

La protection des cultures est un enjeu central pour la pérennité de l'agriculture, faisant aujourd'hui face à de nombreuses transformations. Le changement climatique provoque de fortes pressions de certains bioagresseurs avec, notamment, des cycles supplémentaires et l'apparition de nouvelles espèces jusqu'ici absentes des bassins de production français. De plus, on assiste à la réémergence de bioagresseurs autrefois secondaires suite au retrait de certaines substances actives. La transition vers une agriculture plus respectueuse de l'environnement pousse à trouver des alternatives aux pesticides les plus impactants, tout en permettant une protection efficace des cultures. Parmi les combinaisons de leviers et méthodes mobilisées dans ce but, les produits de biocontrôle et alternatifs occupent une place centrale.

CAP EXPÉ propose une série d'articles reposant sur un panorama d'expérimentations réalisées sur les stations d'Occitanie (cf. **cartographie**). L'objectif est de mettre en perspective les résultats obtenus sur différents produits de biocontrôle et alternatifs testés sur plusieurs cultures dans des contextes pédoclimatiques variés ; afin de proposer un aperçu des connaissances produites par la recherche appliquée. Ce focus traite en seconde partie des maladies des cultures arboricoles.

### SOMMAIRE

1. Les monilioses
  - 1.1. Moniliose de l'abricot
  - 1.2. Moniliose de la pêche en conservation
  - 1.3. Moniliose de la prune en conservation
2. La cloque du pêcher
3. La tavelure du pommier
4. Les maladies de la suie et des crottes de mouches
5. *Colletotrichum*
  - 5.1. *Colletotrichum* sur pommier
  - 5.2. *Colletotrichum* sur noyer
6. Bactériose du noyer

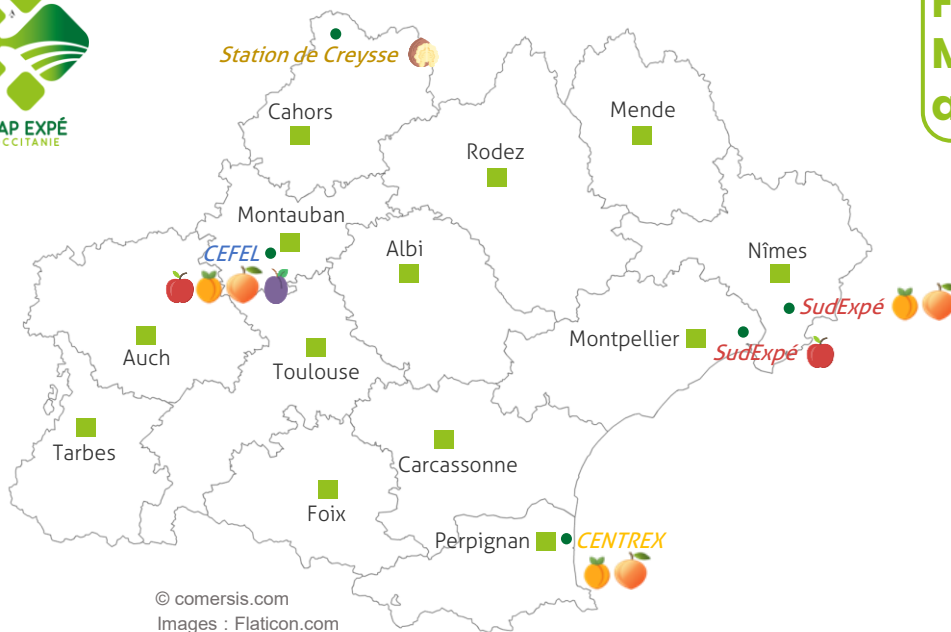
### LES PRODUITS DE BIOCONTRÔLE QU'EST-CE QUE C'EST ?



Le **biocontrôle** est un ensemble de méthodes de protection des végétaux reposant sur les mécanismes et interactions existants dans les milieux naturels, dans un objectif de gestion des populations de bioagresseurs et de protection des cultures. Ils comprennent les macro-organismes (nématodes, auxiliaires...), et les produits phytopharmaceutiques composés de micro-organismes (bactéries, virus...), de médiateurs chimiques (phéromones, kairomones) ou de substances naturelles d'origine végétale (huiles essentielles...), minérale ou animale (huiles minérales, argiles, kaolin...) (article L. 253-6 du code rural et de la pêche maritime). Parmi les produits considérés comme biocontrôle au titre de l'article L.253-6 du code rural, certains sont autorisés en agriculture biologique et d'autres non. Ils sont par ailleurs exempts des distances de sécurité vis-à-vis des riverains (sauf mention contraire sur l'étiquette du produit), et ne sont pas comptabilisés dans le calcul de l'indice de fréquence de traitement chimique (IFT). D'autres solutions, sans être inscrites sur la liste officielle des produits phytopharmaceutiques de biocontrôle sont d'origine naturelle, pour certains utilisables en agriculture biologique, tels que le cuivre, l'azadirachtine, l'hydroxyde de calcium ou le spinosad.

Les **substances de base** (ex : sucre, sel, vinaigre, bière...) sont définies comme des substances dont l'usage principal n'est pas phytopharmaceutique, mais qui sont utiles pour la protection des végétaux, et n'ont pas d'effets nocifs sur la santé humaine et animale et sur l'environnement (règlement CE n°1107/2009). Les **biostimulants** appartiennent à la catégorie des matières fertilisantes et supports de cultures, sans lien avec la protection des cultures. Ils stimulent des processus naturels comme l'assimilation des nutriments ou la résistance aux stress abiotiques. Les **préparations naturelles peu préoccupantes** (PNPP) définies par l'article L 253-1 du code rural sont soit des substances de base, soit des substances naturelles à usage biostimulant (SNUB) définies par le décret n°2016-532 comme des substances d'origine végétale, animale ou minérale, à l'exclusion des micro-organismes.

L'implémentation des produits de biocontrôle dans les stratégies de lutte nécessite une technicité importante et une refonte des stratégies ; d'où l'importance des connaissances produites par la recherche appliquée. La transition vers une protection des cultures agroécologique et plus respectueuse de l'environnement dépend d'une combinaison de leviers à l'échelle du système de culture : le biocontrôle doit nécessairement être réfléchi et mis en lien avec les autres leviers d'action (choix du matériel végétal, adaptation des itinéraires techniques...).



- Stations de recherche appliquée
- Expérimentations sur noyer
- Expérimentations sur pommier
- Expérimentations sur abricotier
- Expérimentations sur pêche
- Expérimentations sur prunier

## Localisation des stations d'expérimentation et des essais présentés dans l'article

### 1. Les monilioses

Les monilioses des arbres fruitiers sont des maladies causées par les champignons *Monilia fructicola*, *Monilia laxa* et *Monilia fructigena*. Ils s'attaquent aux fruits à noyau et à pépins en provoquant le dessèchement des fleurs et des rameaux, et la pourriture des fruits. Les monilioses peuvent donc pénaliser fortement la production dès la sortie d'hiver. La contamination est favorisée par toute période combinant pluies ou humectation prolongée et températures douces. *Monilia spp.* sur fleurs et rameaux est un des principaux bioagresseurs sur abricotier, tandis que l'attaque sur fruits est principalement problématique sur pêche. Ainsi, les deux périodes cruciales de lutte contre les monilioses sont la floraison et la période pré-récolte, durant lesquelles se font les contaminations.

Des solutions de biocontrôle sur monilioses des fruits à noyau ont été expérimentées via de nombreux projets. Les projets PALVIP (à la CENTREX) et FAN de Bio (à SudExpé et à la CENTREX) conduits de 2017 à 2020 ont évalué des produits de biocontrôle à la floraison sur abricot et avant récolte sur pêche.

#### 1.1. Moniliose de l'abricot

Sur abricot à la CENTREX et à SudExpé, l'alternance de cuivre (respectivement Champ Flo et Cuivrol) et du Curatio (polysulfure de calcium) a été testée sur cinq essais différents, donnant à chaque fois une efficacité de traitement significative ou au moins tendancielle. Les mesures ont été réalisées sur fleurs et rameaux mais par soucis de synthèse, seuls ceux sur rameaux sont présentés. En 2018 à la CENTREX, l'alternance du Champ Flo et du Curatio a montré 6% de rameaux moniliés, comparables aux 4% de la référence chimique Switch (projet PALVIP). Un mois après la dernière application, seul le Switch garde un niveau de dégâts sur rameaux significativement inférieur au témoin non traité. Des résultats similaires sont obtenus la même année au sein du projet FAN de Bio à la CENTREX et avec l'alternance Cuivrol + Curatio en 2017 à SudExpé. En 2020, en raison d'une faible pression aucun résultat n'est significatif, mais une efficacité relativement correcte est observée sur la modalité Champ Flo + Curatio à la CENTREX. Les autres modalités testées durant ces projets n'ont pas eu de succès. En 2018 à la CENTREX, l'Akivi (extrait d'inule visqueuse) démontre une efficacité significative à 9% de rameaux moniliés mais ce résultat n'est pas reproduit les années suivantes, même en tendance. Le Bacillus EPS (*Bacillus*) présente une efficacité intermédiaire à 13% de rameaux moniliés en 2018 mais ne reproduit pas cette efficacité sur les essais suivants. Le Bestcure (extraits d'agrumes) se montre quant à lui intéressant avec 14% de rameaux moniliés en 2018, puis une efficacité tendancielle proche du Switch quand il est dosé à 0,375% en 2020. Le Rhapsody (*Bacillus amyloliquefaciens*) présente une efficacité limitée variante selon les années 2018/2020 et les sites d'expérimentation. Le Microsafe (*Pseudomonas sp.*) et le Lactobacillus (*Bacillus*) (testés à la CENTREX) ainsi que le Limocide (huile essentielle d'orange) et l'Amylo-X (*Bacillus amyloliquefaciens*) (testés à SudExpé) ne sont pas efficaces.

## 1.2. Moniliose de la pêche en conservation

Sur pêche, les biocontrôles sont testés sur la moniliose en conservation, sur des applications en pré-récolte. Sur les trois années de tests à la **CENTREX**, la conservation à 7 jours est améliorée par l'Armicarb (hydrogénocarbonate de potassium) avec une efficacité de 60% ; par l'Akivi (inule visqueuse) avec une efficacité de 50% ; et par le Julietta (*Saccharomyces cerevisiae*), avec une efficacité autour de 45%. Le Bacillus EPS (produits à base de *Bacillus*), le Bestcure (extraits d'agrumes), le Rhapsody (*Bacillus amyloliquefaciens*) et le Microsafe (*Pseudomonas sp.*) ont une tendance à une efficacité de 30% à 7 jours. A **SudExpé** en 2019 sous pression moyenne, le Rhapsody appliqué en pré-récolte seul ou en pré et post-récolte ne montre aucun effet sur les pêches en conservation. L'Amylo X (*Bacillus amyloliquefaciens*) n'a montré aucune efficacité sur pêche en conservation ni à **SudExpé** ni à la **CENTREX**.

Au sein du projet MACFAN (2021-2023) réalisé sur pêche à la **CENTREX** et à **SudExpé**, le Lalfresh S (*Clonostachys rosea*) a globalement donné des résultats moyens, avec une efficacité moyenne à nulle selon les années. Des tendances intéressantes s'observent sur les deux sites avec l'Armicarb à différentes doses. Le Rhapsody montre une certaine efficacité à la **CENTREX** sur les trois années, le Taegro (*Bacillus amyloliquefaciens*) et le Moniclean (préparation naturelle peu préoccupante à base de prêle et clous de girofle) des tendances ponctuelles (sans significativité toutefois) ; ces observations n'ont pas été retrouvées à **SudExpé**. A l'inverse, de légères tendances sont observées en 2022 sur les cires VitaFresh Life et VitaFresh Soft à **SudExpé**, mais pas à la **CENTREX**. Les autres biocontrôles expérimentés n'ont pas démontré d'efficacité [Vitisan (hydrogénocarbonate de potassium), DeccoNatur (cire), Botector (*Aureobasidium pululans*), Noli (*Metschnikowia fructicola*), Prev-Gold (huile essentielle d'orange), Vintec (*Trichoderma atroviride*)]. Globalement, seul le Lalfresh S, et dans une moindre mesure l'Armicarb et le Rhapsody, présentent une efficacité moyenne récurrente - mais pas sur les deux sites pour le Rhapsody.

## 1.3. Moniliose de la prune en conservation

Le projet MACFAN (2021-2023) a été conduit sur prune américano-japonaise au **CEFEL** avec une pression moniliose variable selon les années (2023, pression faible). Sur 2021 et 2022, dans les essais d'application par pulvérisation manuelle en post-récolte, avec des pressions moyennes à fortes, les produits de biocontrôle présentent des niveaux d'efficacité variables et globalement faibles. En 2021, le Blossom Protect (*Aureobasidium pululans*) se situe à 45% d'efficacité en sortie frigo et 22% après retour à température ambiante. Le Moniclean a une efficacité moyenne mais relativement constante (20%-40% en 2022). Le VitaFresh Life a une efficacité faible en sortie frigo mais meilleure après retour à température ambiante (jusqu'à 48% d'efficacité en 2022). La même année, le VitaFresh Soft, à l'inverse, voit son efficacité diminuer après sortie de frigo pour passer de 50% à 18%. Dans les conditions de ces essais, les autres biocontrôles, Lalfresh S, Armicarb, Vitisan, Rhapsody, Taegro, Botector et DeccoNatur présentent des niveaux d'efficacité inférieurs à 30%. Les traitements à base de Noli, Vintec, Amylo X, Prev-Gold et Brottrunk Kanne (ferment de céréales) n'ont montré aucune efficacité en 2021 et 2022. En 2023, la pression a été insuffisante pour conclure. Dans d'autres séries d'essais du projet MACFAN, le Lalfresh S a obtenu des niveaux d'efficacité variables selon les variétés et les niveaux de pression : 0 à 70% en sortie frigo et 0 à 50% après retour à température ambiante.

## Conclusion sur les monilioses :

*De nombreux produits ont été expérimentés sur les monilioses des fruits à noyau. Sur les atteintes des abricots sur fleurs et noyaux, la combinaison du Champ Flo (cuivre) et du Curatio apparaît comme la plus efficace. Sur la gestion de la moniliose en conservation sur prune et pêche, les efficacités des biocontrôles sont très aléatoires et probablement fortement dépendantes de différents facteurs (variétés, pression maladie,...). Si le Lalfresh S, l'Armicarb et le Rhapsody peuvent présenter un certain intérêt sur pêche, leur efficacité est loin de celles des fongicides de synthèse tant en intensité qu'en régularité.*

## 2. La cloque du pêcher

La cloque est une maladie du pêcher causée par le champignon *Taphrina deformans*. Ce sont les jeunes feuilles qui sont contaminées lors du débourrement, entraînant par la suite des déformations du limbe et une coloration rougeâtre du feuillage. Les feuilles touchées ont une photosynthèse réduite, affaiblissant l'arbre, et une sensibilité accrue aux attaques d'oïdium et de pucerons. Les rameaux et les fruits peuvent également être affectés, provoquant un épaissement des tissus et une déformation. Les premières contaminations à l'émergence des feuilles sont favorisées par les épisodes pluvieux et des températures entre 3 et 16°C.

Le projet EcoPhyto Ecopêche 2 conduit entre 2019 et 2024 à la **CENTREX** et à **SudExpé** a notamment expérimenté différentes stratégies de gestion de la cloque dans le cadre d'essais systèmes. Sur le site de la **CENTREX**, la stratégie en AB a eu une bonne efficacité contre la cloque du pêcher. L'utilisation du cuivre permet de bons résultats, très proches de la stratégie PFI. En effet, la stratégie en AB, à base de bouillie bordelaise en préventif et de Curatio après la fleur, est plus efficace que la stratégie Eco à base de Curatio et d'hydroxyde de calcium uniquement. Sur les trois années 2021 à 2023, les dégâts de cloque demeurent inférieurs à 15% sur la stratégie AB (10% en 2021, 2% en 2022, 15% en 2023). La stratégie Eco est significativement plus touchée sur ces années, soulignant l'importance du cuivre dans la stratégie. De nombreux essais conduits à **SudExpé** entre 2018 et 2025 ont permis de tester plusieurs produits de biocontrôle, pour certains sur plusieurs années, en comparaison des produits et stratégies utilisés en PFI. Le niveau d'infestation de l'arbre ainsi que le nombre de pousses cloquées sur 200 pousses ont permis de mettre en évidence différents degrés d'efficacité de ces biocontrôles. Le BNA Pro et le Calciblanco (hydroxyde de calcium) ont une bonne efficacité, apportant une protection satisfaisante dans des conditions de pression moyenne à forte ; mais demeurent moins efficaces que les stratégies de référence. En conditions de faible pression, l'Armicarb semble intéressant (une année d'essai avec 80% d'efficacité) mais dès que la pression augmente (modérée à forte) l'efficacité est bien plus faible (au plus 30% d'efficacité). Le Curatio, le sulfate de cuivre (bouillie bordelaise RSR Disperss), le sulfate de cuivre associé au soufre micronisé, l'oxychlorure de cuivre (Yucca) démontrent des efficacités existantes mais moyennes, dépendant fortement des conditions de l'année. Le soufre (formes mouillable et liquide) a montré une efficacité insuffisante. Le Vintec (*Trichoderma atroviride*) et le Pyrostim n'ont montré aucune efficacité contre la cloque.

*Si les solutions de biocontrôle à base d'hydroxyde de calcium ont des efficacités reconnues dans les essais menés à **SudExpé**, le projet Ecopêche souligne une meilleure efficacité de la combinaison cuivre (bouillie bordelaise) + Curatio que de celle à base d'hydroxyde de calcium + Curatio. Les efficacités moyennes observées sur les biocontrôles appliqués seuls soulignent l'intérêt de ces produits mais également la nécessité d'élaborer des stratégies qui les combinent. Néanmoins, en cas de pression moyenne à forte, l'efficacité demeure bien inférieure à celle de la référence chimique. Le cuivre et le Curatio présentent par ailleurs un risque de phytotoxicité dans certaines conditions : en traitement post-floraison, par températures chaudes et lors d'applications répétées.*

## 3. La tavelure du pommier

La tavelure est une maladie fongique très problématique sur le pommier, puisqu'elle représente une grande partie des traitements phytosanitaires. Causée par *Venturia inaequalis*, elle affecte les feuilles, avec l'apparition de tâches circulaires, souvent d'aspect huileuses, de couleur verdâtre à brun foncé ; et les fruits, provoquant sur ces derniers des croûtes noirâtres liégeuses, qui peuvent aussi apparaître en conservation. Ces dégâts rendent les fruits non commercialisables.

Le projet Bioagresseurs pomme, porté par **SudExpé**, s'est intéressé à différentes stratégies de biocontrôle pour la gestion de certains bioagresseurs de la pomme, dont la tavelure. La gestion de la tavelure passe notamment par la réduction de l'inoculum d'automne, élément de prophylaxie habituellement réalisé par l'application d'urée. Malgré des efficacités de dégradation limitées, y compris avec l'urée, les résultats des saisons 2020-21 et 2021-22 soulignent un potentiel intérêt de l'utilisation d'un adjuvant, le Li-Star (à base de lécithines), notamment en combinaison avec l'urée et le glucose. Le N7 (à base d'azote) semble être une piste intéressante également, avec une efficacité au même niveau que l'urée sur l'année 2021-22. Toujours sur l'inoculum d'automne, le plan d'alternatives d'urgence phytosanitaire fruits et légumes (PAUPFL) contre la tavelure du pommier a obtenu des résultats de réduction de l'inoculum intéressants avec : le Lalbiome Wake SL® (à base de fragments de *Saccharomyces cerevisiae*), le mélange Lalbiome et urée et le mélange urée et glucose. Au **CEFEL**, une légère tendance a été observée en faveur du Lalbiome et des méthodes d'observation encore récentes (dPCR et protocole Kollar) doivent être éprouvées pour quantifier les inoculums. Le Brottrunk (ferment de céréales) appliqué en mélange avec l'urée a également un effet intéressant, mais pas quand il est appliqué seul. Les objectifs du Lalbiome et du Brottrunk sont de stimuler la flore antagoniste de la tavelure présente dans le sol. Ces éléments constituent des pistes à approfondir, en parallèle des travaux sur la compréhension de la biologie de la tavelure.

Concernant les stratégies printanières, la stratégie alternative utilisant des produits de biocontrôle s'est révélée significativement moins efficace sur la fréquence des symptômes de tavelure sur fruits et feuilles, comparé à la stratégie PFI. La fréquence de fruits tavelés varie de 33% à 61% avec la stratégie alternative (avec et sans prophylaxie), contre 1,5% à 1,9% pour la stratégie PFI. Malgré une diminution des symptômes par rapport à une absence de traitement, la stratégie alternative est donc insuffisante en conditions de forte pression.

*Les essais montrent que la stratégie de réduction de l'inoculum automnal est efficace. Quelques produits semblent être intéressants notamment en combinaison avec de l'urée ; mais ces résultats observés sur une année doivent être confirmés, de même que la connaissance de la biologie de la tavelure doit être approfondie.*

#### **4. Les maladies de la suie et des crottes de mouches (MSCM)**

Les maladies de la suie et des crottes de mouches sont respectivement causées par *Gloeodes pomigena* et *Schizothyrium pomi*. Celles-ci apparaissent occasionnellement, plutôt sur variétés tardives exposées à l'humidité. Souvent observées ensemble, elles provoquent une altération de l'épiderme sans induire de pourriture : des taches noirâtres diffuses (maladie de la suie), et des petites taches rondes et noires groupées en amas (maladie des crottes de mouche).

Différents biocontrôles et positionnements ont été testés à **SudExpé** et au **CEFEL** entre 2019 et 2022, en préventif (avant les pluies) et curatif (après les pluies). L'Armicarb a été testé les trois ans sur les deux sites et a présenté des résultats variables. En 2019 à **SudExpé**, il s'est montré efficace en préventif face à une faible pression (3% de symptômes contre 12% sur le témoin non traité). Il a été moins efficace en curatif. Au contraire en 2020, l'Armicarb s'est montré plus efficace en curatif qu'en préventif mais le produit reste le plus performant de ceux testés (10% de fruits touchés contre 25% sur le TNT). Ces résultats sont confirmés par la campagne 2022 à forte pression, où le produit s'est montré de nouveau plus efficace en curatif. Au **CEFEL** en 2019, l'Armicarb + soufre et l'Armicarb + soufre et l'Amylo X en alternance en curatif ont été efficaces avec respectivement 1% et 8% de fruits touchés contre 29% chez le TNT. En 2020 la pression était trop faible pour conclure. En 2021, l'Armicarb + soufre est de nouveau significatif, cette fois en conditions de forte pression. La bouillie bordelaise en préventif s'est également montrée efficace : en 2019 à **SudExpé**, elle fait baisser la part de fruits avec symptômes à moins de 2%. Au **CEFEL**, également appliquée en préventif, elle possède une tendance intéressante avec moins de 10% de fruits touchés. La stratégie préventive à base de bouillie bordelaise et d'Amylo X est inefficace, en partie à cause de l'antagonisme entre fongicide (bouillie bordelaise) et champignon (Amylo X).

En 2020 à **SudExpé**, la bouillie bordelaise en préventif s'est montrée efficace en réduisant de moitié la proportion de fruits touchés par rapport au TNT. Sur les essais de positionnement, elle demeure plus efficace en préventif qu'en curatif. En 2022, elle s'est montrée moins efficace que l'Armicarb mais garde une efficacité significative en préventif. En ce qui concerne le Vitisan, il s'est également montré efficace en curatif en 2019 à **SudExpé** avec 4% de fruits touchés. Au **CEFEL** la même année, en conditions de forte pression, il s'est également montré intéressant en curatif couplé à du soufre avec moins de 10% de fruits touchés. En 2020 à **SudExpé**, il a été peu efficace. En 2021 au **CEFEL**, la stratégie Vitisan + soufre a été efficace en tendance (49% d'intensité d'attaque) et s'est prouvée efficace contre la maladie des crottes de mouches en réduisant significativement les dégâts. A **SudExpé** en 2022, le Vitisan seul a été le produit testé le moins efficace, confirmant les résultats de 2020. Testée en 2021 au **CEFEL**, la stratégie Fongimix (extraits de prêle et bardane) + Heliosol (adjuvant composé de terpinéol) en préventif a montré une tendance efficace avec moins de 10% de fruits touchés, mais s'est révélée inefficace contre la maladie des crottes de mouches. Sur les deux stations et l'ensemble des années sur lesquelles il a été évalué, l'Amylo X a eu des niveaux de dégâts proches du TNT.

*Les essais conduits à **SudExpé** et au **CEFEL** dans le cadre de ce projet sur MSCM soulignent à la fois des résultats communs et divergents. L'Amylo X et la combinaison Fongimix + Heliosol ne s'avèrent pas efficaces. L'Armicarb démontre une bonne efficacité sur la diminution des symptômes sur fruits, en combinaison avec le soufre dans le cas des essais du **CEFEL**. A **SudExpé**, l'Armicarb est particulièrement efficace en curatif ; tandis que le **CEFEL** met en évidence de bonnes efficacités à la fois en curatif et en préventif. La bouillie bordelaise, évaluée en traitement préventif à **SudExpé**, est aussi efficace. Le Vitisan n'a pas été concluant à **SudExpé**, tandis qu'il apparaît efficace au **CEFEL** en curatif et couplé au soufre. Quant au positionnement, il apparaît difficile de conclure entre stratégies préventive et curative : la plus efficace varie selon l'année et la pression en MSCM.*

## 5. Colletotrichum

### 5.1. Colletotrichum sur pommier

Depuis 2014, les pommes de certains vergers du Sud-Est sont touchées avant la récolte par la pourriture amère (Apple bitter rot), induite par l'agent pathogène *Colletotrichum sp.*. En 2018, l'espèce *C. fructicola* appartenant au complexe *C. gloeosporioides* a été identifiée. D'autres espèces participent également à l'apparition de cette maladie et sont en cours d'étude. Les symptômes provoquent des nécroses circulaires brunes sur les fruits, avec parfois des ponctuations noires devenant à terme rose-orangées et libérant les spores. Le développement de l'infection a lieu en été, et est favorisé par des températures chaudes et des épisodes pluvieux. Les fruits sont impropres à la consommation.

Des stratégies à base de biocontrôle ont été expérimentées contre *Colletotrichum* sur pommier au sein d'un projet à **SudExpé** de 2019 à 2022. Une première conclusion de ces essais est l'importance de la prophylaxie : sortir les fruits atteints de la parcelle, enlever les momies qui sont une source d'inoculum de *Colletotrichum*, andainer et broyer les fruits pourris au sol. L'irrigation par aspersion favorise fortement la présence et le développement de *Colletotrichum* ; l'utilisation du goutte à goutte sur les parcelles ayant un fort historique est donc un levier important. En termes de biocontrôle, le Rhapsody, le Blossom Protect (2 souches d'*Aureobasidium pullulans*), l'Amylo X et le propionate de calcium expérimentés en 2019 n'ont eu qu'une efficacité très limitée (entre 0% et 20% par rapport au TNT). Seul le Soriale (phosphonate de potassium), expérimenté sur 3 ans a démontré une efficacité intermédiaire sur 2 ans (de 41% à 60%).

*Le biocontrôle seul ne permet actuellement pas de lutter contre le Colletotrichum sur pommier : il est nécessaire d'utiliser des leviers agronomiques en prophylaxie associés à des applications ciblées de substances actives efficaces.*

## 5.2. *Colletotrichum* sur noyer

Le noyer est touché depuis 2011 par un nouveau complexe fongique, notamment composé du genre *Colletotrichum*, qui provoque la nécrose du brou facilement reconnaissable en état avancé par la couleur orange des acervules, et un brunissement des noix les rendant non commercialisables.

Divers produits de biocontrôle en application tardive ont été étudiés sur noyer à la [Station de Creysse](#) entre 2016 et 2018. Néanmoins, après une première année sans pression, les résultats de 2017 et 2018 sur l'utilisation de traitements tardifs sont peu concluants. Les produits sont appliqués en curatif, à partir de l'apparition de symptômes de *Colletotrichum* et en cadence tous les 7 à 10 jours. Les applications des produits Microthiol (soufre), Curatio, Invelop (talc), Limocide + Flosul (soufre), Isomag (oxyde de magnésium), phosphonate de potassium, Myco-Sin (extrait de prêle + sulfate d'aluminium) témoignent de pourcentages de noix chutées présentant des symptômes de *Colletotrichum* identiques au témoin non traité, voire supérieurs (de 28% à 41% de noix chutées présentant des symptômes). **La gestion du *Colletotrichum* par du biocontrôle en application tardive (une fois le champignon déclaré) n'est pas concluante. Il semble en outre que l'humidité apportée par les traitements favorise le développement du champignon.** Les connaissances acquises au cours des projets CARIBOU (2019-2021) et MAGIC (2022-2026) complètent la description des symptômes sur fruits et rameaux nécrosés, ainsi que la mise en cause des champignons pathogènes. On y trouve des espèces de la famille des *Botryosphaeriaceae* principalement, dont *Neofusicoccum parvum* s'avère le plus agressif, et des genres *Diaporthe*, *Fusarium* et *Colletotrichum*. La compréhension des dynamiques de populations et de la pathogénicité des complexes fongiques se poursuit, en parallèle de la recherche de solutions de biocontrôle, notamment à base de micro-organismes antagonistes.

## 6. Bactériose sur noyer

Le terme bactériose désigne des maladies causées par des bactéries. De nombreuses cultures sont affectées par des bactérioses, provoquées principalement par les genres *Agrobacterium*, *Pectobacterium*, *Erwinia*, *Xanthomonas* et *Pseudomonas*. Sur noyer, la bactériose est due à *Xanthomonas arboricola* *pv.* *juglandis*. Elle affecte tous les organes en croissance. Les fruits développent de petites taches huileuses puis noirâtres sur les jeunes fruits. Les infections précoces provoquent la chute des fruits et les infections tardives rendent les fruits non commercialisables. Les pertes de récolte peuvent donc être lourdes. La bactériose du noyer est favorisée par l'humidité et l'augmentation des températures au printemps, ainsi que par les caractéristiques du sol, notamment le taux de matière organique et le pH.

Depuis 2018, la [Station de Creysse](#) teste l'utilisation de bactériophages (virus infectant uniquement des bactéries) pour lutter contre la bactériose du noyer, au sein des projets La Noix de demain (2018-2022) puis PHAG-2S (2022-2026). En partenariat avec l'entreprise chilienne AgroAdvance et l'université Paul Sabatier de Toulouse, des bactéries *X. arboricola* *pv.* *juglandis* et des bactériophages endémiques des vergers français, notamment de la [Station de Creysse](#), ont été identifiés et caractérisés. Les travaux de caractérisation et de sélection des bactériophages ont permis à AgroAdvance de formuler un premier produit de biocontrôle composé de plusieurs bactériophages et autres micro-organismes. Sur les quatre années d'application, dont deux à très faible pression, des tendances à une réduction des noix bactériosées et à une amélioration sanitaire s'observent. Les analyses PCR et qPCR réalisées chaque année posent la question du déplacement des phages vers les parcelles témoins, limitant le développement des bactéries sur l'ensemble de l'essai. Ce type d'analyse sera poursuivi au sein du nouvel essai PHAG-2S, dans la perspective de tester également une nouvelle formulation de phages créée par l'entreprise française Greenphage, partenaire du projet. Une nouvelle parcelle sera support d'essai, afin d'affiner la compréhension des dynamiques de populations de bactéries et de **poursuivre l'évaluation des bactériophages, solution innovante prometteuse.**



## Tableau de synthèse d'efficacité des produits testés sur les maladies en arboriculture

<sup>1</sup> : produit de biocontrôle tel que défini dans le code rural article L253-6

<sup>2</sup> : produit autorisé en Agriculture Biologique

**Important :** Les produits testés dans un cadre expérimental peuvent ne pas disposer d'autorisation de mise en marché (AMM) sur l'usage bioagresseur x culture en question. Charge à chaque utilisateur de vérifier si l'usage est autorisé à date, ou dispose d'une dérogation (AMM 120 jours).

**Vert :** résultats concluants/efficacité suffisante ; **Orange :** résultats moyens/aléatoires/variables selon les années ; **Rouge :** résultats mauvais ou non concluants ; **Vert rayé :** résultats intéressants mais pas assez de répétitions/années donc pas assez de recul ; **Orange rayé :** résultats moyens/aléatoires en tendance mais manque de recul pour conclure ; **Rouge rayé :** résultats mauvais sur les essais en question mais manque de recul pour conclure ; **Gris :** non testé.

Type	Nom commercial ou code	Composition	Moniliose abricot	Moniliose pêche	Moniliose prune	Cloque pêche	Tavelure pommier	MSCM	Colletotri-chum pommier	Colletotri-chum noyer	Bactériose noyer
Substances d'origine végétale	BESTCURE	Extrait d'agrumes									
	BROTTRUNK KANE	Ferments de céréales					+urée				
	AKIVI	Extrait d'inule visqueuse									
	MONICLEAN <sup>2</sup>	PNPP prêle, clous de girofle									
	LI-STAR	Lécithine					+urée, glucose				
	LIMOCIDE <sup>1,2</sup>	Huile essentielle d'orange								+ Flosul	
	PREV-GOLD <sup>1,2</sup>	Huile essentielle d'orange									
	VITAFRESH LIFE <sup>2</sup> , VITAFRESH SOFT	Cire									
	DECCONATUR	Cire									
	FONGIMIX <sup>2</sup>	Extraits de prêle et de bardane						+Hélio sol			
Substances d'origine minérale	MYCO-SIN	Soufre + extraits de prêle									
	N7	Azote									
	ARMICARB <sup>1,2</sup>	Hydrogénocarbonate de potassium									
	VITISAN <sup>1,2</sup>	Hydrogénocarbonate de potassium									
	KITAE <sup>2</sup>	Eliciteur des défenses naturelles à base de chlorhydrate de chitosan									
		Phosphonate de potassium									
	SORIALE <sup>1</sup>	Phosphonates de potassium									
		Propionate de calcium									
	CURATIO <sup>2</sup>	Polysulfure de calcium	+ Cuivrol								
	BNA Pro <sup>2</sup>	Hydroxyde de calcium									
	CALCIBLANC <sup>2</sup>	Hydroxyde de calcium									
	HELIOUSOUFRE <sup>1,2</sup>	Soufre									
	MICROTHIOL <sup>1,2</sup>	Soufre									
	Bouillie bordelaise <sup>2</sup>	Sulfate de cuivre									
	INVELOP <sup>2</sup>	Talc									
ISOMAG <sup>2</sup>	Oxydes de magnésium										
CHAMP FLO <sup>2</sup>	Hydroxyde de cuivre	+ Curatio									
YUCCA <sup>2</sup>	Oxychlorure de cuivre										
Champignons (dont levures)	BLOSSOM PROTECT <sup>1,2</sup>	<i>Aureobasidium pullulans</i>									
	BOTECTOR <sup>1,2</sup>	<i>Aureobasidium pullulans</i>									
	LALFRESH S <sup>1,2</sup>	<i>Clonostachys rosea</i>									
	JULIETTA <sup>1,2</sup>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>									
	LALBIOME	Extraits de <i>S. cerevisiae</i>									
	VINTEC <sup>1,2</sup>	<i>Trichoderma atroviride</i>									
	NOLI <sup>1,2</sup>	<i>Metschnikowia fructicola</i>									
Bactéries et virus	RHAPSODY <sup>1,2</sup>	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> souche QST713									
	AMYLO X <sup>1,2</sup>	<i>B. amyloliquefaciens</i> subsp. <i>plantarum</i>									
	TAEGR0 <sup>1,2</sup>	<i>B. amyloliquefaciens</i> souche FZB24									
	MICROSAFE	<i>Pseudomonas</i> sp.									
	BACILLUS EPS	<i>Bacillus</i> sp.									
	LACTOBACILLUS	<i>Bacillus</i> sp.									
	Virus bactériophages										

Les projets mentionnés dans cet article de synthèse ont bénéficié du concours financier de fonds publics du FEDER (Fond Européen de Développement Régional), d'INTERREG, du FEADER (Fond Européen Agricole pour le Développement Rural), de la région Occitanie, de l'agence de l'eau Rhône Méditerranée, de l'agence de l'eau Adour Garonne et d'Interfel (Interprofession des fruits et légumes frais).