

AGROFLASH

AGRONOMIE HEPIA AVRIL 2021

ÉDITO

Chères lectrices, chers lecteurs,

La lutte microbiologique, c'est une des formes de lutte biologique c'est-à-dire l'utilisation d'un organisme vivant pour contrôler ou détruire un autre organisme vivant nuisible aux plantes cultivées, soit comme ravageur soit comme pathogène, en utilisant les interactions entre espèces.

La lutte microbiologique c'est donc la mise à profit de connaissance écologiques, pour favoriser certaines espèces au détriment d'autres espèces nuisibles à l'agriculture. C'est donc l'utilisation de micro-organismes, bactéries et champignons, mais aussi de virus contre d'autres micro-organismes, contre des nématodes, des insectes, mais aussi des plantes adventices ou invasives.

Cette forme de lutte est moins connue que la lutte biologique utilisant des insectes prédateurs ou parasites d'autres insectes, mais son origine remonte à la même époque, la fin du 19^e siècle, où se sont développées en même temps la microbiologie et la phytopathologie. Les premières applications dans l'agriculture, basée sur les observations des relations entre espèces de microorganismes ou entre microorganismes et plantes datent aussi de la même époque, une époque où le choix de produits chimiques utilisables se limitaient au cuivre et au soufre et où donc la compréhension des relations de parasitisme et d'antagonisme entre espèces étaient porteuse de grand espoirs pour l'agriculture. Ce fut l'époque des premiers essais plein champs et aussi des premières déceptions, car leur application, mais surtout leur production industrielle demandait une grande compréhension de leur biologie et des moyens techniques pas encore disponibles. Dans le sillon de Louis Pasteur qui fut le premier à décrire des champignons et des bactéries pathogènes d'insectes, de nombreux essais seront conduits contre divers

insectes ravageurs en particulier en France jusque dans les années 20, c'est-à-dire jusqu'au moment où les premiers insecticides chimiques deviennent disponibles et mettront fin à l'engouement pour les champignons entomophages. Il faudra attendre les années 70 pour voir les premières productions industrielles de champignons et bactéries entomopathogènes en Europe, basées sur quelques souches de quelques espèces de *Beauveria bassiana* pour les champignons ou de *Bacillus thuringiensis* pour les bactéries entomopathogènes. Les champignons parasites de champignons sont aussi découverts très tôt. Les premières formulations commerciales par exemple d'*Ampelomyces quisqualis*, champignon parasite de l'oïdium de la vigne seront proposées à la fin des années 30 aux États-Unis, un produit qui sera finalement homologué en vigne tardivement en Suisse à la fin du 20^e siècle.

La lutte microbiologique a donc une longue histoire mais surtout maintenant un futur prometteur pour fournir des solutions de remplacement à des produits chimiques de synthèse problématiques pour la santé humaine et la biodiversité. Cette édition spéciale d'Agroflash est donc l'occasion de donner un aperçu de quelques développements récents de lutte microbiologiques mais aussi de biostimulants, des microorganismes bénéfiques à la croissance des plantes mais pouvant aussi présenter des propriétés antibactériennes, antifongiques ou encore entomopathogènes. En particulier une création originale sous la forme d'un reportage, du laboratoire aux serres de production en passant par la coopérative des agriculteurs de Genève donne une idée des débats dynamiques en cours et des attentes des paysans ou horticulteurs, car ils sont les premiers convaincus de la nécessité de changer d'agriculture mais avec de vraies solutions biologiques efficaces.

Dr. François Lefort

SOMMAIRE

Édito

La lutte microbiologique
Dr. François Lefort 1

Les biostimulants microbiens: un reportage à Genève
Inès Bächinger, Guillaume Thébaud,
Cecilia Guggisberg 2

Et si le Bt était l'avenir des biodéchets ?
Hélène Delille, Solveig Pletscher,
Sophia Corsi 3

***Bacillus subtilis*, une bactérie efficace pour contrôler les moisissures en post-récolte sur des agrumes ?**
Basile Jolissaint, Bénédicte Liardet,
Johann Würzer 4

Le champignon *Beauveria bassiana* contre la mouche de la cerise
Basile Veuthet, Kientega Wëndabo,
Célia Brodard 5

Beauveria bassiana*, un champignon entomopathogène pour contrôler la mouche blanche *Bemisia tabaci
Hélène Bettschart, Isamu Krieger,
Naser Yassine 6

Des champignons contre les aleurodes
Sarah Mottet, Stefano Zanzi,
Océane Gallay 7

Metarhizium anisopliae* contre les larves de *Scarabaeidae
Valentine Copt, Tim Isenegger,
Pauline Clerc 8

Comment lutter contre le carpocapse *Cydia pomonella* avec le nématode *Steinernema feltiae*
Marjory Balthazard, Déborah Suter,
Soraya Perreard—Garin 9

IMPRESSUM

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

CONTACT AGROFLASH:

Nadia Yousfi Picenni
nadia.picenni@hesge.ch

CONTACT AGRONOMIE LULLIER:

Site Lullier	Site Genève
Rue de Presinge 150	Rue de la Prairie 4
CH-1254 Jussy	CH-1202 Genève
t +41 22 546 68 12	t +41 22 546 68 55
agro.hepia@hesge.ch	

Les biostimulants microbiens : un reportage à Genève

Inès Bächinger, Guillaume Thébault, Cecilia Guggisberg

Depuis quelques décennies, de nouveaux produits apparaissent parmi les différentes options de traitement en agriculture : les biostimulants. Dans ce reportage, nous vous emmenons à la découverte de ces microorganismes qui font partie intégrante de la production agricole.

Pensé et développé dans le laboratoire Plantes et Pathogènes de HEPIA à Jussy (GE), le produit Hèlès, un biostimulant bactérien, est aujourd'hui un produit reconnu dans la lutte microbiologique, comme nous l'a expliqué Bastien Cochard, microbiologiste et développeur du produit en question. Utilisé pour garder les plantes saines et vigoureuses, ce biostimulant a fait ses preuves dans diverses cultures, tant horticoles que viticoles.

Les biostimulants microbiens présentent de nombreux avantages; peu chers et utilisés à de très faibles doses en pulvérisations préventives, ces produits naturels à base de bactéries et/ou de champignons permettent d'être économiquement très intéressants pour les producteurs genevois. De plus, leur utilisation ne se restreint pas à l'agriculture conventionnelle ; contrairement aux produits phytosanitaires toxiques pour l'environnement et dangereux pour la santé humaine, les biostimulants sont autorisés en agriculture biologique, étant donné qu'il s'agit de produits naturels. Leur inconvénient : soigner une plante déjà malade ne s'avère pas toujours fructueux.

La démarche de la lutte microbiologique est largement soutenue par le Cercle des Agriculteurs de Genève et par son directeur John Schmalz ; en effet, la mise en marché du produit Hèlès se fait notamment par cette coopérative bien connue des agriculteurs du canton. À Genève, 500 kg de biostimulants microbiens sont appliqués sur nos champs chaque année, à raison de 200g/ha. A l'échelle mondiale, différents biostimulants sont aujourd'hui largement utilisés, et ce marché représente des centaines de millions de francs de chiffre d'affaires par année.

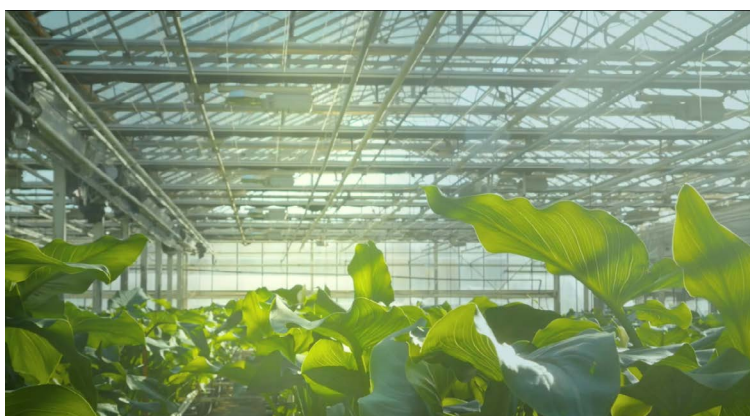
Chaque biostimulant présente des propriétés différentes suivant les microorganismes qu'il contient ; il y en a alors pour tous les goûts.

Du goût, il y en a dans les bouteilles issues du vignoble de Sébastien Favre, viticulteur à Meinier (GE). Menée en biodynamie depuis une dizaine d'années, la vigne de Monsieur Favre reçoit des pulvérisations de biostimulants en même temps que les différentes préparations biodynamiques. D'après Monsieur Favre, la vigne supporte mieux la sécheresse depuis que le Hèlès fait partie des traitements systématiques appliqués à la vigne.

De l'autre côté de Genève, à Satigny, un autre producteur se voit ravi des effets de Hèlès. Charles Millo dirige une entreprise horticole dont une des spécialités est le Calla. Cette plante est extrêmement sensible à une maladie bactérienne, qui, une fois

installée dans une culture, se propage et fait pourrir tous les tubercules. Hèlès s'est montré particulièrement efficace en traitement préventif sur sa culture, et est donc ajouté à l'arrosage deux fois par année afin d'assurer l'hygiène et la sécurité de la production.

Les biostimulants se révèlent donc être de très bons alliés tant pour la protection de la culture que pour la santé générale de cette dernière. Très abordable et facile d'application, les biostimulants sont à développer davantage afin qu'un jour, nous puissions peut-être renoncer totalement aux produits chimiques de synthèse.



À visionner
<https://vimeo.com/527726652>

Et si le Bt était l'avenir des biodéchets ?

Hélène Delille, Solveig Pletscher, Sophia Corsi

Transformer des déchets en ressources, voilà l'ambition que nourrissent depuis une dizaine d'années les acteurs de l'économie circulaire. C'est de Chine, semble-t-il, qu'est venue l'idée d'enrichir les déchets organiques d'origine urbaine avec des souches de *Bacillus thuringiensis* (Bt), une bactérie sporogène utilisée comme bioinsecticide depuis 1950.

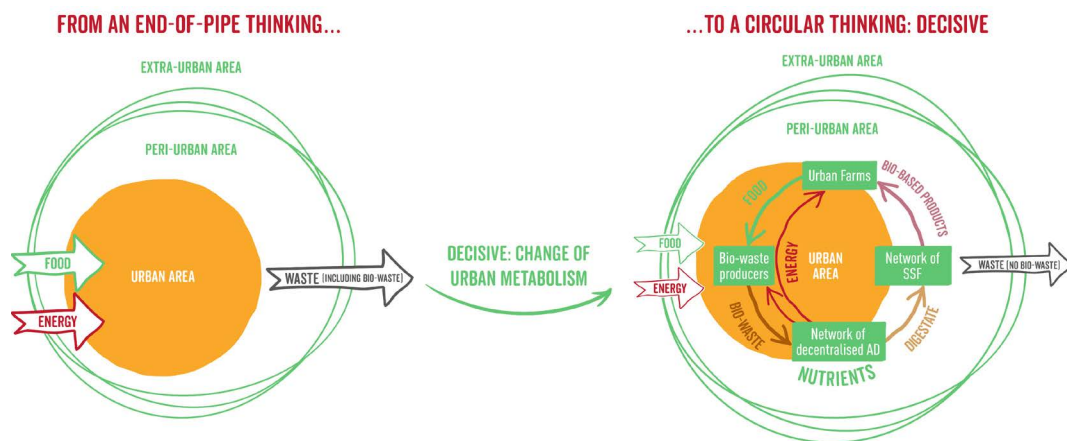
L'objectif de l'équipe de recherche de l'Université des Sciences et Technologie de Pékin était de faire du compost un véritable biopesticide à usage commercial. Un consortium de recherche européen lui a emboîté le pas en 2016, dans le cadre du programme de recherche DECISIVE financé par la Commission européenne. En effet, la promesse semble séduisante dans la mesure où elle poursuit un double objectif d'utilité publique : réduire la quantité de déchets urbains acheminés vers les incinérateurs et proposer une nouvelle solution de biocontrôle aux agriculteurs en apparence peu coûteuse à produire.

Les études publiées entre 2010 et 2020 montrent qu'il est possible de cultiver des spores de Bt par le biais du processus de fermentation solide (*Solid-state fermentation process*), à la place de l'habituelle production de Bt commercial

via le processus de fermentation par submersion (*Submerged fermentation process*), coûteux car mené en conditions stériles dans des installations sophistiquées.

Les chercheurs se sont heurtés à plusieurs difficultés qui, sans être insurmontables, laissent entrevoir un processus difficilement traduisible à l'échelle industrielle. En effet, le Bt est instable. Le succès de la sporulation est tributaire de facteurs tels que la température, le niveau d'aération ou le pH, qu'il est difficile de contrôler simultanément. Si les recherches ont montré qu'il était possible d'obtenir des spores de Bt en quantité satisfaisante et dotées de propriétés entomopathogènes par le biais de la fermentation solide, ces résultats s'avèrent moins concluants à

genevoise PôleBio, il serait intéressant de pouvoir valoriser davantage les digestats issus de la fabrication de biogaz grâce aux propriétés insecticides du Bt. Mais d'autres freins d'ordre culturel ne permettent pas d'envisager la création d'un nouveau débouché économiquement rentable. En effet, les agriculteurs genevois sont peu enclins aux changements de pratiques et il est improbable qu'ils consentent à payer un prix permettant de couvrir les frais de production d'un nouveau compost au Bt. Pour Samuel Stüssi, de l'entreprise Andermatt Biocontrol SA, le problème viendrait d'un manque d'homogénéité du matériau de départ - condition indispensable pour envisager une mise sur le marché - qui nuirait à la cohésion du produit. Enfin, les coûts liés à



Stratégie d'intervention du programme de recherche européen DECISIVE
Source: www.decisive.eu

mesure que l'on augmente la taille des réacteurs. Ainsi, il est bien trop tôt pour imaginer un usage à grande échelle de tels processus de fabrication de biopesticides.

Les acteurs de l'économie suisse interrogés semblent dubitatifs quant à l'opportunité d'investir dans la fabrication de composts enrichis en Bt. D'après Rémy Jaffray, directeur de l'entreprise

l'homologation de nouveaux produits s'avèreraient bien trop importants même pour une entreprise de leur envergure.

Ainsi, il est improbable que nous puissions prochainement acheter un compost au Bt issu de nos déchets de cuisine.

Bacillus subtilis, une bactérie efficace pour contrôler les moisissures en post-récolte sur des agrumes

Basile Jolissaint, Bénédicte Liardet, Johann Würzer

La production annuelle d'agrumes excède 140 millions de tonnes, et les pertes dues aux maladies fongiques de post-récolte représentent à elles seules 30 à 50 pourcents des pertes totales. En effet, différents pathogènes menacent la production des agrumes, aussi bien avant qu'après la récolte.

Les méthodes de lutte les plus largement répandues sont principalement chimiques et leur efficacité est prouvée.

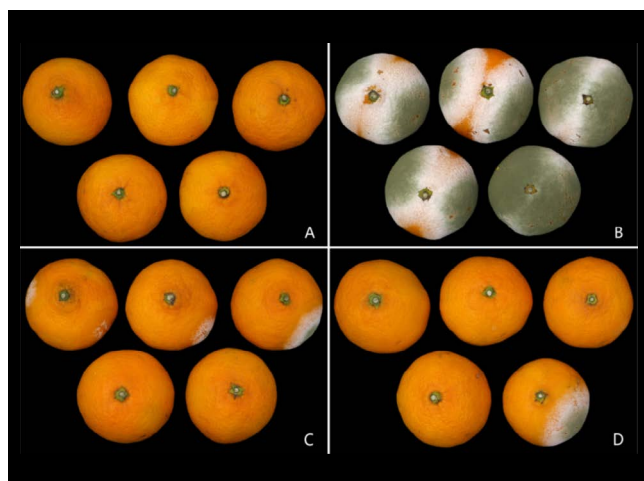
Les conséquences sanitaires et environnementales de l'utilisation prolongée de tels produits sont aussi mieux connues et interpellent les consommateurs. Les procédures d'homologations de mise sur le marché comme les réglementations d'usage deviennent plus strictes. De plus, des mécanismes de résistance sont apparues ces dernières années chez de nombreux organismes cibles. La recherche n'a cessé de développer des alternatives, notamment l'utilisation de bactéries antagonistes du genre *Bacillus*, qui sont principalement des bactéries du sol. Elles ont développé plusieurs mécanismes qui les rendent adaptées pour une lutte contre des champignons pathogènes en post-récolte; la synthèse de substances antimicrobiennes, la compétition face aux champignons et bactéries pathogènes pour l'espace et les nutriments mais provoque aussi une résistance induite chez la plante. Concernant ce dernier mécanisme, la production de lipopeptides cycliques, appartenant à 3 familles moléculaires en est la

cause: les fengycines, les iturines A et les surfactines.

Ces molécules ont des effets divers sur les défenses des végétaux : elles induisent chez les plantes une transcription de gènes de défense et de résistance, entraînant la synthèse d'enzymes de défense contre les pathogènes. De plus, l'iturine A et la fengycine montrent de fortes activités antifongiques contre *Penicillium digitatum*, contrairement aux surfactines. Ces dernières, ainsi que les fengycines déclenchent des mécanismes de défense chez la plante, à l'inverse de l'iturine A.

Le pari de savoir si *B. subtilis* pouvait se révéler au moins autant efficace que les produits chimiques en post-récolte sur des agrumes a été remporté haut la main. Le traitement avec la souche w176 de *B. subtilis*, qui n'est pas encore pleinement décrite, se montre hautement efficace dans la lutte contre la pourriture verte sur les agrumes, les résultats sont de 89 % de réduction de la maladie ce qui est très prometteur. Les travaux actuels démontrent de manière claire que l'augmentation de la population de la souche w176 de *Bacillus* peut contrôler la moisissure verte, ce qui rend possible de promouvoir son application dans la production d'agrumes. Ceci implique de nouvelles stratégies de contrôle des maladies en post-récolte et permettant d'améliorer la sécurité alimentaire.

Le contrôle total d'un pathogène en pré- ou post-récolte sur agrumes par lutte microbiologique seule n'est pas encore possible. De nombreuses études ont été menées pour connaître l'efficacité inhibitrice de cette souche de *Bacillus* en combinaison avec d'autres agents pour obtenir un contrôle qui serait le plus total possible sans avoir recours à la lutte chimique. Des études la combinant avec des sels, du bicarbonate de sodium ou de l'eau chaude ont en particulier montré que l'effet antagoniste de cette bactérie était alors plus prononcé.



Traitement contre pourriture verte sur agrumes:

Efficacité inhibitrice de 89% avec *Bacillus* sp. W176 et 54% avec filtrat.

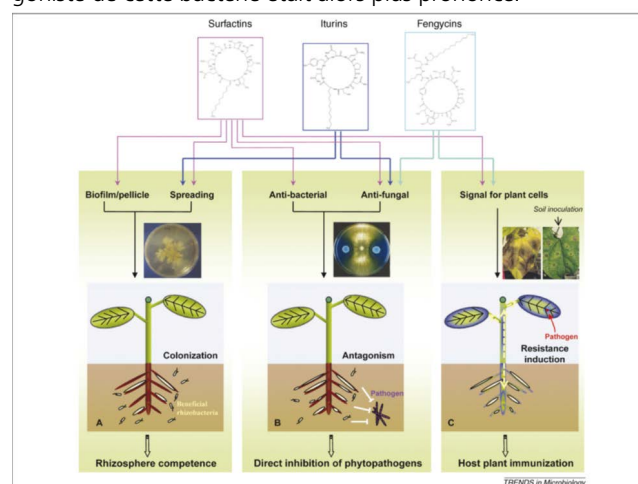
(A) 20 µL eau stérilisée

(B) 10 µL eau stérilisée & 10 µL conidie *P. digitatum*

(C) 10 µL filtrat de *B. subtilis* & 10 µL conidie *P. digitatum*

(D) 10 µL *Bacillus* sp. W176 & 10 µL conidie *P. digitatum*

source: TIAN, Zhonghuan, CHEN, Chuanwu, CHEN, Kai, LIU, Ping, FAN, Qijun, ZHAO, Juan et LONG,



Rôle des trois familles de lipopeptides

(A) Colonisation des racines et formation de biofilms

(B) Antibiose directe par inhibition de croissances des phytopathogènes

(C) Induction du système immunitaire de la plante (ISR)

source: ONGENA, Marc et JACQUES, Philippe, 2008. *Bacillus* lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends in Microbiology*. 1 mars 2008. Vol. 16, n° 3, pp. 115-125.

Chao-an, 2020. Biocontrol and the mechanisms of *Bacillus* sp. w176 against postharvest green mold in citrus. *Postharvest Biology and Technology*. 1 janvier 2020. Vol. 159, pp. 111022.

Le champignon *Beauveria bassiana* contre la mouche de la cerise

Basile Veuthet, Kientega Wëndabo, Célia Brodard,

La mouche européenne de la cerise, *Rhagoletis cerasi*, une petite mouche noire mesurant entre 4 à 5 mm de la famille des Tephritidae. Reconnaissable par ses ailes transparentes striées de bandes noires, elle ne s'attaque qu'aux cerises.

Même après l'apparition de la drosophile à ailes tachetées (*Drosophila suzukii*), cette mouche reste un des principaux ravageurs des cerisiers. Elle est particulièrement dévastatrice sur les variétés de cerises tardives et mi-tardives. Sans lutte ou prévention, les pertes sont très importantes voire totales. De plus, le marché de la cerise n'est pas très tolérant pour les fruits endommagés.

R. cerasi sort du sol entre mi-mai et début juillet. La femelle pond ses œufs 1 à 2 semaines après son envol. Son ovipositeur lui permet de perforer l'épiderme de cerises mures et d'y pondre son œuf. La larve consomme la chair du fruit et une fois son développement terminé, elle sort du fruit, se laisse tomber au sol et s'enfonce dans la couche superficielle du sol. Elle se change en puppe pour passer l'hiver, mais si elle peut y rester 2 à 3 ans si les conditions ne sont pas favorables.

Diverses méthodes de lutte ont été développées, dont l'utilisation d'un champignon entomophage, de l'espèce *Beauveria bassiana*, qui agit comme un parasite et se nourrit de nombreuses espèces d'insectes comme les termites, les criquets ou la mouche de la cerise. Il est naturellement présent dans les sols couverts et non-cultivés, notamment sous les haies vives. Il appartient à la division des Ascomycètes et à la famille des Cordycipitacées.

Le mode d'infection de *B. Bassiana* se divise en quatre étapes distinctes qui sont l'adhésion, la germination, la différenciation et la pénétration.

Lorsque ses spores entrent en contact avec le corps de l'hôte, soit par ingestion, par la cuticule ou par les orifices, elles germent sur celui-ci et pénètrent l'intérieur du corps, tuant finalement l'insecte en l'utilisant comme source de nourriture. Une moisissure blanche se développe sur le cadavre, produisant de nouvelles spores. L'insecte contaminé est également un vecteur de contamination jusqu'à sa mort et est condamné en 3 à 10 jours.

En Suisse, ce champignon est commercialisé par Andermatt Biocontrol® sous le nom Naturalis-L®. Il est appliqué sur les cerisiers depuis le début de la véraison jusqu'au début de la récolte. Il peut être appliqué seul ou en mélange avec d'autres insecticides, mais il n'est pas recommandé de le mélanger avec la plupart des fongicides, faute de compatibilité.

Contrairement à une matière active de synthèse, le Naturalis-L® ne laisse pas de résidus dangereux sur la cerise ce

qui est apprécié par le consommateur et une préoccupation de moins pour le producteur.

En effet, Naturalis-L® peut être appliqué jusqu'à 7 jours avant la récolte ce qui est inenvisageable avec des matières actives de synthèse.

Toutefois, il faut garder en tête qu'il s'agit d'un produit vivant et il ne supporte pas des températures supérieures à 35°. La conservation et l'application doivent donc s'effectuer dans de bonnes conditions de température.



Figure 1 Mouche de la cerise atteinte et tuée par le champignon *Beauveria bassiana*

Source : <https://www.bioactualites.ch/actualites/nouvelle/reguler-la-mouche-de-la-cerise-avec-naturalis-l.html>



Figure 2 Larves de *Rhagoletis cerasi* dans une cerise

Source : <https://www.bioactualites.ch/cultures/arboriculture-bio/protection-des-plantes/ravageurs-arboricultures/lutte-mouche-de-la-cerise.html>

Hoffmann, JA, JL Dimarcq, and P Bulet. 1992. «Les Peptides Antibactériens Inductibles Des Insectes.» *Médecine/Sciences* 8 (5): <https://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/3159>.

Mazzi, Auteurs Dominique, and Stefan Kuske. 2016. «Mouche de La Cerise – *Rhagoletis Cerasi*» L: 1–3.

Millet, Rémy, Guillaume Joray, Robin Sonnard, and Antoine Hegetschweiler. 2018. «*Beauveria Bassiana*, Vers Une Lutte Microbiologique Intégrée ?» *Agroflash*, 4.

«Mouches de La Cerise - Ravageurs Des Arbres Fruitiers.» n.d. Accessed January 26, 2021. https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/arboriculture/ravageurs_des_arbres_fruitiers/mouche_de_la_cerise/

Kouassi, Mathias de, and Mathias de. 2001. «Les Possibilités de La Lutte Microbiologique.» *Http://Journals.Openedition.Org/Vertigo*, no. Volume 2 Numéro 2 (October). <https://doi.org/10.4000/VERTIGO.4091>.

«Réguler La Mouche de La Cerise Avec Naturalis-L.» n.d. Accessed January 26, 2021. <https://www.bioactualites.ch/actualites/nouvelle/reguler-la-mouche-de-la-cerise-avec-naturalis-l.html>.

«*Beauveria Bassiana* — Wikipédia.» n.d. In . Accessed January 26, 2021. https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Beauveria_bassiana&oldid=172388095

Beauveria bassiana, un champignon entomopathogène pour contrôler la mouche blanche Bemisia tabaci

Hélène Bettschart, Isamu Krieger, Naser Yassine

Polyphage s'attaquant à plus de 900 espèces végétales, Bemisia tabaci occasionne des dégâts directs par la succion de sève, l'excrétion de miellat, des dommages indirects par la fumagine noire ou par la transmission de virus (BGMV, TYLCV). Les pertes économiques sont telles que la lutte contre l'organisme est réglementée (France). Etant donné les risques sanitaires et environnementaux que représente la lutte chimique, et afin de prévenir l'apparition de résistances, la lutte biologique et microbiologique suscitent un intérêt.

En 2016, les recherches sur l'utilisation de *Beauveria bassiana* à des fins phytosanitaires se sont avérées concluantes et ont démontrés son efficacité notamment sur le stade oeuf de l'insecte (pupe et imago dans une moindre mesure) 1.

Présent naturellement dans le sol, il se comporte comme un parasite pour divers insectes (doryphore, pyrale, puceron) 2 en provoquant des maladies, principalement la muscardine blanche. L'organisme fongique se développe en utilisant son hôte comme source de nourriture et finit par le tuer. Un feutrage blanc (le mycélium) se développe sur le cadavre, produisant de nouvelles spores. Auparavant, l'individu contaminé aura véhiculé le pathogène lors de ses déplacements en affectant ses semblables.

Le mode d'infection est direct et repose sur la capacité des spores à se poser sur la surface chitineuse, à germer et à la pénétrer grâce à des pressions enzymatiques et mécaniques 3. Elle se réalise en 4 phases distinctes: l'adhésion, la germination, la différenciation et la pénétration. Cette dernière dépend de la composition chimique de la cuticule. Une fois dans l'hémolymphe, les spores subissent une différenciation morpho-génétique en blastospores ou en conidiospores et colonisent l'insecte en le consommant. Le cycle entier de l'infection à la mort de l'individu varie entre 3 et 10 jours, puis des conidies se développent sur sa cuticule commençant un nouveau cycle.

L'infection dépend cependant du succès des différentes phases et celles-ci sont confrontées à la défense immunitaire et l'excrétion de toxines de l'hôte, notamment en favorisant la mélanisation, la phagocytose, l'encapsulation et les réactions

cytotoxiques, inhibant ainsi la croissance des hyphes et la germination des spores.

Des facteurs abiotiques et comportementaux peuvent également influencer l'adhésion des spores lors de la première phase. La synergie entre le toilettage de l'aleurode, son enfouissement dans le sol et les conditions climatiques (température, pluie, vent, humidité) peuvent limiter l'infection du pathogène.

Aujourd'hui, des souches ont été isolées et commercialisées sous le nom de BotaniGard, Mycotrol, Naturalis-L, ou Bioceres®. Ces produits sont miscibles avec d'autres produits (insecticides, acaricides, engrais) mais il est conseillé de vérifier la compatibilité au cas par cas pour les fongicides. Le mode d'application se fait par pulvérisation foliaire pour un effet contact sur et sous le feuillage, idéalement entre 18-29 °C pour une Hr > 60 %. La plupart de ces produits sont homologués en production biologique mais ils peuvent aussi impacter certains auxiliaires des cultures (par exemple Coccinellidae ou *Amblyseius. swirskii*). Il conviendra donc de réfléchir à l'intégration de *Beauveria bassiana* dans une stratégie globale de lutte intégrée associant plusieurs méthodes.



Pour en savoir plus :

1) B. Assadi, R. Ettaib, A.B. Belgacem, A. Larayedh, F. Aoun, M. Sadok Belkhadi. (2016). Etude de l'effet du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* contre *Bemisia tabaci* sous serres géothermiques. Revue des Régions Arides, 43, pp.845-850. Numéro spécial – Actes du 5^e Meeting International sur l'Aridoculture et les Cultures Oasiennes : Biotechnologie végétale en zones arides et oasiennes, Zarzis (Tunisie).

2) M.S. Goettel. (2011). Biological control of locust and grasshoppers. Wallingford, UK : CAB. International, pp. 122-130.

3) R.J.S. Leger, R.C. Staples, D.W. Roberts. (1993). Entomopathogenic Isolates of *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, and *Aspergillus flavus* Produce Multiple Extracellular Chitinase Isozymes. J. Invertebr. Pathol. 61, pp. 81-84-

Des champignons contre les aleurodes

Sarah Mottet, Stefano Zanzi, Océane Gallay

Les aleurodes sont considérés comme l'un des ravageurs causant les plus importants dégâts économiques dans les cultures maraîchères, sous serres ou les grandes cultures telles que le coton ou le soja. Les espèces *Bemisia tabaci* et *Trialeurodes vaporariorum* sont particulièrement nuisibles à cause de leurs caractéristiques de piqueurs-suceurs polyphages et transmetteur de virus. Le contrôle phytosanitaire de ces espèces s'est compliqué ces dernières années suite au développement de résistances aux molécules chimiques, c'est pourquoi la recherche s'est tournée vers des méthodes alternatives telles que la lutte biologique.

Lecanicillium lecanii est reconnu comme une espèce de champignon entomopathogène, dont les hôtes principaux sont les aleurodes et les pucerons. Son développement sur ses différents hôtes se déroule en plusieurs phases : après l'attachement à l'insecte, ses conidies germent à la surface de la cuticule avant de la pénétrer grâce à son tube germinatif et d'y proliférer en consommant le corps de l'hôte. La dernière étape consiste à développer son mycélium à l'intérieur et à l'extérieur de l'hôte pour le momifier et sporuler à sa surface pour recommencer un cycle.

En pratique, plusieurs paramètres influencent la réussite du traitement : la croissance et la germination des spores sont influencées par la température, l'optimum se situant à 25°

alors que la sporulation sur la cuticule de l'insecte après sa mort requiert une humidité relative élevée, de l'ordre de 75% et plus. Le stade de l'insecte cible joue aussi un rôle : les larves et les nymphes sont plus sensibles que les adultes, et les œufs très peu sensibles. La dose de l'inoculum a elle-aussi son importance : plus elle est élevée plus le traitement est efficace. L'application du traitement doit être réalisée aux premiers stades de croissance de la culture, lorsque le nombre de ravageurs est faible. Il est important que le produit soit directement en contact avec le ravageur car le champignon a une mobilité très réduite. La compatibilité avec l'usage des produits phytosanitaires requiert aussi une attention lors de l'utilisation de souches de *Lecanicillium lecanii* puisque la germination des spores et la croissance des hyphes peuvent être inhibées.

Concernant la production commerciale du champignon il existe deux méthodes : la fermentation liquide et la fermentation solide. Les substrats les plus adaptés à la production sont le riz, le blé et le sorgho combinés à des substrats liquides ou solides comme de l'eau de noix de coco ou la carotte pour la phase de fermentation.

Aujourd'hui, ce biopesticide est commercialisé en Europe principalement sous les noms de Mycotal et Vertalec. Malgré l'appellation de « pesticide biologique », il ne faut pas sous-estimer la toxicité du produit, notamment vis-à-vis des auxiliaires prédateurs et parasitoïdes, mais aussi des insectes pollinisateurs. Il a notamment été observé que l'émergence des adultes et la longévité de l'insecte parasitoïde *Trichogramma chilonis* sont affectées négativement par la présence de *Lecanicillium lecanii*.

Par ailleurs, il existe d'autres moyens de lutte biologique contre l'aleurode, tels que le champignon entomopathogène *Aschersonia aleyrodís* dont l'utilisation est déjà courante en Europe, l'acarien *Amblyseius swirskii* ou la guêpe parasite *Encarsia formosa*.



Figure 1: *Verticillium lecanii* colonisant une larve d'aleurode

Source : <https://www.koppert.fr/mycotal/>



Figure 2 : Larves et adultes d'aleurodes

Source : <https://dissolve.com/stock-photo/Agriculture-Sweetpotato-whitefly-Bemisia-tabaci-nymphs-royalty-free-image/101-D869-78-407>

Metarhizium anisopliae contre les larves de Scarabaeidae

Valentine Copt, Tim Isenegger, Pauline Clerc

Identifiée il y a environ 140 ans, *Metarhizium anisopliae* est devenue récemment une espèce incontournable de la lutte microbiologique et représente une alternative écologique aux insecticides de synthèse. Classée dans l'ordre des Hypocéréales, cette espèce fait partie de la famille des Clavicipitaceae anamorphoses, contenant nombre de champignons parasites des arthropodes. Leur forme anamorphe présente l'avantage d'être facile à produire et donc facilement commercialisable : on les trouve en spray, en poudre ou en granulés à appliquer dans le sol, sur le feuillage, dans l'eau, voire ou même sur la literie pour lutter contre les moustiques vecteurs de maladie.

Leur processus d'infection, par voie percutanée, est divisible en 4 phases : l'adhésion, la germination, la pénétration et la dissémination. L'adhésion consiste à l'adhérence des conidies



sur la cuticule de l'hôte, grâce à des interactions hydrophobes entre la couche lipidique qui recouvre la cuticule de l'hôte et la surface des conidies. Une fois fixées, celles-ci vont pouvoir germer et produire un appressorium à l'aide de protéases, de chitinases et de lipases sécrétées par l'entomopathogène. Il permet aux conidies de pénétrer dans l'épicuticule de l'hôte en dégradant ses principaux constituants. L'efficacité de *M. anisopliae* dépendra principalement du système immunitaire et du stade de développement de l'hôte, mais aussi de la température et de l'humidité. Après la pénétration, les hyphes se différencient sous forme de blastospores, permettant au champignon de s'établir dans d'autres tissus de l'hôte, d'assimiler ses nutriments et de le tuer relativement rapidement. Pour accélérer la mort de l'hôte et favoriser son développement lors de la pénétration des hyphes, synthétise aussi des mycotoxines, les destruxines.

En Suisse, la méthode généralement utilisée contre les *Scarabaeidae* consiste à traiter les zones infestées avec des grains d'orge stérilisés et colonisés par *M. anisopliae*. Les produits phytosanitaires homologués à base de sont le *GranMet GR*, le *Metapro*, le *Metarhizium Schweizer* et le

Metarhizium-Maschinenring, utilisés contre les différents hannetons (*Amphimallon solstitiale*, *Phyllopertha horticola*, *Melolontha melolontha*). Depuis quelques dizaines d'années, le problème des hannetons est maîtrisé en Suisse, notamment grâce à l'utilisation de *M. anisopliae*.

Une étude coréenne de 2020 s'est portée sur l'impact de l'isolat *Metarhizium anisopliae* JEF-314, introduite via des granulés de culture à base de millet, sur *Protaetia brevitarsis seulensis*, une espèce de *Scarabaeidae* largement distribuée en Asie et dans certaines régions d'Europe qui provoque encore des dégâts importants au gazon et aux plantes ornementales en se nourrissant des racines. Les résultats ont montré que la concentration testée la plus élevée, était hautement toxique pour les larves de coléoptères, tuant $66,39 \pm 12,22\%$ des larves en 15 jours. Pour atteindre cette efficacité, l'étude recommande d'appliquer les granulés à la fin du printemps et en été, lorsque le premier stade larvaire commence à éclore et que l'espèce commence à être le plus sensible au champignon. Ainsi, la lutte biologique ayant le vent en poupe, la recherche sur *M. anisopliae* et les champignons entomopathogènes en général est promise à un bel avenir.

Pour en savoir plus

CHANDLER, D., 2017. Chapter 5 - Basic and Applied Research on Entomopathogenic Fungi. In : LACEY, Lawrence A. (éd.), *Microbial Control of Insect and Mite Pests* [en ligne]. Academic Press. pp. 69-89. [Consulté le 24 janvier 2021]. ISBN 978-0-12-803527-6. Disponible à l'adresse : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128035276000056>

KELLER, Siegfried, KESSLER, Philip et SCHWEIZER, Christian, 2003. Distribution of insect pathogenic soil fungi in Switzerland with special reference to *Beauveria brongniartii* and *Metarhizium anisopliae*. *BioControl*. 1 juin 2003. Vol. 48, n° 3, pp. 307-319. DOI 10.1023/A:1023646207455.

KIM, Sihyeon, KIM, Jong Cheol, LEE, Se Jin, LEE, Mi Rong, PARK, So Eun, LI, Dongwei, BAEK, Sehyeon, SHIN, Tae Young, GASMI, Laila et KIM, Jae Su, 2020. Soil Application of *Metarhizium anisopliae* JEF-314 Granules to Control, Flower Chafer Beetle, *Protaetia brevitarsis seulensis*. *Mycobiology*. 3 mars 2020. Vol.

48, n° 2, pp. 139-147. DOI 10.1080/12298093.2020.1735765.

Office fédéral de l'agriculture OFAG – Index des produits phytosanitaires, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 24 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.psm.admin.ch/fr/wirkstoffe/960>

ZIMMERMANN, Gisbert, 2007. Review on safety of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*: *Biocontrol Science and Technology*: Vol 17, No 9]. [en ligne]. [Consulté le 24 janvier 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09583150701593963>

ZIMMERMANN Gisbert, 1993. The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and its potential as a biocontrol agent. *Pesticide Science*. 1993. Vol. 37, n° 4, pp. 375-379. DOI <https://doi.org/10.1002/ps.2780370410>.

SCHRANK, Augusto et VAINSTEIN, Marilene Henning, 2010. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. *Toxicon*. 15 décembre 2010. Vol. 56, n° 7, pp. 1267-1274. DOI 10.1016/j.toxicon.2010.03.008.

KERSHAW, M.J., MOORHOUSE, E.R., BATEMAN, R., REYNOLDS, S.E. et CHARNLEY, A.K., 1999. The Role of Destruxins in the Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* for Three Species of Insect. In : *Journal of Invertebrate Pathology*. novembre 1999. Vol. 74, n° 3, pp. 213-223. DOI 10.1006/jipa.1999.4884.

Comment lutter contre le carpocapse, *Cydia pomonella* avec le nématode, *Steinernema feltiae*.

Marjory Balthazard, Déborah Suter, Soraya Perreard—Garin

En Suisse, le fruit le plus consommé est la pomme, avec en moyenne 18 kg par personne et par an. Son principal ravageur est un lépidoptère, *Cydia pomonella*, aussi appelé carpocapse des pommes et des poires. Dans les vergers de pommes suisses non traités, le papillon est responsable de plus de 50% des dégâts. De plus, il est un ravageur des abricotiers, pruniers, cognassier, et des noyers. Pour diminuer les pertes engendrées à la récolte, l'utilisation de *Steinernema feltiae* est devenu un moyen de lutte commun.

Ce vers microscopique (nématode) que l'on retrouve naturellement dans les sols, est dit entomophage, il se nourrit d'insectes. Son cycle de développement est typique des nématodes œufs, quatre stades larvaires, stade adulte. C'est lors du troisième stade larvaire qu'il est efficace contre *Cydia pomonella*. A ce stade, la larve est capable de se mouvoir et de pénétrer dans les larves de *Cydia pomonella* à travers les orifices naturels, contrairement aux nématodes adultes qui sont de taille trop importante. Le nématode est associé à des bactéries symbiotiques du genre *Xenorhabdus*, ce qui lui permet, une fois à l'intérieur de l'hôte, de relâcher les bactéries qui vont envahir l'hôte et provoquer sa mort. Le nématode profite alors de cette source de nourriture pour se développer et se reproduire. Au cycle suivant, une nouvelle génération de nématodes sort du cadavre à la recherche de nouveaux hôtes.

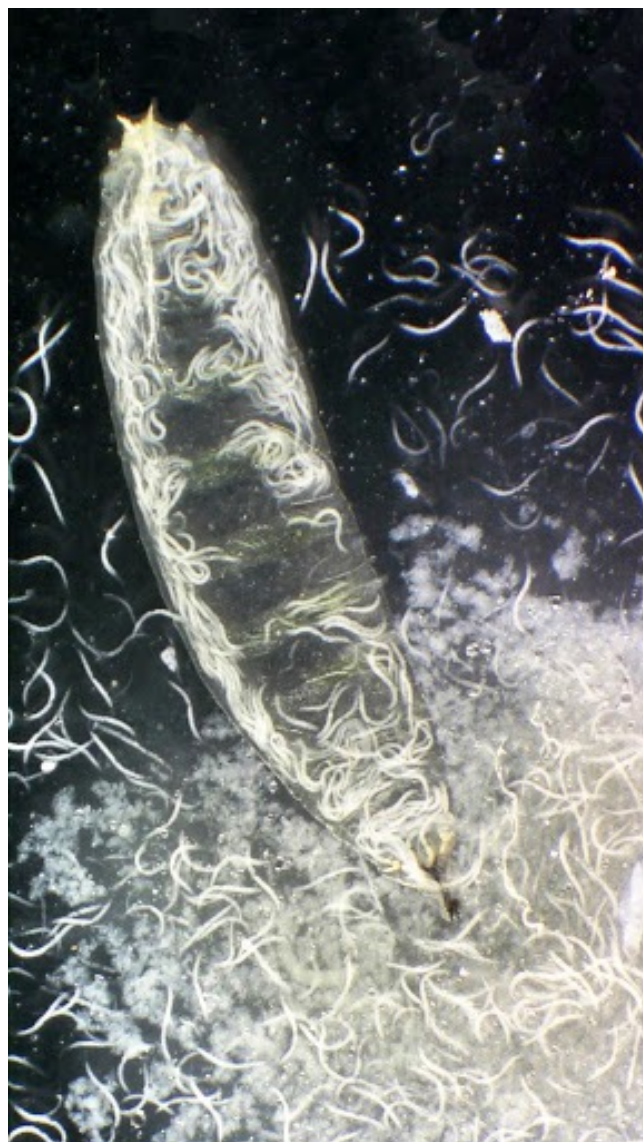
L'application des nématodes doit avoir lieu entre le mois d'octobre et novembre, au moment où les larves de *Cydia pomonella* quittent le fruit pour rejoindre soit le sol, soit les anfractuosités des arbres afin de rentrer en diapause. La température et l'hygrométrie du milieu lors de l'application sont les éléments clés auxquels il faut prêter attention lors de l'application. En effet, le verger à traiter doit être humide et maintenu humide dans les 24 heures qui suivent le traitement. L'intérêt majeur de la lutte à l'aide des nématodes, c'est qu'elle ne présente aucune toxicité ni rémanence dans l'environnement. De plus, les nématodes de cette espèce ne sont pas soumis à homologation car ils font partis des organismes indigènes autorisés en Suisse et en Europe.

Si les conditions d'application et de dosage sont bien respectées, c'est une des méthodes les plus efficaces, ne présentant pas de résistance et utilisable en agriculture biologique.

Un problème rencontré avec *Steinernema feltiae* réside cependant dans sa faible sélectivité, autrement dit un spectre

d'hôtes trop large. Le nématode peut s'attaquer en effet aux larves de plusieurs espèces d'insectes, notamment des insectes bénéfiques. Mais cette particularité peut aussi être vue comme un avantage puisque *Steinernema feltiae* représente un insecticide naturel à large spectre s'attaquant aux ravageurs des cultures tel que les taupins, les hoplocampes (*Hoplocampa testudinea*) ou encore aux sésies du pommier (*Synanthedon myopaeformis*).

Il existe néanmoins aussi d'autres moyens de lutte contre *Cydia pomonella* tel que les piégeages des larves, la confusion sexuelle, l'utilisation de bioinsecticides ou encore les traitements à la carpovirusine, qui pourront être utilisés combinés ou non en fonction des besoins et des moyens de l'agriculteur.



Le Lien Horticole. « *Steinernema feltiae*: un nématode entomopathogène ». Steinernema. Classe : Némathelminthes. © Prof. Urs Wyss <http://www.lienhorticole.fr/produire/steinernema-feltiae-unnematode-entomopathogene-1,11,2129356653.html>.