
- ❑ Éviter et **limiter la fertilisation minérale** notamment des bords de champs, des prairies et milieux non-cultivés pour éviter l'appauvrissement de la diversité floristique.
- ❑ Privilégier les **semences d'espèces locales** pour la flore cultivée ou pour tous travaux de fleurissement.
- ❑ Développer les **couvertures du sol** et **éviter son travail**, notamment entre début d'hiver et début de printemps pour préserver les nids d'abeilles terrioles.
- ❑ Intégrer des **prairies** dans le système et les rotations culturales.
- ❑

*Abeilles / **réglementation** + [info](#) [agri.gouv.fr]

La réglementation sur l'utilisation des produits phytopharmaceutiques a été modifiée pour renforcer la protection des abeilles et des insectes pollinisateurs : l'arrêté ministériel du 20 novembre 2021 prévoit désormais une **évaluation** et une **autorisation** spécifiques pour l'utilisation de tous les produits phytopharmaceutiques en période de floraison. Il fixe en outre une **plage horaire** pendant laquelle ces traitements peuvent être réalisés. Ces prescriptions s'ajoutent à celles fixées dans les autorisations de mise sur le marché.

Abeilles / quelques adresses

- **Observatoire Agricole de la Biodiversité (OAB)**
- **Office pour les Insectes (OPIE) | PNA Pollinisateurs**
- **Observatoire des abeilles | Réseau APIFORME**
- **Réseau Florabeille | association Bee Friendly**
- ...

Abeilles / Témoignage

Pascal Peyvergès

Vignes en bio, sur les coteaux de la Gironde, bordelais.

“Je me forme à l'agro-écologie autant que possible et participe à divers réseaux : l'OAB et Bee Friendly par exemple, qui me permettent d'échanger sur les soins aux abeilles et d'observer la présence d'espèces étonnantes.

Je travaille avec les couvertures du sol et les engrais verts, mes parcelles sont toutes en herbes et en fleurs désormais. Mes sols se restaurent, et ça bourdonne.

Je laisse vivre les bordures et je replante actuellement des haies, dont divers arbres fruitiers (pêchers, abricotiers, ...). Je projette de creuser des mares et remonter des murets de pierres sèches.

Dans l'ensemble, mes vignes semblent bien mieux résister au stress hydrique et au gel, grâce aux herbes notamment. Les raisins sont beaux cette année 2022 malgré la sécheresse.

Je dirais qu'il ne faut pas avoir peur de laisser de l'herbe, ce n'est pas sale. Et puis, chaque vie est importante.”

Vignoble Peyvergès | OAB | Bee Friendly

Contributions / relectures / remerciements : Ludovic Crochard (MNHN), Serge Gadoum (OPIE), Colin Fontaine (MNHN), Emmanuelle Porcher (MNHN), Nora Rouiller (MNHN), Olivier Rousselle (DGAL), Cedric Sourdeau (DGAL), Jérôme Jullien (DGAL), Nicolas Lenne (DGAL), Camila Andrade (MNHN), Natacha Legroux (Chambre d'Agriculture Occitanie), Raphaël Rapp (Chambre d'Agriculture Nouvelle Aquitaine), Juliane Daussey (Chambre d'Agriculture Centre Val de Loire), Claire Ricono (Chambre d'Agriculture Bretagne), Victor Moinard (Chambre d'Agriculture Auvergne Rhône Alpes), Pascal Peyvergès (Vigneron)

Conception / rédaction / contact : Victor Dupuy (MNHN - réseau 500 ENI) - victor.dupuy1@mnhn.fr

LISTE DES MESURES ALTERNATIVES ET PROPHYLACTIQUES EN VITICULTURE

Cette liste n'est pas exhaustive. Le choix du matériel végétal peut être un élément à prendre en considération pour limiter la vigueur de la vigne. Mais il ne figure pas dans cette liste car celle-ci se veut applicable à tous les objectifs de rendement.

Bio-agresseurs	Techniques alternatives et prophylaxie	Objectifs
Mildiou	Drainage du sol	Limiter les flaques réduit les possibilités de formation de foyers primaires
	Enherbement, travail du sol, épamprage	Diminuer le développement d'organes verts à proximité du sol
	Travail du sol (avant risque mildiou élevé)	Détruire les plantules issues des semis de pépins
	Ebourgeonnage, effeuillage	Limiter les entassements de végétation pour réduire la durée d'humectation des grappes
Oïdium	Ebourgeonnage, effeuillage	Favoriser l'insolation et l'aération des grappes car l'oïdium est sensible aux UV
	Maîtrise de la fertilisation azotée et enherbement	Réduire la vigueur
Black-rot	Destruction des bois de taille, élimination des vieux bois et des baies momifiées	Limiter la source d'inoculum
	Ebourgeonnage, effeuillage	Limiter les entassements de végétation pour réduire la durée d'humectation du feuillage
Pourriture grise et acide	Drainage du sol	Limiter les « mouillères »
	Maîtrise de la fertilisation azotée, enherbement	Réduire la vigueur
	Ebourgeonnage, effeuillage	Limiter les entassements de végétation et aérer les grappes pour réduire les durées d'humectation
	Maîtrise des vers de grappes et de l'oïdium	Limiter les risques de porte d'entrée pour le champignon
ESCA/BDA / Eutypiose	Taille le plus possible respectueuse des circuits de sève	Diminuer l'impact des maladies du bois
	Absence de coupe rase sur les têtes de souches	Éviter de créer de trop grandes plaies de taille offrant des portes d'entrée aux champignons
	Taille au plus près du débourrement (Eutypiose)	Se protéger des contaminations
Court-noué	Arrachage soigné des parcelles (enlever toutes les racines)	Compléter la lutte en privant les nématodes de nourriture avant l'enkystement hivernal
	Repos du sol entre deux plantations (durée de 5 ans minimum fortement conseillée)	Limiter la recontamination par le virus court-noué
Pourridié	Drainage du sol	Limiter le développement du pourridié
Cicadelle verte	Poudrages d'argiles calcinées	Créer une barrière physique empêchant la reconnaissance du végétal par l'insecte
Cicadelle vectrice de la flavescence dorée	Destruction des ceps atteints de jaunisse, des repousses de porte-greffes et des vignes abandonnées et ensauvagées	Compléments indispensables à la lutte contre la flavescence dorée
	Epamprage soigné avant intervention phytosanitaire obligatoire	Limiter les réservoirs de populations dans les pampres qui resteraient à l'abri des traitements
Tordeuses	Confusion sexuelle	Empêcher la reproduction des papillons et donc les perforations occasionnées par les larves
Acariens/ Thrips	Préservation des populations d'auxiliaires ou lâchers inoculatifs de phytoséides (Ex : typhlodromes)	Maintenir une régulation des ravageurs par leurs prédateurs naturels
Metcalfa pruinosa	Lâchers de <i>Neodryinus typhlocybae</i> (prédateur de <i>Metcalfa pruinosa</i>)	Installer une population suffisamment importante de prédateurs

Document rédigé en collaboration avec les partenaires du réseau SBT membres des comités de validation : les Chambres d'Agriculture de l'Aveyron, de la Haute-Garonne, du Gers, du Lot, du Tarn et du Tarn-et Garonne, la Cave de Valady, SODEPAC, le Syndicat AOC Cahors, Vinovalie (Côtes d'Olt, Fronton et Rabastens).



NOTE TECHNIQUE COMMUNE *RESISTANCES* 2023

MALADIES DE LA VIGNE : MILDIOU, OÏDIUM, POURRITURE GRISE, BLACK-ROT

date de diffusion : 12 janvier 2023

Comité de rédaction

Il est constitué d'experts des structures suivantes :

- **IFV** : Institut français de la vigne et du vin
- **Anses-CASPER** : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail - Unité Caractérisation et suivi des phénomènes d'évolution des résistances aux produits de protection des plantes
- **INRAE** : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
- **CIVC** : Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne (Comité Champagne)
- **Chambres d'agriculture**
- **DGAL-SDSPV** : Direction générale de l'alimentation – Sous-direction de la santé et de la protection des végétaux du Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire.

Objectifs de la note technique commune

Ce document vise à :

- 1) décrire le statut des résistances en 2022 vis-à-vis des principales familles de substances actives utilisables sur vigne en France dans les populations de *Plasmopara viticola* (agent du mildiou), *Erysiphe necator* (agent de l'oïdium de la vigne), *Botrytis cinerea* (agent de la pourriture grise),
- 2) établir des recommandations générales vis-à-vis de ces résistances pour préserver dans la durée les modes d'action et l'efficacité des programmes de protection.

Connaître la robustesse de chaque mode d'action, et *in fine* de chaque spécialité, permet de construire des programmes de protection efficaces, durables, tout en limitant les applications de fongicides.

Sources d'information

Les recommandations rédigées ci-dessous se basent d'une part sur la connaissance du statut des résistances dans les populations (occurrence et/ou fréquence des résistances, vignobles concernés, pertes d'efficacité éventuelles mises en évidence dans les essais ou au vignoble) et d'autre part sur la connaissance des mécanismes de résistance et les caractéristiques des souches résistantes (niveau de résistance, spectre de résistance croisée notamment).

Ces différentes informations sont issues :

- des résultats du **plan de surveillance national** de la résistance aux produits phytopharmaceutiques. Ce plan de surveillance, piloté par la DGAL-SDSPV¹, participe au suivi des effets non intentionnels des pratiques agricoles de l'axe 1 (surveillance biologique du territoire) du plan ECOPHYTO II. Les analyses sont réalisées par le laboratoire de l'Unité CASPER de l'Anses de Lyon, et des laboratoires INRAE ;
- des résultats d'**autres plans de surveillance**, comme celui du Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne, des Chambres d'agriculture de Bourgogne ou ceux réalisés par des sociétés phytopharmaceutiques ;
- des données issues d'**essais d'efficacité sur le terrain**, en particulier ceux menés en situation de résistance et respectant les conditions de mise en œuvre des protocoles d'expérimentation dédiés à l'évaluation de l'efficacité résiduelle des substances en situation de résistance². Ces données sont en général fournies par les sociétés phytopharmaceutiques et les instituts techniques ;
- de la **littérature scientifique** sur les cas de résistance décrits dans cette note ou pour d'autres organismes phytopathogènes.

L'ensemble de ces informations contribue à la connaissance globale des cas de résistance décrits dans cette note. Une alerte est formulée sur le risque de perte d'efficacité au vignoble lorsque l'occurrence et la fréquence de la résistance (si cette dernière donnée est connue) sont jugées moyennes à fortes. Cette alerte est modulée selon les facteurs de résistance et la fitness des phénotypes résistants et selon les contextes agronomiques et le risque épidémique.

Substances actives, modes d'action et classification

Cette note liste toutes les substances actives rentrant dans la composition des produits autorisés au moment de sa rédaction pour protéger la vigne contre le mildiou, l'oïdium, la pourriture grise et le black rot. Les recommandations indiquées dans les tableaux visent prioritairement à prévenir et gérer spécifiquement les phénomènes de résistance, comme prérequis au maintien de l'efficacité sur le long terme. Selon les situations, il s'agit soit de limiter, voire de stopper la progression d'une résistance récemment détectée, soit d'optimiser l'efficacité au terrain des modes d'action pour les résistances largement établies. Il s'agit enfin de limiter ainsi l'impact négatif d'applications répétées de fongicides rendues moins efficaces, voire inutiles, à cause des phénomènes de résistance.

Chaque mode d'action est associé aux codes proposés (1) dans la classification unifiée du **réseau R4P** (www.r4p-inra.fr/fr/ ; DOI [10.17605/OSF.IO/UBH5/](https://doi.org/10.17605/OSF.IO/UBH5/)), et (2) dans la classification du **FRAC** (codes mode d'action et code cible séparés par « / » ; <http://www.frac.info/>). Dans chaque classification, des codes distincts indiquent des modes d'action distincts. Les stratégies anti-résistance reposent sur l'utilisation

¹ Direction générale de l'alimentation-Sous-direction de la santé et de la protection des végétaux.

² notamment le Document technique n°27 (DT 27) de la Commission des essais biologiques de Végéphy.

d'une diversité la plus large possible de substances actives (*i.e.* présentant des codes mode d'action différents), à la fois dans le temps de la campagne et dans l'espace du vignoble., pouvant être combinés (en association ou en alternance) dans les stratégies de gestion des résistances.

Prophylaxie et qualité de pulvérisation

Une nécessité pour améliorer la stratégie de protection en limitant les risques de résistance.

Les conditions de réussite de la protection du vignoble vis-à-vis des maladies sont d'autant plus favorables que sa mise en œuvre est accompagnée d'une **qualité de pulvérisation optimisée**, et de l'adoption de **mesures prophylactiques** qui viennent limiter le développement des maladies.

Ces mesures participent à limiter les tailles des populations (diminuer l'intensité des épidémies) de champignons pathogènes et, de ce fait, **contribuent à moduler le risque d'évolution de résistance(s) et à raisonner le nombre de traitements utiles.**

Pour l'ensemble des maladies, les mesures prophylactiques passent par :

- **la limitation de la vigueur de la vigne** par le raisonnement, dès l'implantation, du choix d'un porte-greffe adapté, et éventuellement du cépage et du clone. Sur une vigne en production, la vigueur peut se maîtriser par la diminution des apports (notamment azotés) et par l'enherbement permanent (spontané ou maîtrisé). En fonction des possibilités techniques et de la diminution de vigueur recherchée, la largeur de la bande enherbée pourra être modulée ;
- **des rognages raisonnés** pour éliminer la jeune végétation très sensible et permettre une meilleure pénétration de la bouillie lors de la pulvérisation, améliorant ainsi l'efficacité de la protection.

En ce qui concerne plus spécifiquement **le mildiou**, il convient en outre :

- **d'éviter la formation de mouillères** en favorisant l'élimination des excès d'eau ;
- **d'éliminer tous les rejets** (pampres à la base des souches, plantules issues de la germination de pépins...) qui favorisent l'installation des foyers primaires de mildiou et participent au démarrage précoce de l'épidémie.

En ce qui concerne plus spécifiquement **la pourriture grise, la prophylaxie doit s'appliquer, quel que soit le risque parcellaire.** En effet, en cas de risque faible, la prophylaxie rend souvent inutile l'application de traitements. Il convient de :

- **bien aérer les grappes** par une taille et un mode de palissage qui assurent une répartition homogène des grappes. L'ébourgeonnage, le rognage, l'effeuillage précoce de la zone fructifère et, éventuellement, l'éclaircissage permettent d'éviter l'entassement de la végétation ;
- **limiter les blessures des baies** par une **maîtrise correcte des vers de la grappe et de l'oïdium** lors de fortes pressions afin de diminuer les portes d'entrée du champignon dans les baies ;
- **limiter les blessures engendrées lors des opérations d'effeuillage** en effectuant les réglages adéquats du matériel utilisé.

Généralités sur les stratégies de gestion de la résistance.

De manière générale, la prévention et la gestion des résistances reposent sur la diversification de l'usage des modes d'action et l'implémentation précoce des stratégies anti-résistance. En effet, des individus résistants auront une plus forte probabilité d'être éliminés d'une population, lorsqu'ils sont à faible fréquence. Cela suppose de limiter au moins temporairement l'usage du fongicide les ayant sélectionnés et de les contrôler par d'autres modes d'action efficaces. *A contrario*, lorsque la résistance est bien installée dans les populations ou en cas de résistance multiple, les stratégies de gestion visent principalement à ralentir la sélection des individus résistants. On parle de « **gestion de la résistance** » dans les situations où les recommandations visent à prévenir et ralentir la sélection des individus résistants.

Dans les situations où la fréquence des individus résistants est importante et stabilisée dans les populations, et où la gestion de la résistance n'est plus possible, les applications de fongicides visent essentiellement à compenser la perte d'efficacité totale ou partielle causée par la résistance pour maintenir un contrôle acceptable de la maladie en situation de résistance. On parle alors de « **gestion de l'efficacité** ».

Dans la colonne « Recommandations » des tableaux qui suivent, la finalité a été précisée en utilisant les mentions « **gestion de la résistance** » ou « **gestion de l'efficacité** » pour chaque mode d'action et pathogène.

Les **stratégies anti-résistance** incluent : la limitation des traitements, l'association de modes d'actions différents (ou mélange), l'alternance des modes d'action, la mosaïque territoriale et la modulation de la dose (peu utilisée en viticulture pour gérer la résistance). Elles visent à maximiser l'hétérogénéité de la sélection par les fongicides et ainsi à réduire la vitesse d'adaptation des populations d'organismes phytopathogènes.

- **Limitation des traitements** : L'efficacité de cette stratégie repose sur une réduction quantitative de la pression de sélection. De manière plus générale, toute mesure, par exemple la prophylaxie se substituant à un traitement fongicide et contribuant à diminuer les épidémies fongiques participe à limiter le risque de résistance et doit donc être utilisée prioritairement.

- **Association des modes d'action** : Cette stratégie consiste à associer deux substances de modes d'action différents (ne présentant pas de résistance croisée positive) se protégeant mutuellement du risque de résistance. Cette stratégie peut être mise en défaut si l'un des partenaires présente déjà une résistance ou n'est pas suffisamment efficace. Les associations d'un mode d'action concerné par la résistance et d'un multisite (non concerné par la résistance) visent principalement à gérer l'efficacité de la spécialité.

- **Alternance des modes d'action au sein d'un programme et/ou au fil des saisons** : Cette stratégie consiste à introduire, entre 2 applications d'un même mode d'action, une ou plusieurs applications avec des modes d'actions différents, dénommées *breakers*. Elle permet d'exercer des pressions de sélection diversifiées dans le temps, pour diminuer la fréquence des individus résistants dans les populations à chaque mode d'action au fil des générations. Cette stratégie ne peut être effective que si les descendants des individus résistants sélectionnés par un mode d'action sont éliminés par un mode d'action différent. Cette stratégie est d'autant plus efficace que les individus résistants présentent une fitness réduite (moindre compétitivité par rapport aux individus sensibles). Il faut dès lors qu'il y ait concomitance entre changement de génération et changement de substance active. Pour limiter la résistance, le nombre de *breakers* à introduire entre deux applications du même mode d'action est donc à raisonner, en théorie, d'une part selon la durée des générations de l'agent pathogène (dépendante des conditions climatiques) et d'autre part selon la rémanence des substances utilisées. Ce compromis doit être évalué au cas par cas. Des travaux récents, réalisés avec des substances rémanentes, montrent que l'application consécutive de deux traitements *breakers* gère plus efficacement la résistance qu'une alternance avec un seul traitement *breaker*.

- **Mosaïque spatiale** : Cette stratégie correspond à l'utilisation de plusieurs modes d'action au même moment, mais dans des parcelles différentes, pour limiter les « effets de masse » dans le paysage et créer une hétérogénéité spatiale de la sélection. L'efficacité de la *mosaïque* est réputée varier selon les distances de migration des bioagresseurs.

L'efficacité de l'alternance et de la mosaïque, destinées à éteindre des foyers de résistance en émergence, varie donc en fonction des modes d'action et de la biologie des agents pathogènes. Il est ainsi difficile, en l'état actuel des connaissances, de faire des recommandations précises (en particulier concernant un nombre de *breakers*) permettant de couvrir toutes les situations.

Enfin, ces stratégies anti-résistance ne peuvent avoir un intérêt pour limiter l'évolution des résistances que lorsque ces dernières ne sont pas généralisées dans les populations, *i.e.* lorsqu'il existe encore une marge de progression des résistances (phase d'émergence ou de sélection). Il s'agit alors de ralentir, stabiliser, voire de faire régresser, la résistance dans les populations.

MILDIU

En 2022 la pression a été faible sur la plupart des vignobles. Les résultats des plans de surveillance sont basés sur un nombre plus limité de prélèvements, ce qui a pu conduire à sous-estimer l'occurrence des résistances rares.

En l'état actuel des connaissances, les **QoI-P** ne sont plus recommandés pour lutter contre le mildiou.

Les **cyanooximes**, les **anilides**, et les **CAA** sont des groupes chimiques ou des modes d'actions concernés depuis plusieurs années par la résistance. La résistance aux **acylpicolides** et aux **Qil** est désormais présente dans tous les vignobles, à fréquence parfois forte. Les recommandations pour ces familles visent à gérer l'efficacité et non l'évolution de la résistance. La résistance non spécifique **AOX**, testée sur **Qil** et **Qiol** (mais qui concerne aussi les QoI-P), reste stable avec des occurrences variables selon les vignobles. Dans ce contexte, les recommandations doivent être strictement respectées.

La campagne 2021 avait été marquée par la détection des premières souches résistantes aux OBSPI (oxathiapiproline) et aux benzamides (zoxamide). Ces premiers cas de résistance restent isolés et à faible fréquence en 2022, même si les détections augmentent pour l'oxathiapiproline. Ils n'ont pas pour le moment de conséquence sur l'efficacité des spécialités. La caractérisation phénotypique et génotypique de ces isolats est en cours et devrait permettre de valider ces observations et d'anticiper le risque de résistance en pratique lié à ces isolats émergents. En effet, les facteurs de résistance associés à ces modes d'action sont décrits comme forts dans la littérature, pour d'autres oomycètes. La plus grande vigilance est donc de rigueur en attendant la mise à disposition de ces informations complémentaires pour *P. viticola*. Un usage raisonné de ces modes d'action est à même de limiter l'émergence des résistances en cette phase précoce de la dynamique adaptative.

Recommandation générale : A l'exception des substances multisites dont l'efficacité intrinsèque est suffisante (métirame, folpel, cuivre, dithianon), tous les modes d'action sont désormais concernés par la résistance. L'occurrence et la fréquence des résistances sont variables selon les substances actives et les vignobles. Dans les contextes de résistances les plus dégradées, il est fortement recommandé de ne pas utiliser les substances concernées par la résistance, en particulier en situation de forte pression de mildiou.

Mildiou : Produits hors liste des produits de biocontrôle

Substances actives	Type de résistance <i>Mécanisme de résistance</i> Facteur de résistance (FR)	Tendance évolution <i>occurrence et fréquence (si disponible) de la résistance*</i> en 2022	Impact de la résistance sur l'efficacité du mode d'action au vignoble	RECOMMANDATIONS GENERALES 2023
Produits à base de Qil (code R4P : A3a ; codes FRAC : C4/21)				
amisulbrom cyazofamide	Résistance spécifique. <i>Modification de la cible :Cytb insertion E203-DE-V204 la plus fréquente, E203-VE-V204 rare en France (L2015 non détectée en France).</i> Avec les insertions Cytb, résistance croisée partielle entre les 2 substances fongicides. Facteur de résistance élevé pour la cyazofamide, faible à moyen pour l'amisulbrom.	Stabilité. <i>Présence de la résistance dans tous les vignobles. Occurrence moyenne à forte selon les vignobles.</i> <i>Fréquence moyenne à forte dans l'ensemble des vignobles.</i>	Baisse d'efficacité possible en situation de risque épidémique élevé, avec un partenaire à l'efficacité partielle.	<i>Gestion de l'efficacité:</i> Déconseillé avec un partenaire à efficacité partielle en situation de risques épidémiques élevés. 1 application + 1 application supplémentaire éventuelle en association avec un mode d'action multisite. Pour limiter le risque de perte d'efficacité en lien avec la résistance non spécifique, ne pas réaliser plus de 3 applications à base de Qiol ou Qil, au total.
	Résistance non spécifique. <i>Surexpression de l'alternative oxydase (AOX) impliquée dans la respiration alternative.</i> Facteurs de résistance variables, faibles à élevés.	Stabilité. <i>Occurrence moyenne à forte.</i> <i>Fréquence faible à forte, selon les vignobles.</i>	Baisse d'efficacité mise en évidence en essai.	

Mildiou : Produits hors liste des produits de biocontrôle (suite)

Substances actives	Type de résistance <i>Mécanisme de résistance</i> Facteur de résistance (FR)	Tendance évolution <i>occurrence et fréquence (si disponible) de la résistance*</i> en 2022	Impact de la résistance sur l'efficacité du mode d'action au vignoble	RECOMMANDATIONS GENERALES 2023
Produits à base de Qol-P (code R4P : A5 ; codes FRAC : C3/11)				
azoxystrobine pyraclostrobine	Résistance spécifique. <i>Modification de la cible (Cytb G143A).</i> Facteurs de résistance élevés.	Stabilité (les résultats de 2022 indiquent une possible régression, à confirmer) <i>Occurrence et fréquence faibles à fortes.</i>	Efficacité souvent insuffisante d'après les données anciennes.	<i>Gestion de l'efficacité :</i> Non recommandé sur mildiou.
Produits à base de Qiol (code R4P : A6 ; codes FRAC : C8/45)				
amétoctradine	Résistance spécifique. <i>Modification de la cible (Cytb S34L).</i> Facteur de résistance élevé.	En progression. <i>Occurrence en augmentation dans tous les vignobles, excepté en Aquitaine, Charentes et Bourgogne (pas de détection). Fréquence faible à moyenne, plus forte en Armagnac.</i>	Baisse d'efficacité possible en situation de risque épidémique élevé, avec un partenaire à l'efficacité partielle, en Armagnac.	<i>Gestion de l'efficacité :</i> 1 application + 1 application supplémentaire éventuelle uniquement en association avec un mode d'action multisite. Pour limiter le risque de perte d'efficacité en lien avec la résistance non spécifique, ne pas réaliser plus de 3 applications à base de Qiol ou Qil au total.
	Résistance non spécifique. <i>Surexpression de l'alternative oxydase (AOX) impliquée dans la respiration alternative.</i> Facteurs de résistance variables, faibles à élevés.	Stabilité. <i>Occurrence moyenne à forte.</i> <i>Fréquence faible à forte, selon les régions.</i>	Baisse d'efficacité mise en évidence en essai.	
Produits à base de CAA (code R4P : C1a ; codes FRAC : H5-40)				
benthiavalarbe diméthomorphe iprovalicarbe ³ mandipropamide valifénalate	Résistance spécifique. <i>Modification de la cible (PvCesA3 G11405S/V/Y).</i> Facteurs de résistance élevés.	Stabilité. <i>Occurrence globalement élevée mais géographiquement hétérogène.</i> <i>Fréquence moyenne à forte selon les régions.</i>	Baisse d'efficacité constatée.	<i>Gestion de l'efficacité :</i> 2 applications au maximum. Privilégier l'association avec un mode d'action multisite.

³ Fin d'utilisation prévue début 2024 (25/04/2024).

Mildiou : Produits hors liste des produits de biocontrôle (suite)

Substances actives	Type de résistance <i>Mécanisme de résistance</i> Facteur de résistance (FR)	Tendance évolution <i>occurrence et fréquence (si disponible) de la résistance*</i> en 2022	Impact de la résistance sur l'efficacité du mode d'action au vignoble	RECOMMANDATIONS GENERALES 2023
Produits à base d'OSBPI (code R4P : E5 ; codes FRAC : F9/49)				
oxathiapiproline	Résistance spécifique. <i>Modification de la cible (OSBP G770V, N837I ou L863W). Génotypes isolés en 2022 non communiqués à ce jour.</i> Facteurs de résistance élevés.	En progression. <i>Occurrence en augmentation en Armagnac, Languedoc, PACA, Beaujolais et Val de Loire</i>	-	Gestion de la résistance : 1 application maximum. A associer systématiquement avec un partenaire efficace. Privilégier si possible le principe d'application en mosaïque spatiale à l'échelle d'un vignoble pour limiter les risques de pression de sélection sur un seul stade végétatif. Déconseillé si la pression de la maladie se maintient dans une situation dégradée.
Produits à base de cyanooximes (code R4P : F5b ; code FRAC : 27)				
cymoxanil	Résistance spécifique. <i>Unisite avec mécanisme de résistance inconnu.</i> Facteurs de résistance élevés.	Stabilité <i>Occurrence élevée. Fréquence variable (selon des résultats 2022 en Bourgogne)</i>	Efficacité souvent insuffisante.	Gestion de l'efficacité : 2 applications au maximum. Privilégier l'association avec un mode d'action multisite.
Produits à base d'anilides (code R4P : G3 ; codes FRAC : A1/4)				
bénalaxyl-M métalaxyl-M	Résistance spécifique. <i>Modification de la cible (ARN Pol I / mutation inconnue).</i> Facteurs de résistance élevés.	Stabilité (pas de données en 2022). <i>Occurrence élevée.</i>	Efficacité souvent insuffisante.	Gestion de l'efficacité : 2 applications au maximum. Privilégier l'association avec un mode d'action multisite.
Produits à base de benzamides (code R4P : K2a ; codes FRAC : B3/22)				
zoxamide	Unisite à risque de résistance spécifique. <i>Modifications de la cible (β-tubuline) connues chez d'autres oomycètes. Génotypage en cours chez P. viticola.</i> Facteur de résistance à déterminer chez P. viticola. Elevé chez d'autres oomycètes.	Premières détections en France en 2021. <i>Occurrence faible.</i>	-	Gestion de la résistance : 1 application + 1 application supplémentaire éventuelle uniquement en association avec un mode d'action multisite. Déconseillé si la pression de la maladie se maintient dans une situation dégradée.
Produits à base d'acylpicolides (code R4P : K5 ; codes FRAC : B5/43)				
fluopicolide	Résistance spécifique. <i>Mécanisme inconnu.</i> Facteur de résistance à déterminer chez P. viticola. Moyens à élevés chez d'autres oomycètes.	Présence de la résistance dans tous les vignobles. <i>Occurrence forte à l'exception de Val de Loire et du Sud-Est. Fréquence forte en Champagne.</i>	Baisse d'efficacité constatée en situation de risque épidémique élevé.	Gestion de l'efficacité : 1 application au maximum (AMM). Ne pas utiliser en situation de risque épidémique élevé.
Produits à base de phosphonates (code R4P : S2 ; codes FRAC : U/33)				
fosétyl aluminium	Non concerné par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque partielle.			

Mildiou : Produits hors liste des produits de biocontrôle (suite)

Substances actives	Type de résistance <i>Mécanisme de résistance</i> Facteur de résistance (FR)	Tendance évolution <i>occurrence et fréquence (si disponible) de la résistance*</i> en 2022	Impact de la résistance sur l'efficacité du mode d'action au vignoble	RECOMMANDATIONS GENERALES 2023
Produits à base de substances multisites				(code R4P : W ; code FRAC : M)
composés du cuivre dithianon folpel métirame	Non concernés par les phénomènes de résistance. Pas de variation d'efficacité constatée.			

Mildiou : Produits de biocontrôle¹

Produits affectant l'intégrité des membranes cellulaires				(code R4P : O5b ; code FRAC : NC)
huile essentielle d'orange	Non concernée par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.			
Produits à base de phosphonates				(code R4P : S2 ; codes FRAC : U/33)
phosphonate disodique phosphonates de potassium	Non concernés par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque partielle.			
Stimulateurs des défenses des plantes				(code R4P : S6 ; code FRAC : NC)
cerevisane COS-OGA ABE IT 56	Non concernés par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.			
Produits à base de microorganismes				(codes R4P : YB ; codes FRAC : NC)
<i>Bacillus amyloliquefasciens</i> (souche FZB24)	Non concerné par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.			

*L'occurrence correspond à la proportion de parcelles, dans l'échantillonnage global, où la résistance est détectée, quelle que soit la fréquence des individus résistants dans la parcelle concernée.

¹ Liste des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle, au titre des articles L.253-5 et L.253-7 du code rural et de la pêche maritime :

Tous produits : <https://ecophytopic.fr/reglementation/protger/liste-des-produits-de-biocontrrole>,

Produits utilisables en viticulture : <https://www.vignevin.com/article/liste-des-produits-de-bio-contrrole-homologues-en-viticulture-avril-2022/>

OÏDIUM

En l'état actuel des connaissances, les **Qoi-P** ne sont plus recommandés pour lutter contre l'oïdium. L'utilisation des **IDM** et **azanaphtalènes** est susceptible de fragiliser les programmes de protection et de reporter la pression de sélection sur les autres modes d'action. Il est nécessaire d'alterner les traitements contenant ces modes d'action avec des produits à modes d'action non concernés par la résistance et suffisamment efficaces, et de ne pas les utiliser en succession (ex : **IDM** suivi d'**azanaphtalènes**).

La campagne 2022 est marquée par une progression de la résistance aux APK et aux SDHI. Chez *E. necator*, la résistance aux SDHI est caractérisée par une relative diversité de mutations affectant la cible de ces fongicides. Chaque mutation affecte différemment les diverses substances actives représentant les trois classes chimiques de SDHI (*i.e.* la résistance croisée est partielle, les facteurs de résistance varient de nuls à forts selon les substances actives et les mutations). Par exemple, chez de nombreux pathogènes, les substitutions SdhB H242R/Y affectent peu ou pas le fluopyram. Chez *E. necator*, le fluopyram est en revanche fortement affecté par les substitutions SdhC I244V et A83V (associée à G25R). Dans ce contexte, il est important d'utiliser toute la palette des SDHI disponibles, afin de conserver cette diversité mutationnelle, et d'éviter de concentrer la sélection de la résistance vers une ou quelques mutations qui serai(en)t fortement dommageable(s) pour une substance active en particulier.

Oïdium : Produits hors liste des produits de biocontrôle

Substances actives (classes chimiques)	Type de résistance <i>Mécanisme de résistance</i> Facteur de résistance	Tendance évolution <i>occurrence et fréquence (lorsque disponible) de la résistance* en 2022</i>	Impact de la résistance sur l'efficacité du mode d'action, au vignoble	RECOMMANDATIONS GENERALES 2023
Produits à base de SDHI (code R4P : A2a ; codes FRAC : C2/7)				
boscalide (pyridines- carboxamides) fluopyram (pyridinyles-éthyl- benzamides) fluxapyroxade (pyrazoles- carboxamides)	Résistance spécifique. Spectres de résistance croisée incomplets entre classes chimiques. <i>Modification de la cible (SdhB H242R, allèle majoritaire affectant principalement le boscalide; autres allèles : SdhB H242Y et SdhC G169D). Détection en 2022 quelques isolats très résistants au fluopyram ; genotype en cours d'analyse.</i> Facteur de résistance variables selon les substances actives et les mutations.	Progression. <i>Présence en Bourgogne, Languedoc, Sud-Est-Vallée du Rhône, occurrence en progression en Armagnac et Val de Loire. Une première détection en Champagne. Pas de détection dans le Bordelais.</i>	Pas de baisse d'efficacité mise en évidence.	Gestion de la résistance : 2 applications au maximum de SDHI. 1 application maximum par classe chimique afin de garder une diversité mutationnelle. Ne pas utiliser le boscalide s'il est déjà utilisé comme anti- botrytis.
Produits à base de Qoi (Qoi-P) (code R4P : A5 ; codes FRAC : C3/11)				
azoxystrobine krésoxime-méthyle pyraclostrobine trifloxystrobine	Résistance spécifique. <i>Modification de la cible (Cytb G143A).</i> Facteurs de résistance élevés.	Stabilité (pas de données en 2022). <i>Occurrence et fréquence très élevées.</i>	Efficacité souvent insuffisante.	Gestion de l'efficacité : Non recommandé sur oïdium.
Produits à base d'IDM (IBS du groupe I) (code R4P : E2 ; codes FRAC : G1/3)				
difénoconazole penconazole tébuconazole tétraconazole	Résistance spécifique. <i>Modification de la cible (Cyp51 Y136F). Surexpression de Cyp51. Amplification génique Cyp51.</i> Facteur de résistance faible à fort selon les fongicides.	Stabilité (Pas de données en 2022). <i>Occurrence élevée.</i>	Les efficacités peuvent varier selon les substances actives et les situations.	Gestion de l'efficacité : 2 applications au maximum d'IDM comme anti-oïdium, 1 application au maximum par substance active.

Oïdium : Produits hors liste des produits de biocontrôle (suite)

Substances actives (classes chimiques)	Type de résistance <i>Mécanisme de résistance</i> Facteur de résistance	Tendance évolution <i>occurrence et fréquence</i> (lorsque disponible) de la <i>résistance*</i> en 2022	Impact de la résistance sur l'efficacité du mode d'action, au vignoble	RECOMMANDATIONS GENERALES 2023
Produits à base d'amines (IBS du groupe II) (code R4P : E3 ; codes FRAC : G2/5)				
spiroxamine	Unisite à faible risque de résistance en vigne.	Données anciennes	-	<i>Gestion de la résistance :</i> 2 applications au maximum.
Produits à base d'aryl-phényl-kétones (code R4P : K6 ; code FRAC : U8)				
métrafénone (benzophénones) pyriofénone (benzoylpyridines)	Résistance spécifique. <i>Mécanisme inconnu.</i> Facteurs de résistance élevés	En progression <i>Occurrence (de moyenne à forte), en augmentation dans l'ensemble des vignobles, en particulier en Bourgogne. Pas de détection dans le Bordelais.</i> <i>Fréquence faible à forte. Forte en Bourgogne.</i>	Pas de baisse d'efficacité mise en évidence mais possible en théorie si risque épidémique élevé, en cas de fréquence de la résistance élevée.	<i>Gestion de la résistance :</i> 1 application. + 1 application supplémentaire dans les vignobles non concernés par la résistance.
Produits à base d'azanaphtalènes (AZN) (code R4P : M4 ; codes FRAC : E1/13)				
proquinazide (quinazolinones)	Résistance spécifique. <i>Mécanisme inconnu.</i> Facteurs de résistance modérés.	Stabilisation (<i>données 2021</i>). <i>Occurrence faible à forte (forte en Alsace)</i>	Baisse d'efficacité mise en évidence en essai.	<i>Gestion de la résistance :</i> 1 application + 1 application supplémentaire si la durée de la période de protection le nécessite.
Produits à base d'amidoximes (code R4P : XF8 ; code FRAC : U6)				
cyflufénamide	Unisite à risque de résistance spécifique. Facteurs de résistance modérés à élevés sur oïdium des cucurbitacées.	Suspicion de résistance, à confirmer.	-	<i>Gestion de la résistance :</i> 1 application + 1 application supplémentaire si la durée de la période de protection le nécessite.
Produit à base de thiazolidines (code R4P : U-XF12 ; code FRAC U13)				
flutianile	Unisite à risque de résistance spécifique (résistance décrite sur oïdiums des cucurbitacées).	-	-	<i>Gestion de la résistance :</i> 2 applications au maximum (AMM).

Oïdium : Produits de biocontrôle ¹

Produits affectant l'intégrité des membranes cellulaires		(code R4P : O5b ; code FRAC : NC)
huile essentielle d'orange	Non concerné par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.	
Stimulateurs des défenses naturelles des plantes		(code R4P : S6 ; code FRAC : NC)
cerevisane laminarine COS-OGA	Non concerné par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.	
Produits à base de substances multisites		(code R4P : W4 ; code FRAC : M2)
soufre	Non concerné par les phénomènes de résistance. Pas de variation d'efficacité constatée.	
Produits de mode d'action inconnu		(code R4P : XF ; code FRAC : NC)
hydrogénocarbonate de potassium (bicarbonate de potassium)	Non concerné par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.	
Produits à base de microorganismes		(codes R4P : YB ; codes FRAC : NC)
<i>Bacillus amyloliquefasciens</i> (souche FZB24), <i>Bacillus pumilus</i> (souche QST 2808)	Non concernés par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.	

*L'occurrence correspond à la proportion de parcelles, dans l'échantillonnage global, où la résistance est détectée, quelle que soit la fréquence des individus résistants dans la parcelle concernée.

¹ Liste des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle, au titre des articles L.253-5 et L.253-7 du code rural et de la pêche maritime :

Tous produits : <https://ecophytopic.fr/reglementation/protger/liste-des-produits-de-biocontrole>,

Produits utilisables en viticulture : <https://www.vignevin.com/article/liste-des-produits-de-bio-controle-homologues-en-viticulture-avril-2022/>

POURRITURE GRISE

Les recommandations d'emploi des fongicides anti-botrytis (basées sur la limitation d'utilisation de chaque famille chimique) et de respect des mesures de prophylaxie (p.2) ont fait leurs preuves. Quelle que soit la stratégie, l'emploi d'un seul produit par famille chimique et par an est impératif et réaliste. L'alternance pluriannuelle pour toute famille chimique concernée par la résistance spécifique est fortement recommandée.

Remarque : pour les groupes chimiques ou modes d'action concernés par une résistance spécifique ou non spécifique (résistance multidrogues), les occurrences (% de parcelles avec résistance détectée) sont en général moyennes à élevées. Ainsi, à la différence du mildiou et de l'oïdium, la fréquence de résistance indiquée correspond à la proportion moyenne d'individus résistants dans les populations. Les éléments du tableau sont basés principalement sur les anciennes données du plan de surveillance du Comité Champagne. Elles ont donc une valeur indicative.

Ce tableau rapporte les éléments déjà présentés précédemment.

Pourriture grise : Produits hors liste des produits de biocontrôle

Substances actives (classe chimique)	Type de résistance et mécanisme de résistance	Fréquence d'individus résistants dans les populations	Impact de la résistance sur l'efficacité du mode d'action, au vignoble	RECOMMANDATIONS
Produits à base de SDHI (code R4P : A2a ; codes FRAC : C2/7)				
boscalide (pyridine-carboxamide)	Résistance spécifique.	<i>En progression (isofétamide)</i>	Aucune baisse d'efficacité rapportée en lien avec de la résistance.	Gestion de la résistance : 1 application au maximum ; ne pas choisir le boscalide s'il est déjà utilisé sur oïdium.
isofétamide (phényl-oxo-éthyl- thiophène amide)	<i>Modification de la cible (SdhB H272Y/R/L/V, N230I, P225F/T/L ; SdhD H132R + autres).</i>	Faible.		
	Résistance non spécifique.	Elevée.		
	<i>Efflux accru (MDR).</i>			
Produits à base d'inhibiteurs de la C4-déméthylation des stérols (IBS du groupe III) (code R4P : E4 ; codes FRAC : G3/17)				
fenhexamide (hydroxyanilide)	Résistance spécifique.	Faible à moyenne.	Aucune baisse d'efficacité rapportée.	Gestion de la résistance : 1 application au maximum.
fenpyrazamine (aminopyrazolinone)	<i>Modification de la cible (erg27, principalement F412S/I/V).</i>			
	Résistance non spécifique.	Elevée.		
	<i>Efflux accru (MDR).</i>			
Produits à base de phénylpyrroles (code R4P : M1c ; codes FRAC : E2/12)				
fluidioxonil	Non concerné par la résistance spécifique.	-	Aucune baisse d'efficacité rapportée.	Gestion de la résistance : 1 application au maximum.
	Résistance non spécifique.	Elevée.		
	<i>Efflux accru (MDR).</i>			
Produits à base d'anilinopyrimidines (code R4P : M2 ; codes FRAC : D1/9)				
cyprodinil mépanipyrim pyriméthanol	Résistance spécifique.	Faible à moyenne.	Aucune baisse d'efficacité rapportée.	Gestion de la résistance : 1 application au maximum.
	<i>8 mutations portées par deux gènes impliqués dans le métabolisme mitochondrial.</i>			
	Résistance non spécifique.	Elevée.		
	<i>Efflux accru (MDR).</i>			

Pourriture grise : Produits de biocontrôle¹

Produits affectant l'intégrité des membranes cellulaires		(code R4P : O5d ; code FRAC : NC)
eugénoL, géranioL, thymol	Non concernés par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.	
Produits à base de microorganismes		(codes R4P : YB ; codes FRAC : NC)
<i>Aureobasidium pullulans</i> (souches DSM 14940 et 14941) <i>Bacillus subtilis</i> (souche QST 713) <i>Bacillus amyloliquefasciens</i> (souche MBI600) <i>Bacillus amyloliquefasciens ssp. plantarum</i> (souche D747) <i>Bacillus amyloliquefasciens</i> (souche FZB24) <i>Bacillus subtilis</i> (souche IAB/BS03) <i>Metschnikowia fructicola</i> (souche NRRRL Y-27328) <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (souche LAS02) <i>Trichoderma atroviride</i> (souche SC1)	Non concernés par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.	
Stimulateurs des défenses naturelles des plantes		(code R4P : S6c ; code FRAC : NC)
cerevisane	Non concernée par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.	
Produits au mode d'action inconnu		(code R4P : XF ; code FRAC : NC)
hydrogénocarbonate de potassium (bicarbonate de potassium)	Non concerné par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.	

¹ Liste des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle, au titre des articles L.253-5 et L.253-7 du code rural et de la pêche maritime :

Tous produits : <https://ecophytopic.fr/reglementation/protger/liste-des-produits-de-biocontrrole>,

Produits utilisables en viticulture : <https://www.vignevin.com/article/liste-des-produits-de-bio-contrrole-homologues-en-viticulture-avril-2022/>

BLACK ROT

En absence de monitoring black rot vis-à-vis des résistances, il n'est pas possible d'apporter des recommandations pour limiter les risques de résistance. Toutefois, certaines préparations disposant d'une AMM pour l'usage black rot peuvent être autorisés sur mildiou et/ou oïdium.

Les recommandations ci-dessous ont pour objectif de proposer des règles d'emploi des substances actives utilisables sur le black-rot en tenant compte des résistances sur mildiou et oïdium.

Substances actives	Etat des résistances sur d'autres usages	RECOMMANDATIONS
Produits à base d'IDM (IBS du groupe I)		(code R4P : E2 ; codes FRAC : G1/3)
difénoconazole penconazole tébuconazole tétraconazole	Résistance chez l'oïdium.	Applications spécifiques black rot possibles en période de moindre sensibilité à l'oïdium (donc à privilégier après fermeture de la grappe).
Produits à base de QoI-P		(code R4P : A5 ; codes FRAC C3/11)
azoxystrobine krésoxime-méthyle pyraclostrobine trifloxystrobine	Résistances chez oïdium et mildiou.	Applications spécifiques black rot possibles associées à une substance efficace sur oïdium si risque oïdium. En cas de période à risque mildiou, privilégier les produits associant un anti-mildiou de contact.
Produits à base de substances multi-sites		(code R4P : W ; code FRAC : M)
composés du cuivre folpel métirame	Aucune résistance chez mildiou et oïdium	Applications spécifiques black rot possibles.

Annexe : Références bibliographiques utiles

- Blum, M., et al. (2010). "A single point mutation in the novel PvCesA3 gene confers resistance to the carboxylic acid amide fungicide mandipropamid in *Plasmopara viticola*." Fungal Genetics and Biology 47(6): 499-510.
- Cai, M., et al. (2016). "C239S mutation in the β -tubulin of *Phytophthora sojae* confers resistance to zoxamide." Frontiers in Microbiology 7(762).
- Chen, W. J., et al. (2007). "At least two origins of fungicide resistance in grapevine downy mildew populations." Applied and Environmental Microbiology 73(16): 5162-5172.
- Cherrad, S., et al. (2018). "Emergence of boscalid-resistant strains of *Erysiphe necator* in French vineyards." Microbiological Research 216: 79-84.
- Cherrad, S., et al. (2018). *Plasmopara viticola* resistance to complex III inhibitors: an update on the phenotypic and genotypic characterization of strains. 12ème conférence internationale sur les maladies des plantes. Végéphyt. Tours, 11-12 December 2018.
- Colcol, J. F. and A. B. Baudoin (2016). "Sensitivity of *Erysiphe necator* and *Plasmopara viticola* in Virginia to QoI fungicides, boscalid, quinoxifen, thiophanate methyl, and mefenoxam." Plant Disease 100(2): 337-344.
- Colcol, J. F., et al. (2012). "Sensitivity of *Erysiphe necator* to Demethylation Inhibitor Fungicides in Virginia." Plant Disease 96(1): 111-116.
- Diriwächter, G., et al. (1987). "Cross-resistance in *Phytophthora infestans* and *Plasmopara viticola* against different phenylamides and unrelated fungicides." Crop Protection 6(4): 250-255.
- Dreinert, A., et al. (2018). "The cytochrome bc1 complex inhibitor ametoctradin has an unusual binding mode." Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics 1859(8): 567-576.
- Dufour, M.-C., et al. (2011). "Assessment of fungicide resistance and pathogen diversity in *Erysiphe necator* using quantitative real-time PCR assays." Pest Management Science 67(1): 60-69.
- Fehr, M., et al. (2016). "Binding of the respiratory chain inhibitor ametoctradin to the mitochondrial bc1 complex." Pest Management Science 72(3): 591-602.
- Fillinger, S., et al. (2008). "Genetic analysis of fenhexamid-resistant field isolates of the phytopathogenic fungus *Botrytis cinerea*." Antimicrobial Agents and Chemotherapy 52(11): 3933-3940.
- Fontaine, S., et al. (2019). "Investigation of the sensitivity of *Plasmopara viticola* to amisulbrom and ametoctradin in French vineyards using bioassays and molecular tools." Pest Management Science 75(8): 2115-2123.
- Genet, J. L. and O. Vincent (1999). "Sensitivity of European *Plasmopara viticola* populations to cymoxanil." Pesticide Science 55(2): 129-136.
- Gisi, U. and H. Sierotzki (2008). "Fungicide modes of action and resistance in downy mildews." European Journal of Plant Pathology 122(1): 157-167.
- Grasso, V., et al. (2006). "Cytochrome b gene structure and consequences for resistance to Qo inhibitor fungicides in plant pathogens." Pest Management Science 62(6): 465-472.
- Jones, L., et al. (2014). "Adaptive genomic structural variation in the grape powdery mildew pathogen, *Erysiphe necator*." BMC Genomics 15: 17.
- Kunova, A., et al. (2016). "Metrafenone resistance in a population of *Erysiphe necator* in northern Italy." Pest Management Science 72(2): 398-404.
- Lalève, A., et al. (2014). "Site-directed mutagenesis of the P225, N230 and H272 residues of succinate dehydrogenase subunit B from *Botrytis cinerea* highlights different roles in enzyme activity and inhibitor binding." Environmental Microbiology 16(7): 2253-2266.
- Lu, X. H., et al. (2011). "Wild type sensitivity and mutation analysis for resistance risk to fluopicolide in *Phytophthora capsici*." Plant Disease 95(12): 1535-1541.
- Leroux, P., et al. (2002). "Mechanisms of resistance to fungicides in field strains of *Botrytis cinerea*." Pest Management Science 58(9): 876-888.
- Mboup, M. K., et al. (2021). "Genetic mechanism, baseline sensitivity and risk of resistance to oxathiapiprolin in oomycetes." Pest Management Science: 9. <https://doi.org/10.1002/ps.6700>

- McGrath, M. T. and Z. F. Sexton (2018). "Poor control of cucurbit powdery mildew associated with first detection of resistance to cyflufenamid in the causal agent, *Podosphaera xanthii*, in the United States." *Plant Health Progress* 19(3): 222-223.
- Miao, J., et al. (2020). "Multiple point mutations in PsORP1 gene conferring different resistance levels to oxathiapiprolin confirmed using CRISPR–Cas9 in *Phytophthora sojae*." *Pest Management Science* 76(7): 2434-2440.
- Miller, T. C. and W. D. Gubler (2004). "Sensitivity of California isolates of *Uncinula necator* to trifloxystrobin and spiroxamine, and update on triadimefon sensitivity." *Plant Disease* 88(11): 1205-1212.
- Mosbach, A., et al. (2017). "Anilinopyrimidine resistance in *Botrytis cinerea* is linked to mitochondrial function." *Frontiers in Microbiology* 8: 19.
- Moukoro, P., et al. (2019). "Mitochondrial complex III Qi-site inhibitor resistance mutations found in laboratory selected mutants and field isolates." *Pest Management Science* 75(8): 2107-2114.
- Panon, M. L., et al. (2018). Efficacy in vineyards of several fungicide preparations in the presence of different percentages of AOX resistant phenotypes of *Plasmopara viticola*. 12ème conférence internationale sur les maladies des plantes. Végéphyt. Tours, 11-12 December 2018.
- Pirondi, A., et al. (2014). "First report of Resistance to cyflufenamid in *Podosphaera xanthii*, causal agent of powdery mildew, from melon and zucchini fields in Italy." *Plant Disease* 98(11): 1581-1581.
- Stergiopoulos, I., et al. (2022). "Identification of putative SDHI target site mutations in the SDHB, SDHC, and SDHD subunits of the grape powdery mildew pathogen *Erysiphe necator*." *Plant Dis* 106(9): 2310-2320.
- Thomas, A., et al. (2018). "Resistance to fluopicolide and propamocarb and baseline sensitivity to ethaboxam among isolates of *Pseudoperonospora cubensis* from the Eastern United States." *Plant Disease* 102(8): 1619-1626.
- Walker, A.-S., et al. (2013). "French vineyards provide information that opens ways for effective resistance management of *Botrytis cinerea* (grey mould)." *Pest Management Science* 69(6): 667-678.
- Zuniga, A. I., et al. (2020). "Baseline sensitivity of *Botrytis cinerea* isolates from strawberry to isofetamid compared to other SDHIs." *Plant Disease* 104(4): 1224-1230.