



Formulaire de rapport intermédiaire projet de recherche¹

| | |
|---|---|
| Titre du projet max. 100 Zeichen | Produire des abricots biologiques - ABBIO |
| Mots-clés min. 3 bis max. 5 Stichworte | Moniliose, sensibilité variétale, réseau d'observations, QTL, SAM |
| Auteur/e Name(n) / Adresse(n) | Danilo Christen , Agroscope, Domaine de recherche Systèmes de production Plantes, 1964 Conthey, danilo.christen@agroscope.admin.ch Flore Lebleu , Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL, Antenne romande FiBL, 1001 Lausanne, flore.lebleu@fibl.org Jorge Del Cueto (Agroscope), Patrick Stefani , Thomas Oberhaensli (FiBL), Julien Héritier (Médiplant) |
| Accompagnement OFAG Name(n) / Bereich(e) | Pierre Schauenberg, Marianne Glodé / Secteur Produits végétaux Valérie Page / Secteur Recherche, vulgarisation et évaluation |
| Durée du projet Start- / Enddatum, effektiv | 01.09.2016 – 31.08.2019 |
| Coûts totaux in CHF, effektiv | CHF 1'215'000.- |
| Contribution OFAG in CHF / in % der Gesamtkosten | CHF 900'000.- |
| Autres sources in CHF / Institution(en) | CHF 312'000.- |

Résumé

Kernaussagen zu Zielsetzung, Resultaten, Diskussion und Fazit, max. 3'000 Zeichen (mit Leerzeichen)

Les résultats obtenus dans la 2^{ème} année de ce projet confirment les premiers résultats observés l'année précédente et clarifient certains points en vue d'atteindre l'objectif principal de permettre une rentabilité durable de la production biologique d'abricots.

La stratégie de gestion de la moniliose basée sur l'évaluation de produits d'origine naturelle a permis de confirmer le potentiel des produits Agapan et Vitsan+Soufre+Abio comme alternatives au cuivre contre la moniliose sur fleurs, selon les essais in-vitro. Malheureusement la faible disponibilité du produit Abio n'a pas permis son utilisation au verger. Dans les différents essais au verger, le mélange Vitsan + soufre + cuivre atteint la meilleure efficacité. Un nouveau produit à base d'extrait de lupin montre un bon potentiel, également en complément à Vitsan + soufre.

- **Il semble que l'utilisation d'une seule matière active ne pourra pas complètement protéger contre les attaques de moniliose sur fleurs.**

La stratégie de gestion de la moniliose basée sur la sensibilité variétale a permis d'établir une liste de recommandations variétales adaptées à la culture biologique, peu sensibles à la moniliose, elle sera éditée prochainement. Des différences de sensibilité sont constatées

¹ Die folgenden Angaben bis und mit Zusammenfassung werden nach der Genehmigung des Schlussberichts im Informationssystem ARAMIS (<http://www.aramis.admin.ch/>) erfasst (finanzielle Angaben sind nicht öffentlich).

entre 2017 et 2018 mais deux variétés semblent confirmer leur faible sensibilité : Congat et Farbaly.

- Les différences annuelles pour une même variété, ainsi que les différences d'infections au niveau local suggèrent que le stade phénologique influence grandement l'étendue de l'infection.

La stratégie de gestion de la moniliose basée sur la création variétale a permis de trouver une grande variabilité phénotypique grâce aux tests réalisés sur les fleurs et les branches de la population bi-parentale. Une grande variabilité de phénotypes des fruits de différentes variétés internationales a également été mise en évidence. La méthodologie d'évaluation de *Monilia laxa* par inoculation de la branche via un rond de mycélium sur milieu de culture pourrait être un bon phénotypage afin d'obtenir une QTL de résistance à la Monilia. De plus, il pourrait s'agir d'un nouveau moyen d'évaluation de la moniliose.

- Cette méthode pourrait être un bon marqueur phénotypique de mécanismes constitutifs de résistance.

D'autre part, l'évaluation des quantités de phénols dans les branches en réponse à l'infection de Monilia, a confirmé le lien entre l'acide chlorogénique, les autres phénols présents dans la plante et le niveau d'infection de Monilia. Dans ce sens, plusieurs génotypes vont être évalués afin d'obtenir une autre QTL de résistance à la Monilia basée sur les niveaux de phénols de la plante après l'infection.

- Cette méthode pourrait être un bon marqueur phénotypique de mécanismes biochimiques de résistance et de nouveaux QTLs pourront vraisemblablement être identifiés.

Les premières communications concernant les aspects techniques du projet ont été réalisées.

Nous tenons à remercier les partenaires qui soutiennent financièrement le projet :

- OFAG
- Biovalais et producteurs
- IFELV
- Service d'Agriculture du Valais (OCA-VS)
- Andermatt Biocontrol
- COOP Suisse

Nous tenons à remercier les partenaires internationaux qui collaborent activement au projet :

- INRA Avignon
- Groupe de Recherche en Agriculture Biologique (GRAB)

Der/Die Autor/in bestätigt, dass alle Angaben im vorliegenden Formular korrekt sind und dass die wissenschaftliche Integrität im abgeschlossenen Forschungsprojekt gewährleistet wurde².

Ort/Datum:

Unterschrift(en)

Lausanne, 31.8.2018



Die folgenden Angaben können ganz oder teilweise mit einer Beilage oder einem Schlussbericht, der bei anderen Stellen eingereicht wurde (KTI, SNF etc.), ersetzt oder ergänzt werden.

² Das BLW versteht unter der wissenschaftlichen Integrität in Übereinstimmung mit den Akademien der Wissenschaften Schweiz und dem Schweizerischen Nationalfonds die Selbstverpflichtung der Forschenden, sich an die Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis zu halten. Wir verweisen in diesem Zusammenhang auf die [Grundsätze und Verfahrensregeln der Akademien der Wissenschaften Schweiz](#).

| |
|--|
| Situation de départ / problématique |
| La production biologique d'abricots n'est actuellement pas rentable. L'obstacle principal à une rentabilité durable est la moniliose, une des maladies importantes des abricotiers. En fonction des régions et des conditions climatiques, les symptômes peuvent s'exprimer de façon différente comme le dépérissement des branches. Les traitements en culture biologique ne sont souvent pas efficaces. Aucune source de résistance totale n'est connue actuellement, néanmoins, certaines variétés peuvent présenter des niveaux de tolérance intéressants. |
| Objectif / Questionnement |
| L'objectif principal de ce projet est donc d'évaluer diverses stratégies de gestion de la moniliose, afin de permettre une production d'abricots plus sûre et rentable en culture biologique. |
| Méthodes / Procédures |
| Le projet sera organisé en 4 axes comprenant: (1) Protection contre le pathogène, (2) Tolérance variétale, (3) Création variétale, (4) Transfert des connaissances. Les méthodes utilisées permettront d'atteindre ces objectifs à court terme, avec l'évaluation de l'efficacité de nouveaux produits, à moyen terme, avec le suivi de la sensibilité variétale en vergers et à long terme, avec la création variétale. |
| Résultats |

Axe A1 : Protection contre le pathogène (Lead : Flore Lebleu, Fibl; partenaires participants : Agroscope, Biovalais et producteurs, Andermatt Biocontrol)

1.1. Essais produits parcelles Agroscope et Dessimoz (Biofruits)

Deux parcelles ont été mises à disposition pour les essais conduits en Valais. Une première parcelle de la variété Bergeron située sur le domaine des Fougères d'Agroscope à Conthey, plantée en 2013, sur laquelle des momies ont été suspendues au sommet des abricotiers afin d'augmenter l'inoculum. Une seconde parcelle de la variété Bergeval plantée en 2008 et située à Vétroz, avec un historique d'attaque de monilia important.

Les produits suivants ont été testés en suivant les conseils de la firme Andermatt Biocontrol, afin de tester l'efficacité de divers produits contre la moniliose sur fleurs :

1. Témoin non traité
2. Vitisan 4,8 kg/ha + Soufre mouillable Stulln 4,8 kg/ha
3. Vitisan 4,8 kg/ha + Soufre mouillable Stulln 4,8 kg/ha + F-17-aa 2 L/ha
4. Curatio (=Bouillie sulfo-calcique) 38 L/ha (1^{ère} application) puis 25 L/ha
5. Curatio (=Bouillie sulfo-calcique) intensif 38 L/ha (1^{ère} application) puis 25 L/ha (avant et après la pluie)
6. F-17-aa (extrait de lupin) 2 L/ha
7. F-17-cc (extrait d'Agapan) 6,4 L/ha
8. Essence d'origan 0,5 L/ha (essai Fougères uniquement)
9. Standard : Vitisan 4,8 kg/ha + Soufre mouillable Stulln 4,8 kg/ha + Airone (Cuivre 280 g/kg) 2 kg/ha (essai Biofruits uniquement)
10. Standard + Curatio après pluie (essai Biofruits uniquement)

Les traitements suivants ont été réalisés:

| Trt | Date | Heure | Modalités | Stade phénologique | Conditions météo |
|-----|---------|-------|------------------|--------------------|--------------------------------|
| 1 | 26.mars | 7h30 | Toutes | bouton rose | frais, pas de vent |
| 2 | 28.mars | 7h30 | Curatio intensif | bouton rose | frais, pas de vent |
| 3 | 30.mars | 7h30 | Toutes | bouton blanc | un peu de vent |
| 4 | 04.avr | 7h30 | Toutes | fleur | un peu plus chaud, pas de vent |
| 5 | 09.avr | 7h30 | Toutes | fin fleur | un peu plus chaud, pas de vent |

Les conditions météo lors de cette période étaient les suivantes (Source : www.agrometeo.ch) :

| Paramètre Unité | Température min. °C | Température max. °C | Humidité moy. % | Précipitation tot. mm |
|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------|--------------------------|
| 23.03.2018 | -9,2 | 12,6 | 54.1 | 0.6 |
| 24.03.2018 | -0,1 | 15,6 | 51.9 | 0.0 |
| 25.03.2018 | 1,0 | 15,9 | 48.6 | 0.0 |
| 26.03.2018 | 3,1 | 14,7 | 50.4 | 0.0 |
| 27.03.2018 | 3,8 | 11,9 | 74.2 | 0.0 |
| 28.03.2018 | 4,4 | 13,2 | 86.3 | 0.0 |
| 29.03.2018 | 2,4 | 12,8 | 81.0 | 0.0 |
| 30.03.2018 | 2,0 | 17,2 | 73.7 | 0.0 |
| 31.03.2018 | 3,8 | 10,1 | 82.5 | 0.0 |
| 01.04.2018 | 0,7 | 11,8 | 71.0 | 0.0 |
| 02.04.2018 | 0,9 | 16,9 | 45.2 | 0.0 |
| 03.04.2018 | 6,5 | 17,2 | 49.5 | 0.0 |
| 04.04.2018 | 5,3 | 18,6 | 68.8 | 15.0 |
| 05.04.2018 | 4,5 | 15,1 | 76.6 | 0.8 |
| 06.04.2018 | 2,9 | 22,9 | 52.1 | 0.0 |
| 07.04.2018 | 6,2 | 24,7 | 42.7 | 0.0 |
| 08.04.2018 | 8,4 | 21,4 | 43.7 | 0.0 |
| 09.04.2018 | 9,5 | 18,6 | 47.4 | 0.0 |
| 10.04.2018 | 5,2 | 13,7 | 76.8 | 0.4 |
| 11.04.2018 | 3,9 | 17,1 | 52.0 | 0.0 |
| 12.04.2018 | 7,0 | 17,4 | 48.5 | 0.4 |
| 13.04.2018 | 3,7 | 18,9 | 54.7 | 0.0 |

Les flèches bleues représentent les irrigations artificielles réalisées sur la parcelle de Bergeron (25, 28 et 30 mars 2018). Elles ont été mises en route durant 3 heures pour un total de 12 à 15 mm (4 à 5 mm par heure).

Deux méthodes d'évaluation ont été utilisées pour évaluer l'efficacité des produits

1. Poids monilié / section branche (g/cm²)
2. Evaluation visuelle (notes 1-6)

Résultats

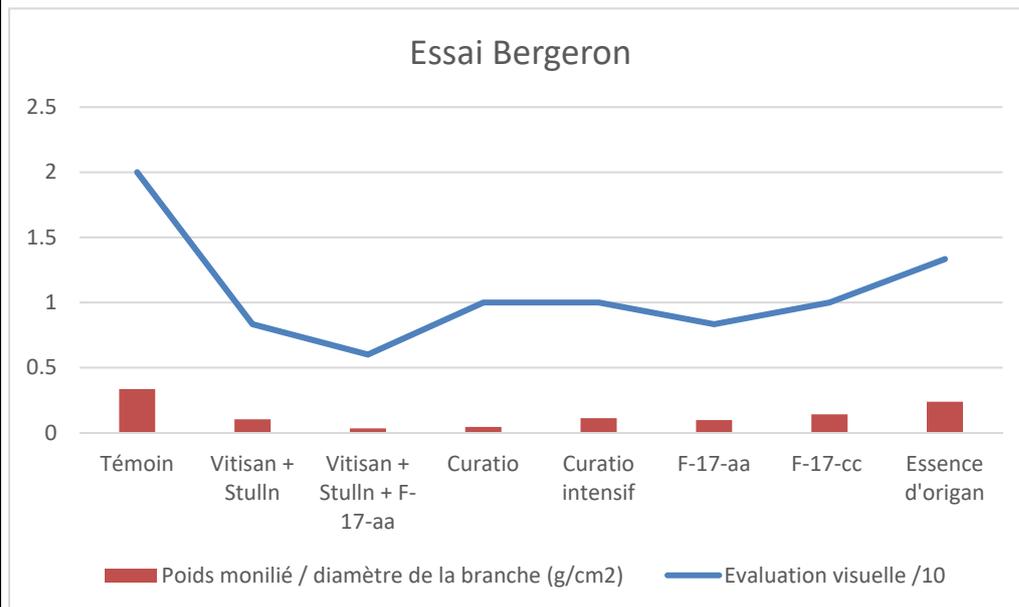


Fig. 1 : Evaluation de l'efficacité de produits biologiques contre la moniliose sur fleurs en utilisant 2 méthodes – parcelle de Bergeron.

Sur la parcelle de Bergeron, même si la pression est faible toutes les variantes traitées montrent une diminution des attaques de moniliose (**Fig. 1**). La variante Vitisan + Stulln+ F-17-aa affiche la meilleure efficacité d'après les deux méthodes d'évaluation.

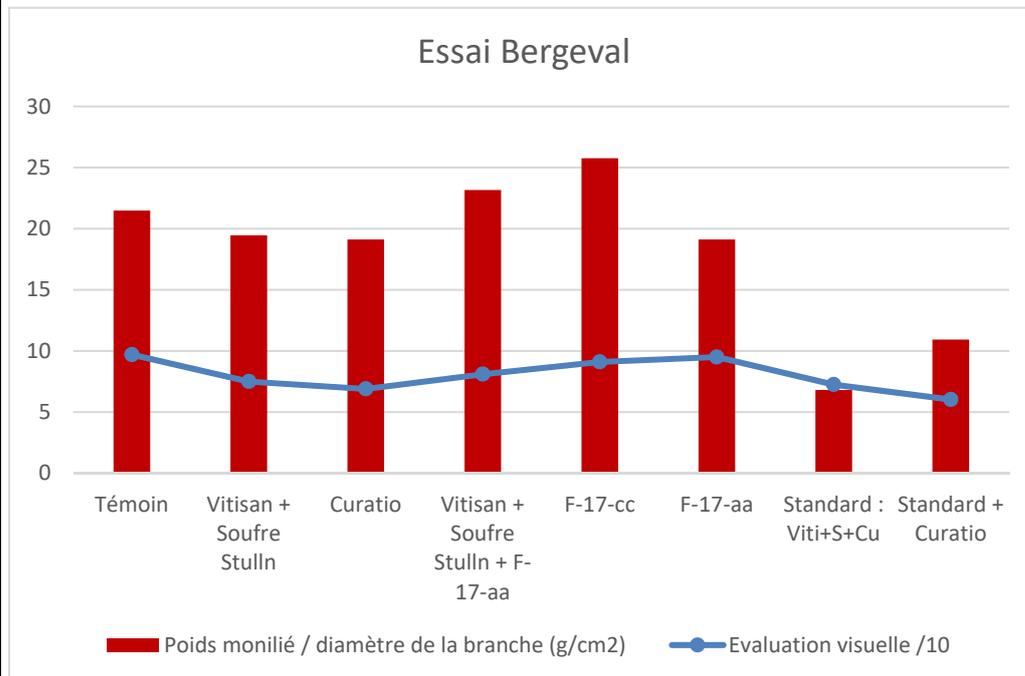


Fig. 2 : Evaluation de l'efficacité de produits biologiques contre la moniliose sur fleurs en utilisant 2 méthodes – parcelle de Bergeval.

La pression présente sur la parcelle de Bergeval (**Fig.2**) est bien plus importante. Ici les deux modalités intégrant du cuivre montrent la meilleure efficacité.

1.2. Essai parcelle Wirth

Dans cet essai, trois stratégies de traitement ont été testées contre la moniliose des fleurs et des rameaux, dès avant la fleur jusqu'à la floraison, appliquées aux concentrations recommandées et avant une pluie: a) chaux soufrée (Curatio) ; b) cuivre + soufre mouillable + bicarbonate de potassium (Armicarb) ; c) cuivre + soufre mouillable + bicarbonate de potassium (Vitisan). Les trois méthodes ont été comparées à des témoins, dans trois répétitions, sur 50 arbres de la variété Bergarouge et 50 Goldrich. L'attaque de Monilia a été évaluée en pourcentage de rameaux infectés dans l'arbre et en nombre de rameaux moniliés par arbre.

Résultats

En raison de la forte pression d'infection pendant la fleur, la variété Goldrich a montré une forte attaque de Monilia (27 % de rameaux infectés sur les témoins). Par contre, la variété Bergarouge a montré une infection de Monilia trois fois moins importante (9 % de rameaux infectés sur les témoins), mais un nombre majeur d'arbres infectés par la bactériose (4 arbres Bergarouge et 0 Goldrich). Une influence significative des traitements avec Vitisan et avec Curatio a été perceptible dans les deux variétés en fonction du nombre de rameaux moniliés par arbre et de l'évaluation visuelle. L'attaque de Monilia a pu être réduite sur Goldrich de 45 % avec Vitisan et de 41 % avec Curatio. La variante avec Armicarb ne présente pas de réduction significative de la maladie. Bien que le pourcentage de rameaux infectés soit significativement plus faible sur les arbres traités (avec Vitisan et Curatio), l'attaque de Monilia reste trop élevée pour garantir une productivité satisfaisante. (Fig. 3).

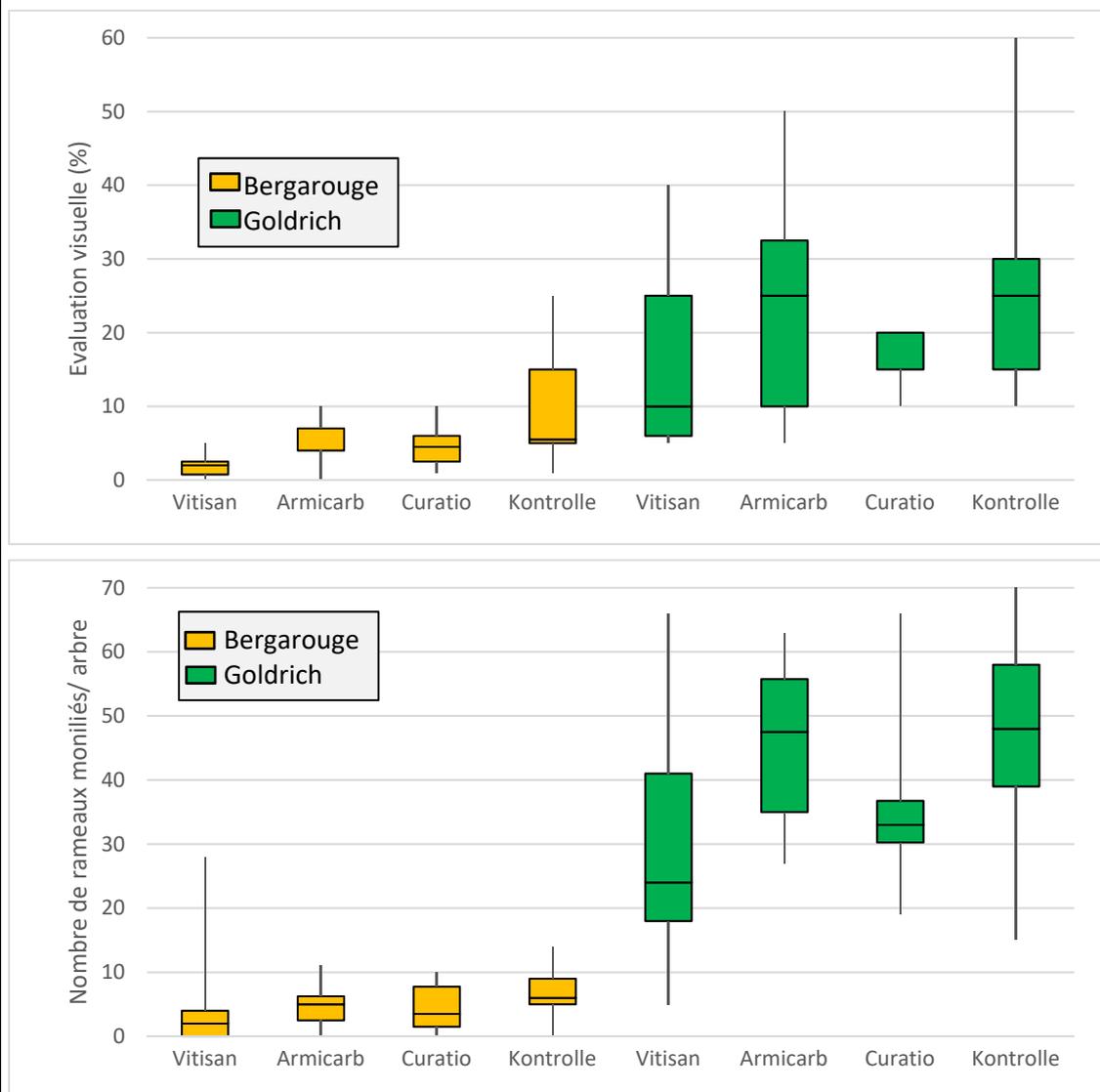


Fig. 3: Branches sèches atteintes de moniliose en 2018 sur le site Olsberg (AG), infection naturelle de Monilia. Haut: Pourcentage de rameaux infectés dans l'arbre ; Bas: Nombre de rameaux moniliés par arbre

1.3. Essai in vitro :

La méthodologie suivie a été la même que celle utilisée l'année dernière. Différents fongicides biologiques (formulations commerciales) ont été testés à différentes concentrations (double, normal, moitié et quart des concentrations recommandées) dans des boîtes de Pétri contenant un milieu spécial (V8-agar) où trois ronds de mycélium de *Monilia laxa* ont été apposés. Les plaques ont été incubées pendant quatre jours à 23°C et la croissance du mycélium a été mesurée. Le but était de réaliser un test in-vitro pour évaluer l'efficacité des différents produits directement contre le champignon *M. laxa*.

| Product | Active Ingredient | % Dosage |
|--------------------|---|----------|
| Armicarb | 85% Potassium bicarbonate | 0,3 |
| Vitisan | Potassium bicarbonate 99.6% | 0,3 |
| Airone WG | Cooper | 0,2 |
| Soufre Stulln | Micronized sulphur 80% | 0,2 |
| Myco-Sin | Sulfur clay | 0,5 |
| Curatio | Lime Sulphur 30% Calcium polysulfides (380 g/L) | 1,6 |
| FytoSave | Complex of oligosaccharides chitooligosaccharides or "COS" and oligogalacturonides or "OGA" | 0,4 |
| Alginur | <i>Ascophyllum nodosum</i> algae | 0,4 |
| Abio 01 Metabolite | <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> metabolite 1% (10g/L) | 1 |
| Prestop | <i>Gliocladium catenulatum</i> | 0,5 |
| T-77 | <i>Trichoderma atroviride</i> (2X10 ⁹ spores/g) | 0,05 |
| Agapan | <i>Agapanthus</i> | 0,8 |
| Botector | <i>Aureobasidium pullulans</i> yeast (5X10 ⁹ CFU/g) | 0,04 |
| Essence d'origan | Oregano Oil 10% | 4 |

Fig. 3 : Produits testés, matière active et dosage (%).

Résultats

2X concentration (Fig. 4): Agapan, Chorus (produit chimique), le mélange Vitisan, Soufre et Abio et Essence d'origan n'observent pas de croissance du mycélium. Une inhibition est décelée avec les produits suivants, dans l'ordre du plus au moins efficace : Curatio, V+S+A, T-77, Botector, Soufre, V+S, Armicarb et Vitisan. Finalement, avec Myco-Sin, Alginur, Prestop et Airone, aucune inhibition de la croissance du mycélium n'a été observé.

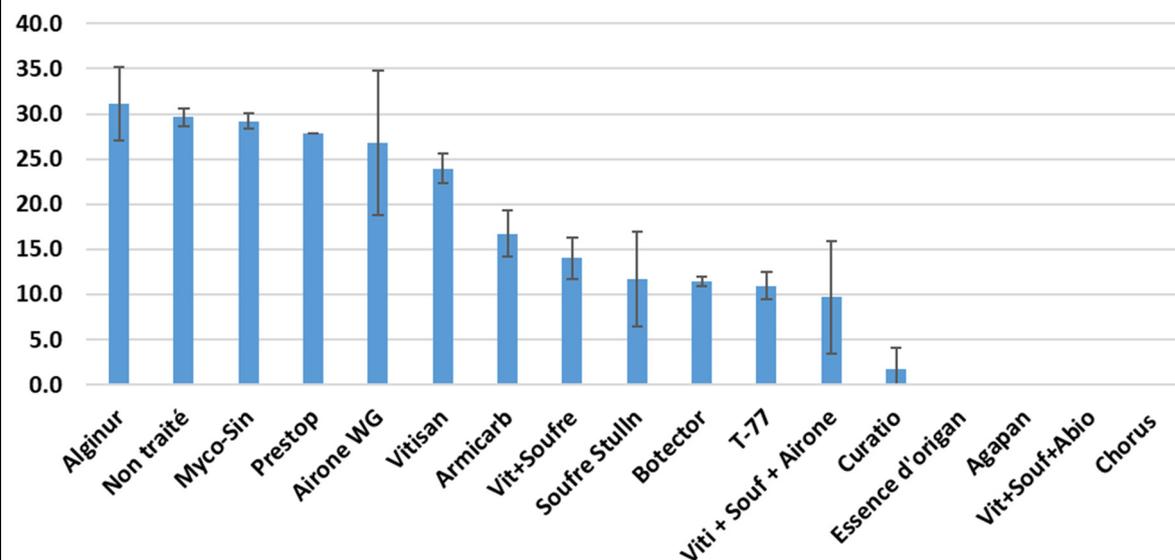


Fig. 4 : Croissance du diamètre du mycélium de *M. laxa* (en mm) après application in vitro des différents fongicides. Double concentration (2X) de la dose recommandée.

1X concentration (Fig. 5) : Agapan, les mélanges Vitisan+Soufre+Abio et Vitisan+Soufre+Fytosave, Chorus (produit chimique) et Essence d'origan sont les produits où aucune croissance de mycélium n'a été observée. Il a été détecté une inhibition avec les produits suivants, dans l'ordre du plus au moins efficace : Curatio, T-77, Botector, Soufre, V+S+A, Armicarb, Fytosave et Vitisan. Enfin avec Myco-Sin, Alginur, Prestop et Airone, aucune diminution de la croissance du mycélium n'a été observée.

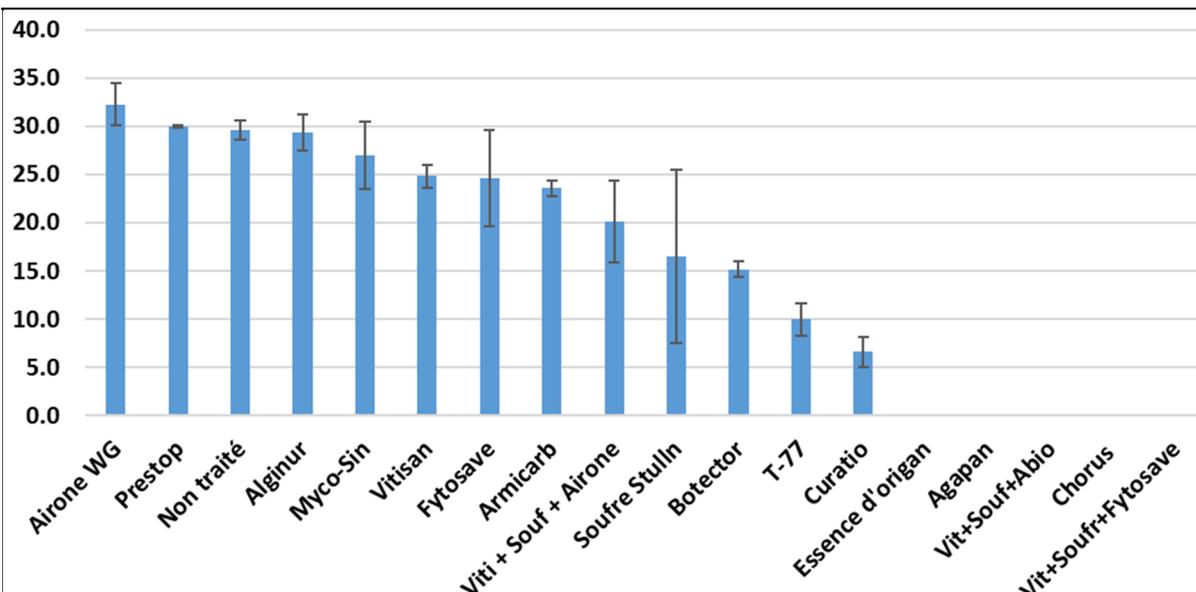


Fig. 5 : Croissance du diamètre du mycélium de *M. laxa* (en mm) après application in vitro des différents fongicides. Concentration recommandée (1X).

1/2X concentration (Fig. 6) : Agapan, le mélange Vitisan+Soufre+Abio et Chorus (produit chimique) sont les seuls produits où aucune croissance de mycélium n'a été observée. Il a été détecté une inhibition avec les produits suivants, du plus au moins efficace : Curatio, Essence d'origan, Botector, Soufre, V+S, V+S, V+S+A et Fytosave. Aucune inhibition de la croissance du mycélium n'a pas été observée avec Airone, Alginur, Prestop, Myco-sin, Vitisan et Armicarb.

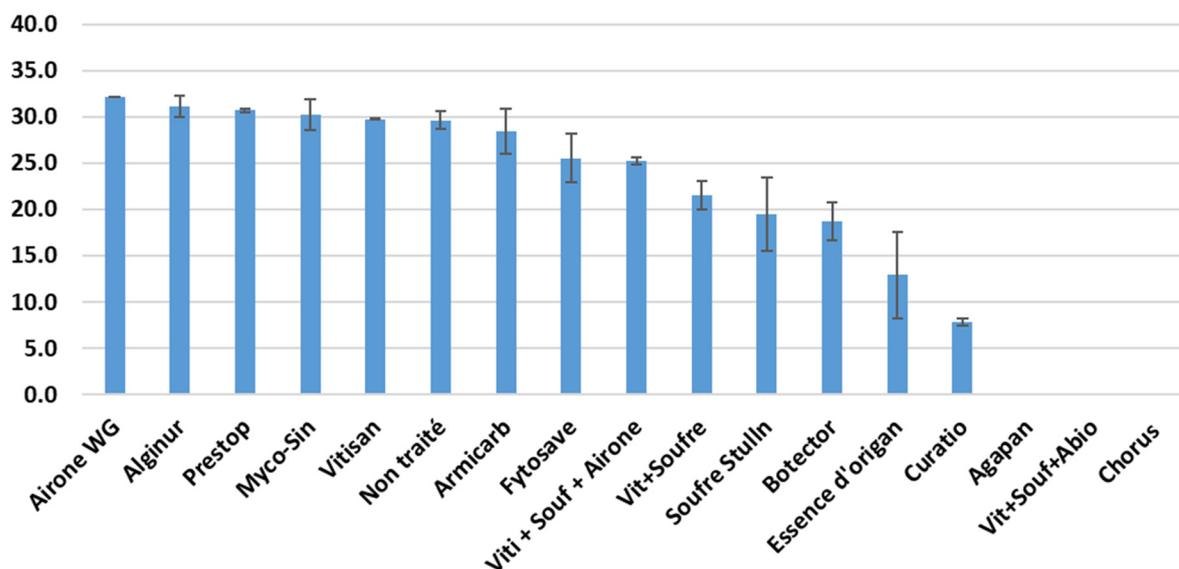


Fig. 6 : Croissance du diamètre du mycélium de *M. laxa* (en mm) après application in vitro des différents fongicides. La moitié de la concentration recommandée (1/2X).

1/4X concentration (Fig. 7) : Agapan, le mélange Vitisan+Soufre+Abio et Chorus (produit chimique) sont les seuls produits où aucune croissance de mycélium n'a été observée. Il a été détecté une inhibition avec les produits suivants, du plus au moins efficace : V+S+F, Curatio, Botector, Essence d'origan, V+S, Soufre, V+S+A. Aucune inhibition de la croissance du mycélium n'a pas été observée avec Airone, Alginur, Prestop, Fytosave Myco-sin, Vitisan et Armicarb.

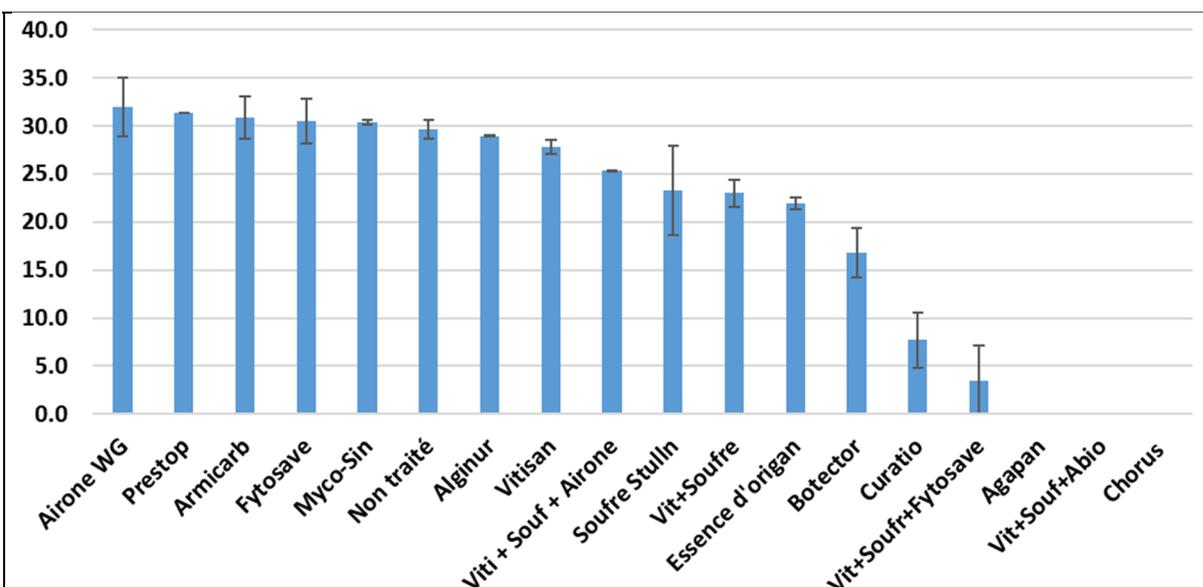


Fig. 7 : Croissance du diamètre du mycélium de *M. laxa* (en mm) après application in vitro des différents fongicides. Quart de la concentration recommandée (1/4X).

Axe A2.1. Variétés peu sensibles (Lead : Flore Lebleu, Fibl; partenaires participants : Agroscop, Biovalais, OCA-VS)

La parcelle d'observation variétale est située sur le domaine des Fougères à Agroscop. Les arbres ont été plantés de 2011 à 2016. Aucun traitement phytosanitaire n'a été réalisé contre les maladies fongiques sur cette parcelle de façon à constater la sensibilité des variétés aux différentes maladies de l'abricotier. Afin d'augmenter la pression *Monilia laxa*, des momies ont été apposées au sommet des abricotiers et trois aspersion artificielles de 12 à 15 mm d'eau ont été réalisées sur fleur. Malgré ces mesures favorisant l'infection, la pression présente sur cette parcelle était relativement faible. Les deux méthodes d'évaluation de la moniliose des fleurs, vues précédemment, ont été utilisées : l'évaluation visuelle au champ et le poids des organes moniliés.

Résultats (seuls les arbres plantés avant et en 2015 ont été pris en compte)

Évaluation de la sensibilité en vergers (Fig. 8): Avec l'évaluation « Agroscop » comme avec l'évaluation visuelle de *M. laxa* au champ au printemps, les variétés évaluées comme moins sensibles sont : Congat, Ilona, Swilate, Précoce de Millet, Luccia, APH25 et APH28. Koolgat, APH27, ACW4477 et Fougat ne montrent que de très légers symptômes visuels. D'après l'évaluation « Agroscop », les variétés les plus sensibles sont : Latica, Tsunami, Aprinew, Big Red, Flash Cot et Early Kioto. Selon l'évaluation visuelle celles qui présentent le plus de symptômes sont : Talisman, Aprinew, Tsunami, Memphis, Big Red, Flash Cot et Early Kioto.

L'évaluation visuelle et la méthode Agroscop n'ont pas de bonne corrélation, mais présentent quand même des tendances semblables.

En revanche, les variétés observées comme peu ou fortement sensibles en 2017 ne confirment pas toujours leur comportement en 2018. Seules Congat et Farbaly confirment leur faible sensibilité et Early Kioto et Flash Cot leur faible tolérance.

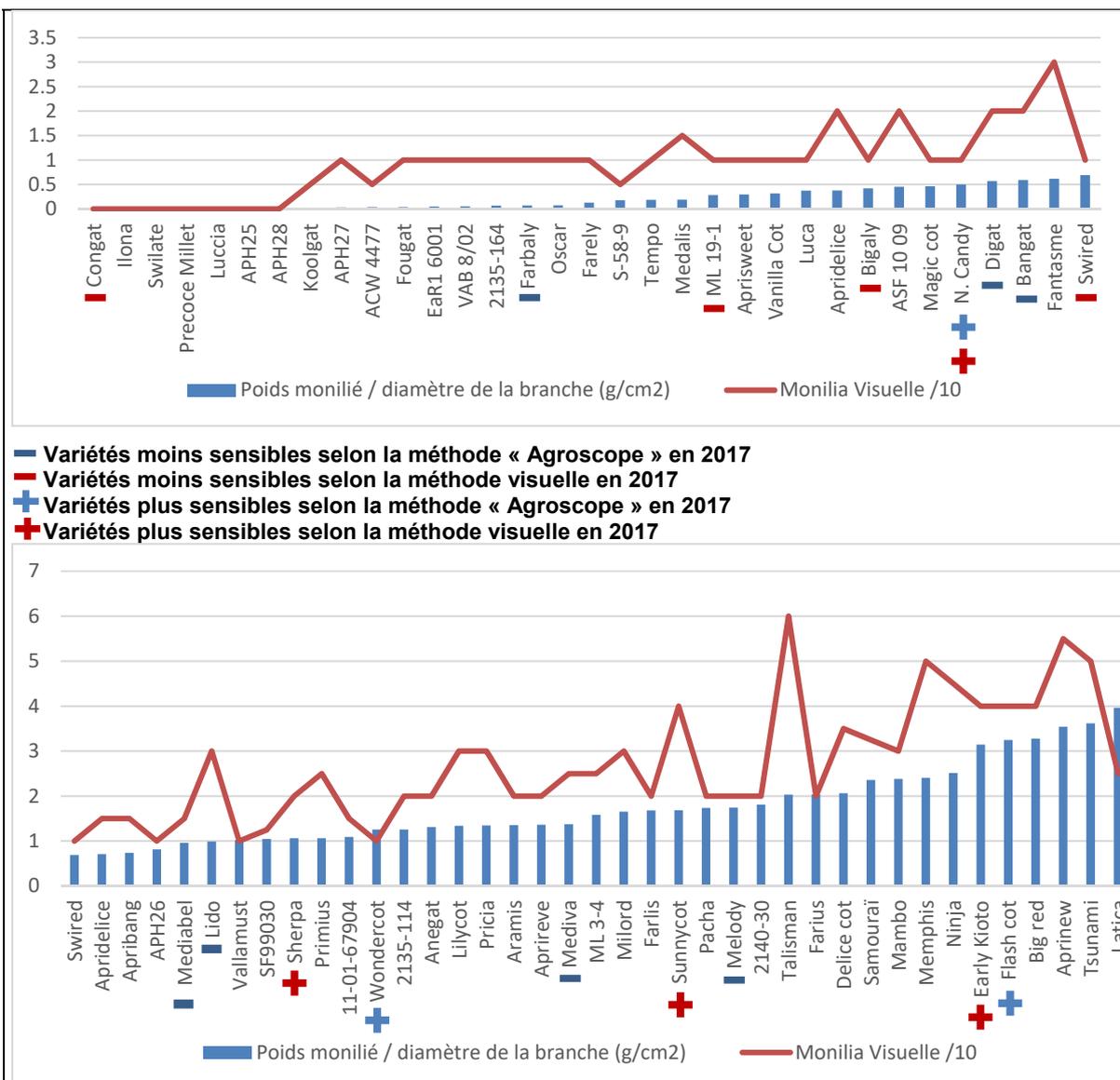


Fig. 8 : Comparaison de la sensibilité des variétés d'abricots en utilisant 2 méthodes d'évaluation des infections à *M. laxa*. L'évaluation visuelle (en rouge, %) effectuée en observant le pourcentage de rameaux infectés dans l'arbre ; l'évaluation Agroscope (en bleu, g/cm2) consiste à peser les parties infectées de chaque arbre en relation avec la section du tronc.

Axe A2.2. Réseau d'observation (Lead : Flore Lebleu, Fibl; partenaires participants : Agroscope, Biovalais, OCA-VS, GRAB France)

12 variétés ont été choisies pour une mise en réseau (Bakour, Lilly Cot, Samourai, ACW4353, Flopria, Orangerubis, Apribang, Bergarouge, Harogem, ACW4477, Bergeron et Farely). Ces variétés ont été greffées sur différents porte-greffe (Myrobolan, Wawit, Wawit - intermédiaire RC et Montclar) et à des hauteurs différentes (entre 20 et 70 cm) selon les besoins et les particularités des différents sites choisis. Après un élevage sous serre, des plants ont été livrés à certains sites pour plantation. Le solde des plants a été livré au printemps 2018. Les types de mesures minimales à devoir être réalisées sur tous les sites ont été décidés.

Sur le domaine du FiBL à Frick, les arbres ont été plantés au printemps 2018 sous une structure plastique afin de protéger les arbres contre les intempéries et limiter les infections à la moniliose et à la bactériose. Les 12 variétés (Bakour a été remplacé par Wondercot) seront testées ces prochaines années au niveau de l'influence des différentes hauteurs de greffage (à 20 et 70 cm) et des trois variantes de protection contre la pluie (recouvrement tout l'année en tunnel, 6 mois avec une couverture de pluie et sans aucune couverture de pluie).

Axe A3 : Création variétale (Lead : Danilo Christen, Agroscope; partenaires participants : Fibl, INRA Avignon)

3.1. Test phénotypiques sous conditions contrôlées (branches, fleurs et fruits)

3.1.1. Test 1 : Spores sur le pistil

150 géotypes différents de la population Bergeron (variété sensible) x Bakour (variété tolérante) ont été inoculés artificiellement avec des spores de *Monilia laxa* dans des conditions contrôlées (23°C jour / 16°C nuit, 70% HR). La procédure consistait à enlever toutes les fleurs des branches (25-30 cm de long) en ne maintenant qu'une seule fleur par branche. Puis une goutte de spores (concentration 105 spores/ml) de *M. laxa* a été inoculée avec une pipette directement sur le pistil lorsque la fleur était au stade F (fleur ouverte). L'infection a ensuite été mesurée en fonction de la longueur de la partie nécrotique de chaque branche, 4, 8 et 15 jours après l'inoculation. Le but de ce test était d'étudier le mécanisme d'entrée de la *Monilia* dans la fleur et la branche et aussi de trouver des différences entre les différents géotypes de la population bi-parentale.

Résultats

4 dpi (= day post infection): Presque aucune partie nécrotique provenant de l'infection n'a été observée. 4 jours après l'inoculation, il n'y a pas eu assez de temps pour que la *Monilia* pénètre dans la fleur et dans la branche par le phloème. Ceci est en accord avec les résultats de l'année précédente où pas d'infection n'avait été observée dans les branches 4 dpi après inoculation des spores dans les fleurs de la même population.

8 dpi : Les branches nécrotiques ont été 10 fois plus nombreuses qu'après 4 dpi. Cependant, le pourcentage d'infection était faible et souvent les fleurs tombaient quelques jours après l'inoculation. Ce qui signifie que le champignon n'a probablement pas eu le temps d'entrer dans la branche. Les résultats concordent avec les observations faites l'année dernière, une forte augmentation de la *Monilia* a été observée 8 jours après inoculation. Cependant, en raison des problèmes liés à la chute des fleurs, ce caractère n'a pas pu être mesuré précisément.

15 dpi : identique à 8 dpi mais le pourcentage de branches nécrotiques était plus élevé. Cependant, le problème de chute de fleurs a également été observé.

3.1.2. Test 2 : Inoculation d'un rond de mycélium sur la branche

Ce test a été réalisé sur la même population (Bergeron x Bakour) que dans le test 1 (spores sur le pistil). La méthode d'inoculation consistait à poser un rond de mycélium de *M. laxa* sur la branche après avoir coupé l'écorce, puis à recouvrir de papier et de film plastique dans des conditions contrôlées (20°C, 80% HR et obscurité). La longueur de l'infection (partie nécrosée) a été mesurées 4, 8 et 15 jours après l'inoculation (dpi) dans trois branches par géotype et par période. De plus, des contrôles négatifs (branches sans inoculation) ont été effectués aux temps 0, 4, 8 et 15 dpi. Le but de ce test était d'établir des différences entre les géotypes afin de trouver une ségrégation.

Résultats

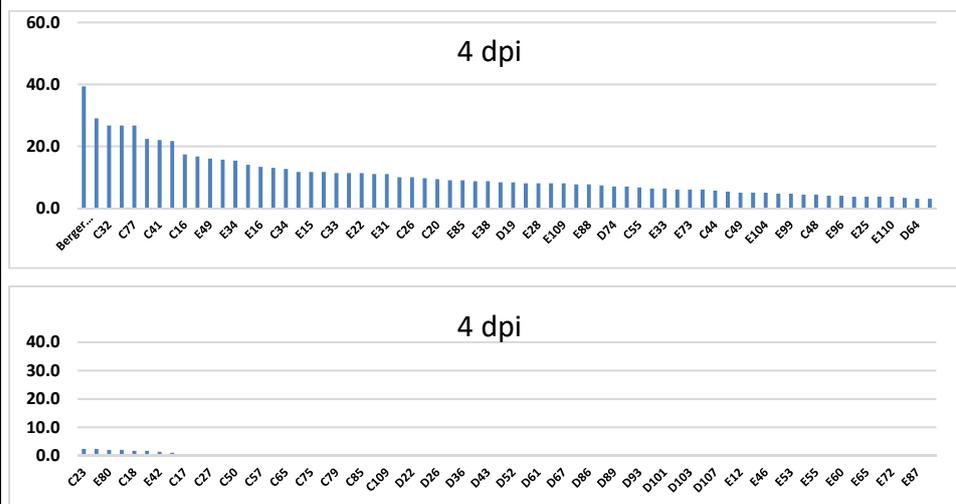


Fig. 9. Longueur de l'infection (en mm) dans les branches d'une population bi-parentale 4 jours après l'inoculation avec le mycélium de *M. laxa* dans des conditions contrôlées.



Fig. 10. Longueur de l'infection (en mm) dans les branches d'une population bi-parentale 8 jours après l'inoculation avec le mycélium de *M. laxa* dans des conditions contrôlées.

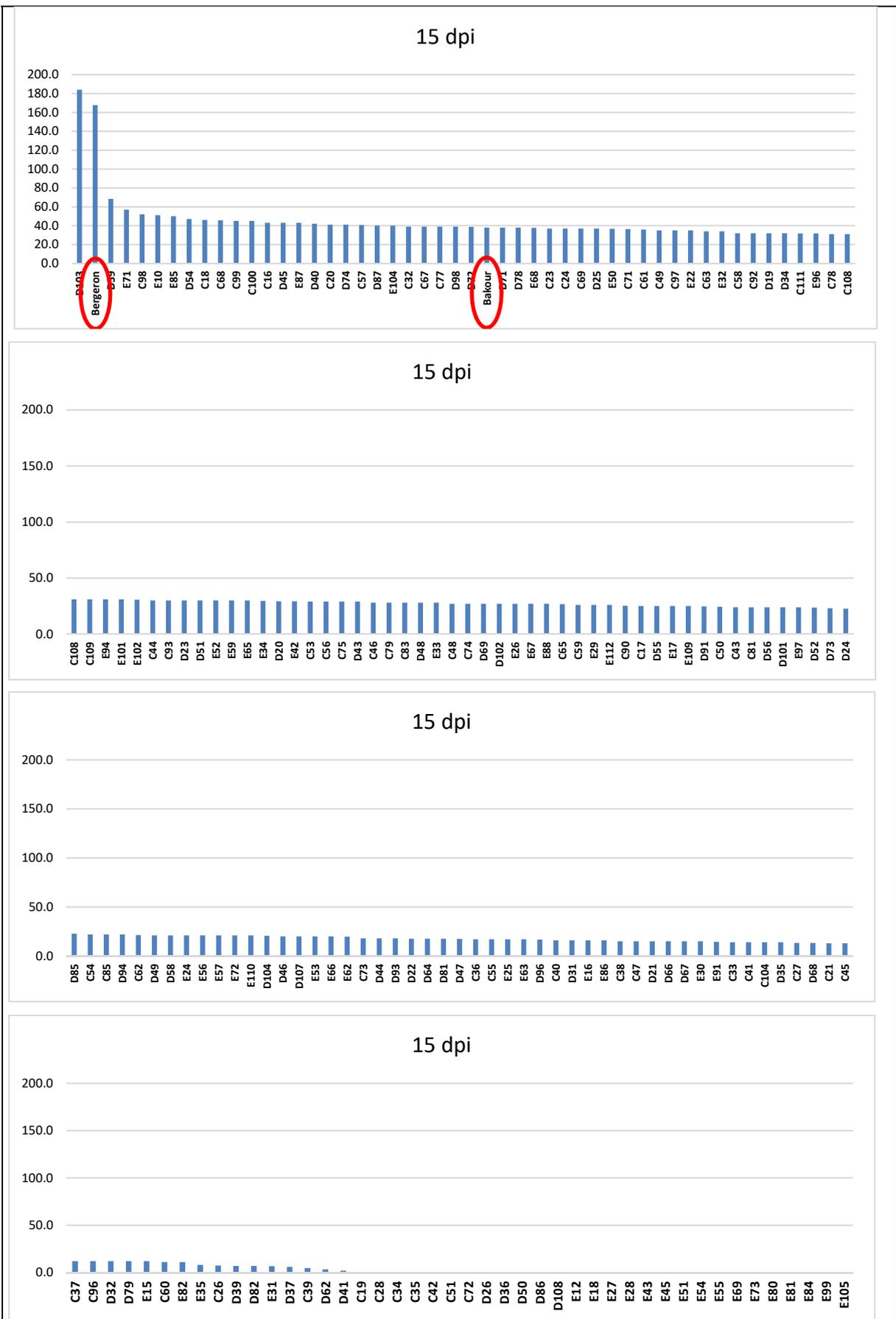


Fig. 11. Longueur de l'infection (en mm) dans les branches d'une population bi-parentale 15 jours après l'inoculation avec le mycélium de *M. laxa* dans des conditions contrôlées.

De grandes différences ont été constatées entre les niveaux d'infection dans les branches de la population bi-parentale, avec des plages d'infection entre 0 et 40 mm après 4 jours, 0 et 100 mm après 8 jours et 0 et 200 mm après 15 jours. Bien sûr, l'infection en général était plus élevée après 15 jours qu'après 4 jours. Il était également intéressant de trouver des génotypes dans lesquels aucune infection ou nécrose dans les branches n'ont été observées, même après 15 jours. Le point faible de ce test était que les deux parents (Bergeron et Bakour) n'étaient pas situés dans les extrêmes de l'échantillon, surtout Bakour. Par conséquent, il est prévu de répéter le test avec les deux parents dans les mêmes conditions.

3.1.3. Test 3 : inoculation sur fruits

Différentes variétés internationales produites sur les parcelles du canton (OCA-VS) et d'Agroscope Conthey ont été inoculées avec *Monilia fructicola* dans des conditions contrôlées (22°C, 80% HR, obscurité). Pour ce faire, dix fruits mûrs par variété ont été lavés puis coupés à 4 mm dans la chair. Après cela, une dilution du champignon a été préparée et inoculée avec des spores dans la plaie. Après 63 h, le diamètre de l'infection sur le fruit a été mesuré.

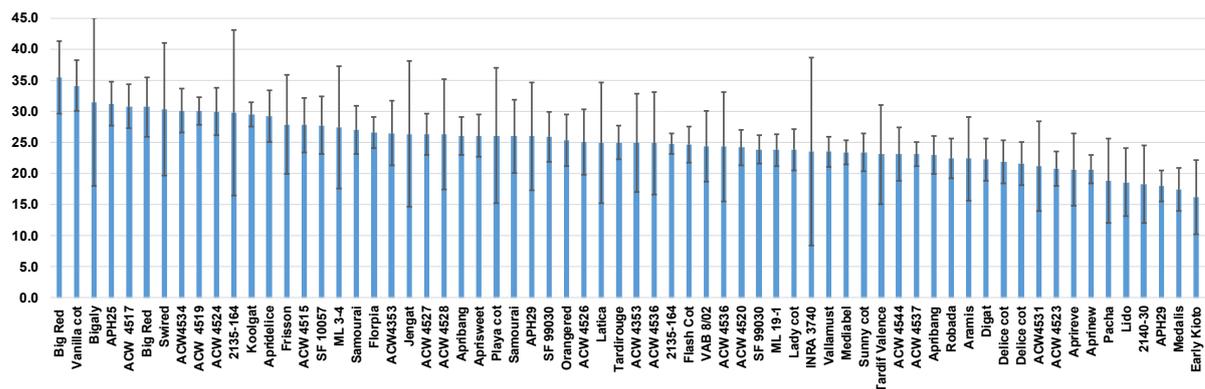


Fig. 12. Diamètre de l'infection sur fruit (en mm) dans des conditions contrôlées.

Résultats

Des différences de diamètre d'infection sont observées entre les variétés étudiées, variant entre 15 et 35 mm. Les variétés les plus sensibles étaient Vanilla cot, Bigaly ou Swired, tandis que les plus tolérantes étaient Early Kioto, Medalis ou Lido. Toutefois, de plus fortes différences étaient attendues.

3.2 Mesure des phénols et qPCR

A partir des tests 1 et 2, où *M. laxa* a été inoculé artificiellement dans des conditions contrôlées, des morceaux de branches de 3 cm ont été prélevés 4, 8 et 15 jours après l'inoculation et maintenus à -80°C. Après broyage et extraction au FiBL à Frick, les tissus ont été utilisés pour deux expériences différentes. Tout d'abord, la moitié du matériel était destiné à une expérience qPCR pour mesurer les concentrations de spores de *Monilia* après l'infection (y compris témoins négatifs sans infection). D'autre part, le reste du matériel a été utilisé dans une HPCL pour mesurer la quantité de phénols. Les phénols, comme expliqué dans le rapport de l'année précédente, sont des composés de défense de la plante liés à la résistance de certaines variétés contre la moniliose (Gradziel et al., 2003, Lee et Bostock, 2006). Le but de ces deuxièmes analyses était de voir la relation entre l'entrée de la *Monilia* dans la plante et le niveau des phénols, principalement l'acide chlorogénique, pour établir une relation entre ces deux paramètres.

Résultats

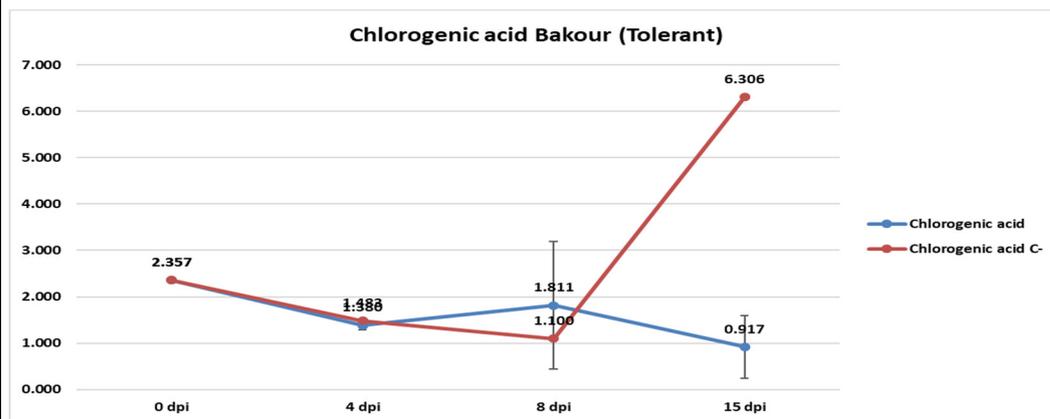
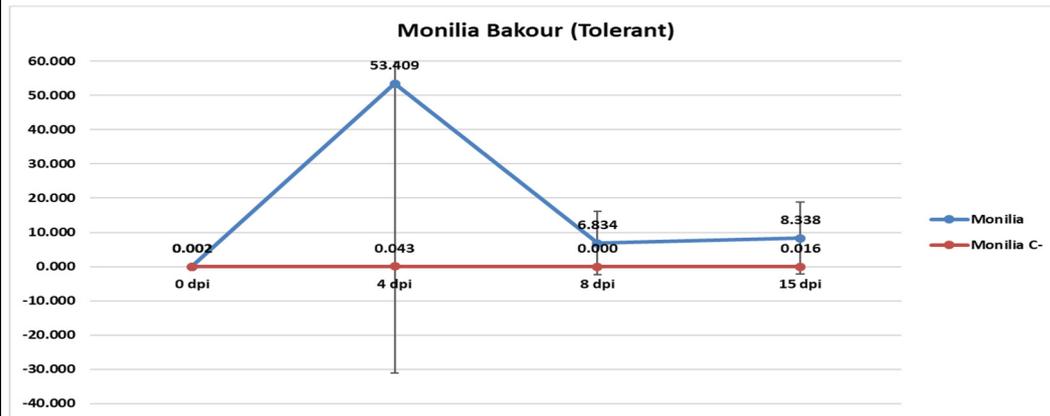


Fig. 13. Concentration de spores de *Monilia* (haut) et d'acide chlorogénique (bas) avant l'inoculation (0 dpi) et 4, 8 et 15 jours après l'inoculation (4,8,15 dpi) et sans inoculation (C-) dans l'échantillon Bakour (tolérant).

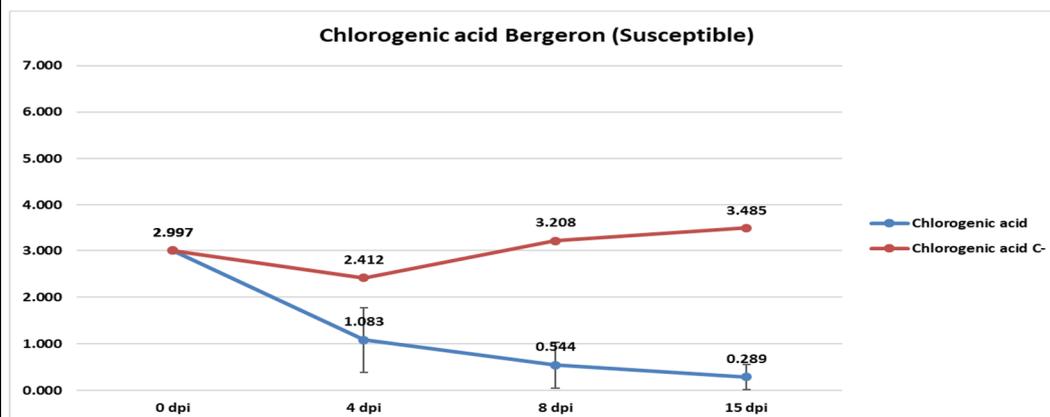
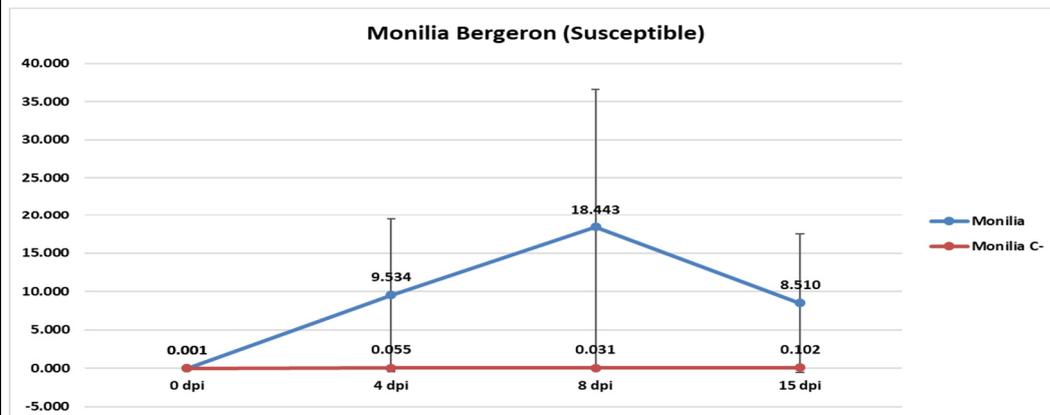


Fig. 14. Concentration de spores de *Monilia* (haut) et d'acide chlorogénique (bas) avant l'inoculation (0 dpi) et 4, 8 et 15 jours après l'inoculation (4,8,15 dpi) et sans inoculation (C-) dans l'échantillon Bergeron (sensible).

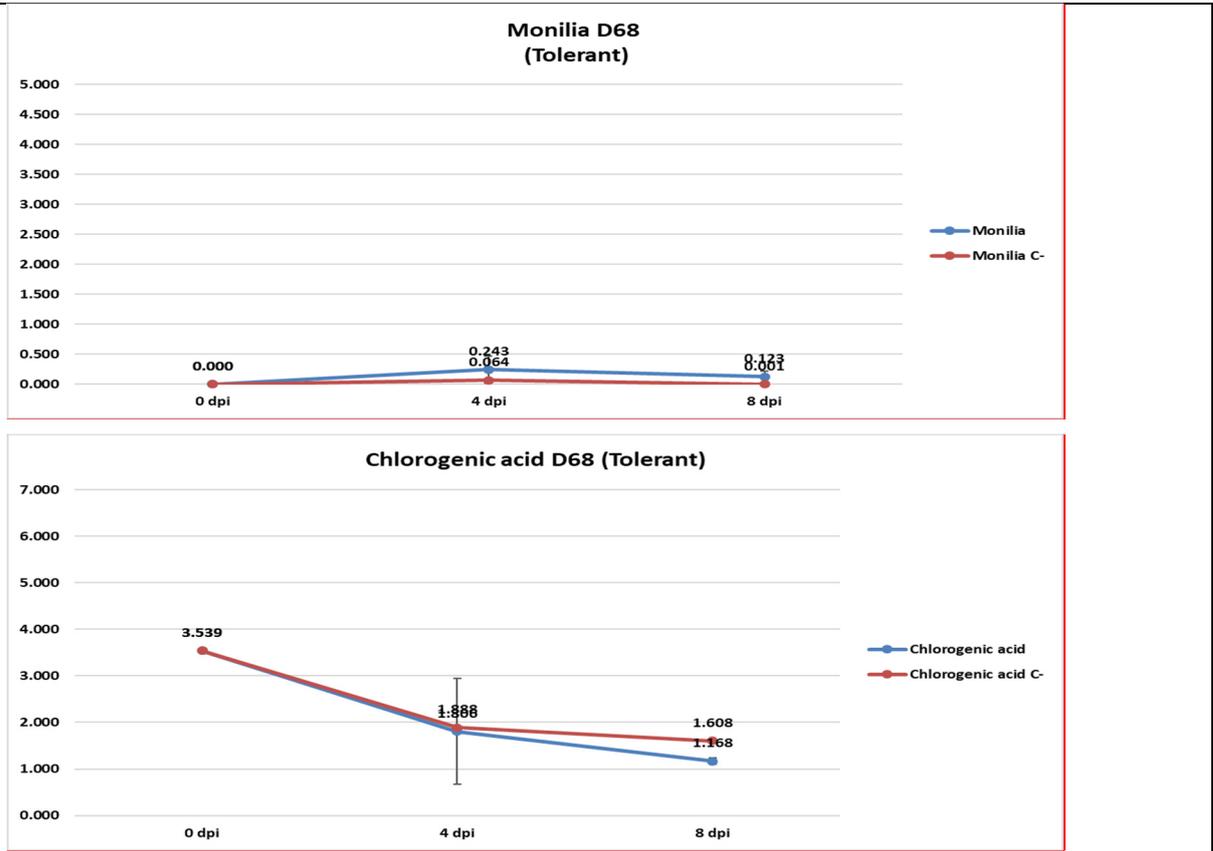


Fig. 15. Concentration de spores de *Monilia* (haut) et d'acide chlorogénique (bas) avant l'inoculation (0 dpi) et 4, 8 et 15 jours après l'inoculation (4,8,15 dpi) et sans inoculation (C-) dans l'échantillon D68 (tolérant).

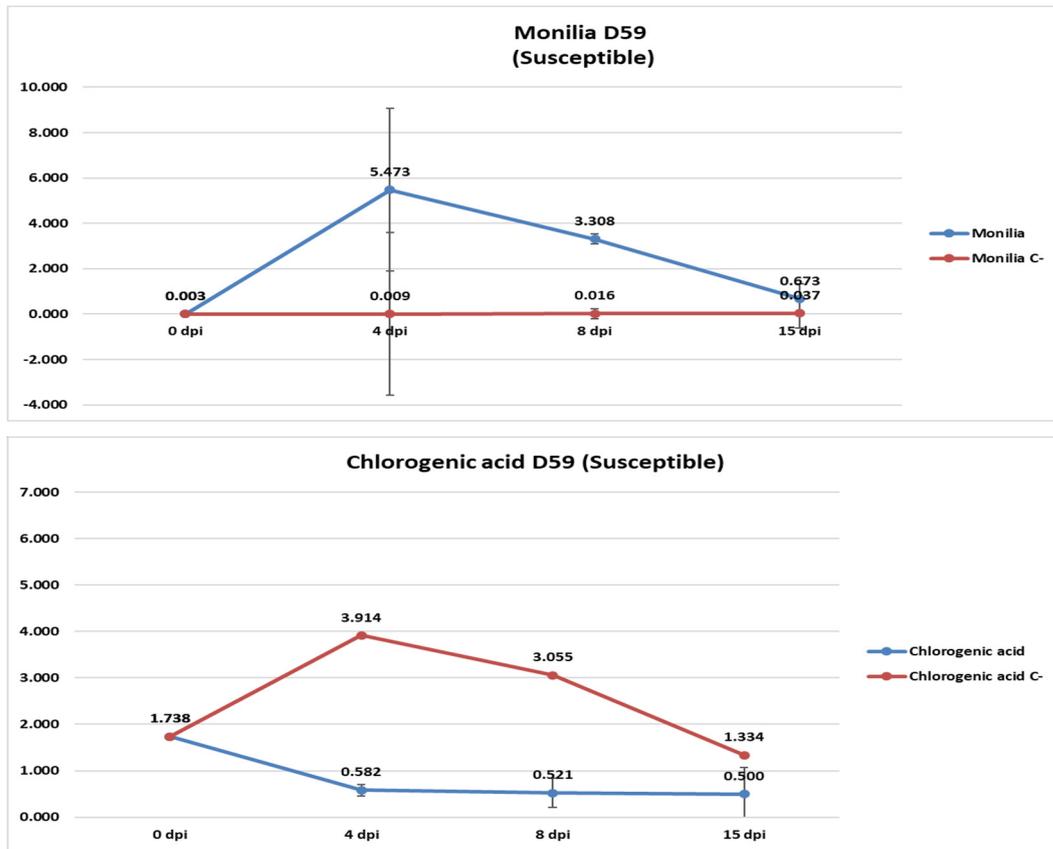


Fig. 16. Concentration de spores de *Monilia* (haut) et d'acide chlorogénique (bas) avant l'inoculation (0 dpi) et 4, 8 et 15 jours après l'inoculation (4,8,15 dpi) et sans inoculation (C-) dans l'échantillon D59 (sensible).

Pour un premier pré-test, le qPCR et la HPCL n'ont été réalisés que sur les deux génotypes parents et deux génotypes reconnus comme tolérants et sensibles selon les tests 3.1.1. et 3.1.2. Pour les génotypes sensibles, Bergeron a montré une augmentation progressive du niveau de Monilia de 0 dpi jusqu'à 8 dpi, diminuant à 15 dpi. Le niveau de phénols (acide chlorogénique) diminuait alors de 10 fois jusqu'à atteindre son minimum à 15 dpi. Tandis que le témoin négatif sans inoculation a augmenté doucement pendant les 15 jours dans des conditions contrôlées. Dans le cas du génotype sensible (D59), la relation était similaire, mais pas aussi claire que chez Bergeron, avec une augmentation du niveau de Monilia à 4 dpi suivie d'une diminution, tandis que le niveau d'acide chlorogénique diminuait de 3 fois, principalement dans les 4 premiers jours après l'inoculation.

Pour les génotypes tolérants, p. ex. pour Bakour, le niveau de Monilia était très élevé à 4 dpi (avec un écart type élevé), alors qu'après 8 et 15 jours, le niveau a diminué bien qu'il soit resté élevé. Le niveau de phénols a diminué après 4 et 15 jours. Ces résultats 2018 sont différents de ceux obtenus pour Bakour en 2017 (faible niveau de Monilia et haut niveau d'acide chlorogénique). En revanche, chez l'autre génotype résistant (D68), un niveau très faible de Monilia a été observé pendant les 8 jours suivant l'inoculation, ce qui confirme les résultats 2017 pour un génotype tolérant. Cependant, le niveau d'acide chlorogénique a diminué, alors qu'il s'était maintenu en 2017. Cela pourrait s'expliquer par le fait que dans le contrôle négatif sans inoculation, les niveaux de phénols ont également diminué.

Axe A4 : Transfert des connaissances (Lead : Danilo Christen, Agroscope; partenaires participants : Fibl, IFELV, OCA-VS, COOP Suisse)

Le projet a été présenté sur ces aspects techniques lors de la fête de l'abricot à Saxon en juillet 2018 et du lancement de nouvelles variétés Lia et Mia enregistrées comme tolérantes respectivement à la moniliose et à la bactériose.

Diskussion / Erkenntnisse

Axe A1 : Protection contre le pathogène

Les essais produits au verger ne montrent pas d'efficacité complète contre la moniliose. Le mélange standard associant du Vitisan (bicarbonate de potassium), du soufre et du cuivre reste la meilleure option. Un nouveau produit à base d'extrait de lupin montre un bon potentiel, également en complément à Vitisan+soufre. Selon les tests in-vitro, Agapan et Vitisan+Soufre+Abio semblent être les plus prometteurs comme alternative au cuivre. Or Agapan n'a pas confirmé son efficacité au verger comme en 2017 et le produit Abio n'était pas disponible pour l'expérimentation.

Axe A2.1. Variétés peu sensibles

Les résultats de sensibilité variétale ont permis d'établir des niveaux de sensibilité différents, même s'ils ne correspondent pas toujours avec les observations faites en 2017. Ces résultats nécessitent une confirmation sur plusieurs années. Néanmoins, une première liste de recommandations variétales pour la culture de l'abricotier biologique va être éditée prochainement. Deux variétés ont confirmé leur faible sensibilité sur 2 ans : Congat et Farbaly.

Axe A2.2. Réseau d'observation

Les parcelles du réseau d'observation international ont fini d'être plantées en 2018.

Axe A3 : Création variétale

Dans cette deuxième année du projet, l'objectif était de confirmer et d'améliorer les résultats de l'année précédente. Les travaux ont ainsi été réalisés sur la même population biparentale BerBa (Bergeron x Bakour), dans le but d'évaluer différentes méthodologies pour le phénotypage de *Monilia* (Christen et al, 2012). En ce qui concerne le test 1 (inoculation des spores sur le pistil), en 2017, les spores avaient été pulvérisées sur toute la branche et toutes les fleurs sans être précis sur le point d'inoculation (Tamm et al, 1995). En 2018, afin d'avoir un seul point d'entrée des spores, toutes les fleurs sauf une, ont été enlevées de la branche florale. Avec ce seul point d'inoculation en 2018, les résultats n'ont toutefois pas permis de répéter les résultats prometteurs de 2017, ce qui tendrait à penser que d'autres parties de la fleur peuvent également être réceptives à l'entrée des spores ou qu'une large infection sur plusieurs fleurs est nécessaire, afin d'avoir une infection suffisante et détectable. Toutefois, le mécanisme d'infection reste encore à déceler.

En observant ces résultats, le test 2 a été mis en œuvre en apposant un rond de mycélium de *M. laxa* sur les branches, en suivant le même mode opératoire de l'année dernière. De grandes différences ont été constatées entre les niveaux d'infection des branches de différents génotypes de la population bi-parentale. Le point faible de ce test était que les deux parents (Bergeron et Bakour) n'étaient pas situés aux extrémités de l'échantillon, surtout pour Bakour, qui a montré une infection plus étendue que prévu. Par conséquent, le test sera répété avec les deux parents dans les mêmes conditions. Toutefois, une variabilité dans le phénotypage des branches (sources de tolérance) a été observée et pourrait amener à développer de nouveaux QTLs pour la résistance à la moniliose ou à établir un lien avec le QTL existant à l'INRA d'Avignon. Les résultats 2017 ont également révélé une bonne ségrégation 8 jours après l'inoculation et pourraient donc également être pris en compte pour cette analyse QTL (Socquet-Juglard et al, 2012).

Concernant le test 3 sur fruits, des différences ont été constatées entre les variétés avec l'inoculation de *M. fructicola*. Toutefois, les différences étaient moins importantes qu'escomptées. Ces résultats sont en accord avec les résultats de l'année dernière, où seules de faibles différences de sensibilité entre les variétés inoculées avec *M. laxa* avaient été observées. Par conséquent, les sensibilités des fruits aux deux espèces de *Monilia* semblent similaires (Lino et al, 2016 ; Feliciano et al, 1997 ; Liu et al, 2016). Ces faibles différences d'infections sur fruits entre les variétés laissent à penser que les tolérances à la moniliose sur fruits ne sont pas corrélées aux tolérances à la moniliose sur fleurs, où la diversité est plus importants.

Enfin, le dernier test consistait à comparer les concentrations de spores de *M. laxa* (qPCR) et de phénols (HPLC) après inoculation pour les différents génotypes de la population bi-parentale. Pour 2018, les profils des génotypes sensibles indiquaient une augmentation des niveaux de *Monilia* et une diminution des niveaux d'acide chlorogénique pendant les 15 jours après l'infection. Ces profils étaient similaires à ceux de 2017. Pour les génotypes tolérants, les résultats étaient contradictoires par rapport à 2017 où de très faibles niveaux de *Monilia* et une augmentation des niveaux de phénol avaient été observés (Gradziel et al, 2003 ; Lee et al, 2007 ; Villarino et al, 2011). Il est également prévu de répéter l'expérience avec les deux parents pour corroborer les résultats obtenus. Enfin, les phénols de l'ensemble de la population seront analysés par HPLC 8 jours après infection, ce qui permettra également d'utiliser ces données comme phénotype et de potentiellement développer

un nouveau QTL de résistance à la moniliose, basé sur les niveaux d'acide chlorogénique trouvés dans les différents génotypes (Socquet-Juglard et al, 2012).

Bibliographie importante

Christen D., Motry L. and Devènes G., 2012. Comparison of Three Different Evaluation Methods of *Monilinia laxa* Impact on Apricot Flowers. *Acta Hort.* 966, 143-148.

Feliciano A., Feliciano A.J. and Ogawa J.M., 1987. *Monilinia fructicola* resistance in the peach cultivar Bolinha. *Phytopathology*, 77, 776-780.

Gradziel T.M., Bostock R.M. and Adaskaveg J.E. 2003. Resistance to Brown Rot Disease in Peach is Determined by Multiple Structural and Biochemical Components. *Acta Hort.* 622, 347-352.

Lee, M.-H., and Bostock, R. M. 2007. Fruit exocarp phenols in relation to quiescence and development of *Monilinia fructicola* infections in *Prunus* spp.: A role for cellular redox? *Phytopathology* 97, 269-277.

Liu J.C., Jiao Z.G., Yang W.B., Zhang C.L., Liu H. and Lv Z.Z., 2015. Variation in Phenolics, Flavanoids, Antioxidant and Tyrosinase Inhibitory Activity of Peach Blossoms at Different Developmental Stages. *Molecules*, 20, 20460–20472

Lino L.O., Pacheco I., Mercier V., Faoro F., Bassi D., Bornard I., and Quilot-Turion B. 2016. Brown Rot Strikes *Prunus* Fruit: An Ancient Fight Almost Always Lost. *J. Agric. Food Chem.* 64, 4029–4047.

Socquet-Juglard D., Duffy B., Pothier J.F., Christen D. and Patocchi A., 2013. Identification of a major QTL for *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* resistance in apricot. *Tree Genetics & Genomes*, 9, 409-421.

Tamm L., Minder C.E. and Flickiger W., 1995. Phenological Analysis of Brown Rot Blossom Blight of Sweet Cherry Caused by *Monilinia laxa*. *American Phytopathological Society*, Vol. 85, No. 4.

Villarino M., Sandín-España P., Melgarejo P. and De Cal A., 2011. High Chlorogenic and Neochlorogenic Acid Levels in Immature Peaches Reduce *Monilinia laxa* Infection by Interfering with Fungal Melanin Biosynthesis. *J. Agric. Food Chem.* 59, 3205–3213.

Fazit / Schlussfolgerungen

Axe A1 : Protection contre le pathogène

In vitro, Agapan et le mélange entre Vitisan, Soufre et Abio étaient les seuls produits alternatifs totalement efficaces in vitro contre *M. laxa*. Le mélange Vitisan + soufre + cuivre conserve la meilleure efficacité au verger.

- **Il semble que l'utilisation d'une seule matière active ne pourra pas complètement protéger contre les attaques de moniliose sur fleurs.**

Axe A2.1. Variétés peu sensibles

Les différences de sensibilité variétale sont un facteur prédominant dans la lutte contre la moniliose. Certaines variétés confirment leur faible sensibilité à la moniliose.

- **Les différences annuelles pour une même variété, ainsi que les différences d'infections au niveau local suggèrent que le stade phénologique influence grandement l'étendue de l'infection.** Une irrigation plus fréquente avant et sur la fleur permettra certainement d'aplanir ces différences.
- **Une liste de variétés peu sensibles à la moniliose et recommandées pour la culture biologique va être proposée.**

Axe A2.2. Réseau d'observation

Un monitoring des influences régionales et annuelles sur l'étendue de la moniliose sur fleurs est en cours.

Axe A3 : Création variétale

La méthode d'extraction développée permet une détection simultanée de l'ADN de monilia et du taux de phénols dans les plantes à partir du même tissu (pistil, réceptacle de la fleur ou phloème). La quantification des spores pourrait permettre de mettre en évidence des obstructions de propagation des spores dans les divers tissus :

- **Cette méthode pourrait être un bon marqueur phénotypique de mécanismes constitutifs de résistance.**

La concentration de composés phénoliques dans les tissus après inoculation est très différente dans les variétés résistantes et sensibles

- **Cette méthode pourrait être un bon marqueur phénotypique de mécanismes biochimiques de résistance et de nouveaux QTLs pourront vraisemblablement être identifiés.**

Axe A4 : Transfert des connaissances

Les communications sur les aspects techniques du projet ont commencé. Le rapport annuel est distribué aux partenaires. Un meeting annuel est planifié le 26 septembre 2018. Les collaborations avec l'INRA d'Avignon et le GRAB (France) ont été renforcées.

Kommunikation / Wissenstransfer

Le projet a été présenté dans ses aspects techniques lors de la Fête de l'Abricot à Saxon le 20 juillet 2018. Il a accompagné le lancement des variétés issues de la sélection Agroscope Lisa et Mia, répertoriées comme tolérantes respectivement à la moniliose et à la bactériose.

Le projet et le verger du FiBL mis en place à Frick ont été présentés en détail dans le cadre du groupe de travail „Modernen Aprikosenanbau Aargau“ le 27 avril 2018 et lors de la conférence de presse du 27 août 2018. La force et la faiblesse de la culture d'abricot ont également été démontrées lors d'autres événements (p. ex. 2018 Organic Fruit Openings, Open House 2018, ...).

Plusieurs articles sont parus dans des journaux de la presse agricole, en abordant les aspects techniques du projet et en promouvant les deux nouvelles variétés Agroscope.

Arbeitsaufwand / Projektkosten

Un décompte détaillé peut être obtenu sur demande auprès des directeurs de projet, Raphaël Charles (FiBL) et Danilo Christen (Agroscope).