

N° 1 - 23 janvier 2024

Gestion des résistances

Qu'est-ce qu'un mécanisme de résistance ?

La résistance est une capacité héritable d'un bio-agresseur à survivre face à l'application d'une substance active et qui produira une descendance stable. Pour pouvoir parler de résistance, un cas signalé devra forcément être vérifié par un test approprié.

Origines et sélections des résistances ?

Les génomes ont une capacité naturelle à muter. Ces phénomènes sont liés à une erreur de reproduction de l'ADN par les enzymes. Les individus résistants sont issus des mutations spontanées. Il s'agit à la base d'une variation naturelle : tous les individus sont différents face aux Produits Phyto Pharmaceutiques (PPP). Les PPP éliminent les individus sensibles, et sélectionnent par conséquent ceux plus résistants. Il s'agit donc d'un phénomène statistique, où plus on traite les fortes infestations, plus on augmente le nombre d'individus résistants.

Différents modes d'action des PPP :

On retrouve les PPP dits « unisites » où seulement une protéine sera ciblée. A l'inverse, on parlera de « multisites » quand plusieurs protéines seront ciblées, comme avec les produits minéraux (cuivre) ou les produits organiques (phosphonates)...

Pour le mode d'action dit unisite, on retrouve plusieurs fonctions :

- unisites inhibiteurs de la respiration mitochondriale
 - face externe : QoI (trifloxystrobine, azoxystrobine) QoI (ametoctradine)
 - face interne : QoI (cyazofamide, amisulbrom)
- Phenylamides (benalaxyl-M, méfénoxam)
 - action sur la biosynthèse des ARN ribosomiaux (spécifiques des oomycètes du mildiou)
 - plusieurs polymères, pas de différences en termes de résistance entre les matières actives
- unisites inhibiteurs de la cellulose synthase (CAA)
 - enzymes spécifiques limitant la biosynthèse des parois cellulaires
 - mandipropamid, bentiavalicarbe, valifenalate, iprovalicarbe
- perturbation de la chaîne protéinique
 - polymérisation de la tubuline : zoxamide (action cuticulaire)
 - fluopicolide
 - oxathiapiprolin (translaminaire et systémique acropétale)

En tout, ce sont donc près de 7 modes d'actions unisites différents et 4 multisites, sans compter les phosphonates à action SDP et le cymoxanil.

Comment quantifier ces résistances ?

Deux termes sont principalement utilisés :

- La résistance biologique
 - la sensibilité à un PPP est réduite
 - elle se mesure au niveau d'un individu
 - elle ne se traduit pas forcément par une perte d'efficacité au champ
- La résistance pratique
 - baisse d'efficacité d'un PPP liée à la présence d'individus résistants
 - elle se mesure au niveau d'une population d'individus.

Conclusion

Afin d'éviter les phénomènes de résistances il est conseillé de :

- Ne pas utiliser deux fois le même mode d'action (7 traitements possibles pour les 7 différents modes d'actions unisites)
- Garder une base de 3 traitements multisites en début et fin de campagne (cuivre)
- Renouveler des modes d'action en fonction de la pression maladie.



Note technique commune résistances 2024

Comité de rédaction

- **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 « Maladies de la vigne »

Ce document vise à :

- 1) décrire le statut des résistances en 2023 vis-à-vis des principales familles de substances actives utilisables sur vigne en France, dans les populations de *Plasmopara viticola* (agent de mildiou), *Erysiphe necator* (agent de l'oïdium), et *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.

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.

Prophylaxie et qualité de pulvérisation

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 **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 maîtrise de la vigueur** par le raisonnement des apports azotés et par la gestion de l'enherbement,
- **des rognages raisonnés** pour éliminer la jeune végétation et permettre une meilleure pénétration de la pulvérisation.

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

- **d'éviter la formation de mouillères** en réalisant un drainage du sol,
- **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.

S'agissant de la **pourriture grise**, la prophylaxie doit s'appliquer, quel que soit le risque parcellaire.

En cas de risque faible, la prophylaxie suffit et dans ce cadre, il convient de :

- **bien aérer les grappes** par une taille et un mode de palissage qui assurent leur répartition homogène,
- **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.

Généralités sur les stratégies de gestion de la résistance

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. Cela suppose de limiter au moins temporairement l'usage du fongicide et de contrôler les maladies par d'autres modes d'action efficaces.

Dans les situations où la fréquence des individus résistants est importante, les applications de fongicides visent essentiellement à compenser la perte d'efficacité pour maintenir un contrôle acceptable de la maladie en situation de résistance. On parle alors de « gestion de l'efficacité ».

1. **Limitation des traitements** : réduction quantitative de la pression de sélection. Toute mesure se substituant à un traitement fongicide participe à limiter le risque de résistance.
2. **Association des modes d'action** : consiste à associer deux substances de modes d'action différents (ne présentant pas de résistance croisée positive) se protégeant mutuellement du risque de résistance.
3. **Alternance des modes d'action au sein d'un programme** : consiste à introduire, entre 2 applications d'un même mode d'action, une ou plusieurs applications avec des modes d'actions différents, dénommées *breakers*. Des travaux récents, réalisés avec des substances rémanentes, montrent que deux applications de *breakers* consécutives gèrent plus efficacement la résistance qu'une alternance avec un seul *breaker*.
4. **Mosaïque spatiale** : correspond à l'utilisation de plusieurs modes d'action au même moment, mais dans des parcelles différentes.



Mildiou

En 2023 la pression a été forte dans de nombreux vignobles et a pu entraîner une augmentation des traitements dans le programme de protection. La résistance aux acylpicolides et aux Qil est désormais présente dans tous les vignobles, à fréquence parfois forte. La campagne 2021 avait été marquée par la détection des premières souches résistantes aux OBSPI (oxathiapiproline) et aux benzamides (zoxamide). Des suspicions de détection de souches résistantes sont à nouveau signalées en 2023 pour les benzamides et sont en cours de validation. Les occurrences de la résistance à l'oxathiapiproline augmentent et les détections concernent aujourd'hui quasiment tous les vignobles.

Recommandation générale : A l'exception des substances multisites dont l'efficacité intrinsèque est suffisante (métirame, folpel, cuivre, dithianon), tous les modes d'action sont concernés par la résistance.

Substances actives	Type de résistance	Occurrence de la résistance et évolution en 2023	Impact de la résistance sur l'efficacité au vignoble	RECOMMANDATIONS 2023
Produits à base de Qil			(code R4P : U-A3a ; codes FRAC : C4/21)	
amisulbrom cyazofamide	Résistance spécifique. Résistance croisée partielle entre les 2 substances. Facteur de résistance élevé pour la cyazofamide, faible à moyen pour l'amisulbrom.	Stabilité. <i>Présence de la résistance dans tous les vignobles.</i> <i>Occurrence* moyenne à forte.</i>	Baisse d'efficacité possible en situation de risque épidémique élevé, avec un partenaire à l'efficacité partielle.	Gestion de l'efficacité : 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.
	Résistance non spécifique. Facteurs de résistance variables, faibles à élevés.	Stabilité <i>Occurrence moyenne à forte. Fréquence faible à forte.</i>	Baisse d'efficacité rapportée en essai.	
Produits à base de Qol (Qol-P)			(code R4P : U-A5 ; codes FRAC : C3/11)	
azoxystrobine pyraclostroline	Résistance spécifique. Facteurs de résistance élevés	Stabilité Occurrence et fréquence faibles à fortes	Efficacité souvent insuffisante.	Gestion de l'efficacité : Non recommandé sur mildiou.
Produits à base de Qiol			(code R4P : U-A6 ; codes FRAC : C8/45)	
amétoctradine	Résistance spécifique. Facteur de résistance élevé.	En progression. <i>Occurrence en augmentation.</i> <i>Fréquence faible à moyenne.</i>	Baisse d'efficacité possible.	Gestion de l'efficacité : 1 application, en association avec un partenaire multisite en situation de risque élevé.
	Résistance non spécifique. Facteurs de résistance variables, faibles à élevés.	Stabilité. <i>Occurrence moyenne à forte. Fréquence faible à forte.</i>	Baisse d'efficacité mise en évidence en essai.	
Produits à base de CAA			(code R4P : U-C1a ; codes FRAC : H5-40)	
Benthiavalarbe ¹ diméthomorphe iprovalicarbe ² mandipropamide valifénalate	Résistance spécifique. Facteurs de résistance élevés.	Stabilité. <i>Occurrence globalement élevée mais hétérogène.</i> <i>Fréquence moyenne à forte selon secteurs</i>	Baisse d'efficacité constatée.	Gestion de l'efficacité : 2 applications au maximum. Privilégier l'association avec un mode d'action multisite.

¹Fin d'utilisation : 13/12/2024

² Fin d'utilisation : 25/04/2024

*L'occurrence correspond à la proportion de parcelles échantillonnées où la résistance est détectée.



Substances actives	Type de résistance	Occurrence de la résistance ³ et évolution en 2023	Impact de la résistance sur l'efficacité au vignoble	RECOMMANDATIONS 2024
Produits à base d'OSBPI			(code R4P : U-E5 ; codes FRAC : F9/49)	
oxathiapiproline	Résistance spécifique. Facteurs de résistance élevés.	En progression. <i>Occurrence en augmentation. Fréquence faible</i>	Pas de baisse d'efficacité rapportée	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 : U-F5b ; code FRAC : 27)	
cymoxanil	Résistance spécifique. <i>Unisite avec mécanisme de résistance inconnue.</i> Facteurs de résistance élevés.	Données anciennes	Efficacité souvent insuffisante.	Gestion de l'efficacité : 2 applications maximum. Privilégier l'association avec un mode d'action multisite.
Produits à base d'anilides			(code R4P : U-G3 ; codes FRAC : A1/4)	
bénalaxyl-M métalaxyl-M	Résistance spécifique. Facteurs de résistance élevés.	Données anciennes	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 : U-K2a ; codes FRAC : B3/22)	
zoxamide	Unisite à risque de résistance spécifique. Facteurs de résistance élevés	Premières détections en France en 2021. Des suspicions en 2023 (validation par génotypage en cours).		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.
Produits à base d'acylpicolides			(code R4P : U-K5 ; codes FRAC : B5/43)	
fluopicolide	Résistance spécifique. Facteurs de résistance élevés.	Présence de la résistance dans tous les vignobles. <i>Occurrence forte Fréquences moyennes.</i>	Baisse d'efficacité constatée en situation de risque épidémique élevé.	Gestion de l'efficacité : 1 application maximum (AMM). Ne pas utiliser en situation de risque élevé.
Substances multisites, phosphonates, SDN, microorganismes, extraits de plantes				
huile essentielle d'orange douce	Non concernée par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.			
disodium phosphonate, fosétyl aluminium, phosphonate de potassium	Non concernés par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque partielle			
cerevisane COS OGA	Non concernés par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.			
composés du cuivre, dithianon, folpel, métirame ³	Non concernés par les phénomènes de résistance. Pas de variation d'efficacité constatée.			
<i>Bacillus amyloliquefasciens</i> (souche FZB24)	Non concerné par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle			

³Fin d'utilisation : 28/11/2024



Oïdium

D'après les connaissances actuelles, 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 avec des modes d'action non concernés par la résistance et de ne pas les utiliser en succession (ex : IDM suivi d'azanaphtalènes).

La campagne 2023 est marquée par une stabilité de la résistance aux APK et aux SDHI. La vigilance est de rigueur et l'usage raisonné de ces modes d'action est préconisé afin de limiter la progression des résistances.

Substances actives	Type de résistance	Occurrence de la résistance et évolution en 2023	Impact de la résistance sur l'efficacité au vignoble	RECOMMANDATIONS 2024
Produits à base de SDHI (code R4P : U-A2a ; codes FRAC : C2/7)				
boscalide fluopyram fluxapyroxade	Résistance spécifique. Spectres de résistance croisée incomplets entre classes chimiques.	Stabilité. <i>Occurrence variable selon les secteurs, faible à forte.</i> <i>Fréquence généralement faible.</i>	Pas de baisse d'efficacité mise en évidence.	Gestion de la résistance : 2 applications au maximum de SDHI, de préférence 1 application maximum par classe chimique. Ne pas choisir le boscalide s'il est déjà utilisé comme anti-botrytis.
Produits à base de QoI (QoI-P) (code R4P : U-A5 ; codes FRAC : C3/11)				
azoxystrobine krésoxim-méthyle pyraclostrobine trifloxystrobine	Résistance spécifique. Facteurs de résistance élevés.	Stabilité <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 : U-E2 ; codes FRAC : G1/3)				
difénoconazole fenbuconazole myclobutanil penconazole tébuconazole tétraconazole	Résistance spécifique. Facteur de résistance faible à fort selon les fongicides.	Stabilité. <i>Occurrence et fréquences élevées.</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.
Produits à base d'amines (IBS du groupe II) (code R4P : U-E3 ; codes FRAC : G2/5)				
spiroxamine	Unisite à faible risque de résistance.	Données anciennes.	-	Gestion de la résistance : 2 applications au maximum.
Produits à base d'aryl-phényl-kétones (APK) (code R4P : U-K6 ; code FRAC : U8)				
métrafénone (benzophénones) pyriofénone (benzoylpyridines)	Résistance spécifique. <i>Mécanisme inconnu</i> Facteurs de résistance élevés.	En progression. <i>Occurrence forte selon secteurs</i> <i>Fréquence faible à moyenne</i>	Pas de baisse d'efficacité avéré mais possible en si risque épidémique élevé, en cas de fréquence de la résistance élevée.	Gestion de la résistance : 1 application.
Produits à base d'azanaphtalènes (AZN) (code R4P : U-M4 ; codes FRAC : E1/13)				
proquinazide (quinazolinones)	Résistance spécifique. <i>Mécanisme inconnu</i> Facteurs de résistance modérés.	Données anciennes	Baisse d'efficacité mise en évidence en essai (données anciennes).	Gestion de la résistance : 1 application + 1 application supplémentaire si la durée de la période de protection le nécessite.
Produits à base d'amidoximes (code R4P : U-XF8 ; code FRAC : U6)				
cyflufénamide	Unisite à risque de résistance spécifique.	Suspicion de résistance, à confirmer.		Gestion de la résistance : 1 application + 1 application supplémentaire si la durée de la période de protection le nécessite.



Substances multisites, phosphonates, SDN, microorganismes, extraits de plantes	
huile essentielle d'orange douce ¹	Non concerné par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.
cerevisane ¹ laminarine ¹ , COS-OGA ¹	Non concerné par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.
soufre ¹	Non concerné par les phénomènes de résistance. Pas de variation d'efficacité constatée
<i>Bacillus amyloliquefasciens</i> <i>Bacillus pumilus</i> ¹	Non concerné par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.
Hydrogénocarbonate, bicarbonate de potassium ¹ extrait de fenugrec ¹	Non concerné par les phénomènes de résistance. Efficacité intrinsèque variable et partielle.

¹Substances contenues dans les produits figurant sur la liste des produits de biocontrôle

Botrytis

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 (voir partie « prophylaxie et qualité de pulvérisation ») 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.

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. 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 2024
Produits à base d'IDM (IBS du groupe I)		(code R4P : U-E2 ; codes FRAC : G1/3)
difénoconazole, fenbuconazole, myclobutanil, 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 Qol-P		(code R4P : U-A5 ; codes FRAC C3/11)
azoxystrobine krésoxim-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 : U-W ; code FRAC : M)
composés de cuivre, folpel, métrame	Aucune résistance chez mildiou et oïdium.	Applications spécifiques black rot possibles.

