

Verger cidricole biologique

Tavelure : comment la maîtriser ?

Perspectives d'évolutions
et résultats d'expérimentations



CRA Normandie, Alice Denis



Après 30 ans de recul sur la production de pommes à cidre en verger basse tige, force est de constater que la maîtrise de la tavelure reste un enjeu technique important. Ceci est d'autant plus d'actualité que la pression de cette maladie a tendance à augmenter dans le Grand Ouest. Aujourd'hui, le nombre d'interventions contre la tavelure est en moyenne de 3 à 4 applications par an avec des extrêmes de 1 à 7 selon les variétés et les conditions de l'année.

En l'absence de traitement sur plusieurs années, même les variétés réputées rustiques et peu sensibles finissent quand même par subir une forte attaque, constituant un inoculum difficile à gérer par la suite.

Bien que les variétés de pommes à cidre et à jus soient globalement plus rustiques que la pomme de table vis-à-vis de la tavelure, il n'est pas toujours facile de décider des impasses de traitement sur des contaminations de moindre importance.

Une bonne connaissance de la biologie de la tavelure associée à de nouveaux outils performants comme le modèle RIM Pro permettent d'envisager plus sereinement la maîtrise de la lutte en verger biologique. De récentes découvertes sur les propriétés «curatives» des produits biologiques laissent entrevoir plus de souplesse dans leur utilisation et l'espoir de diminuer à terme le nombre de traitements.

Biologie de la tavelure

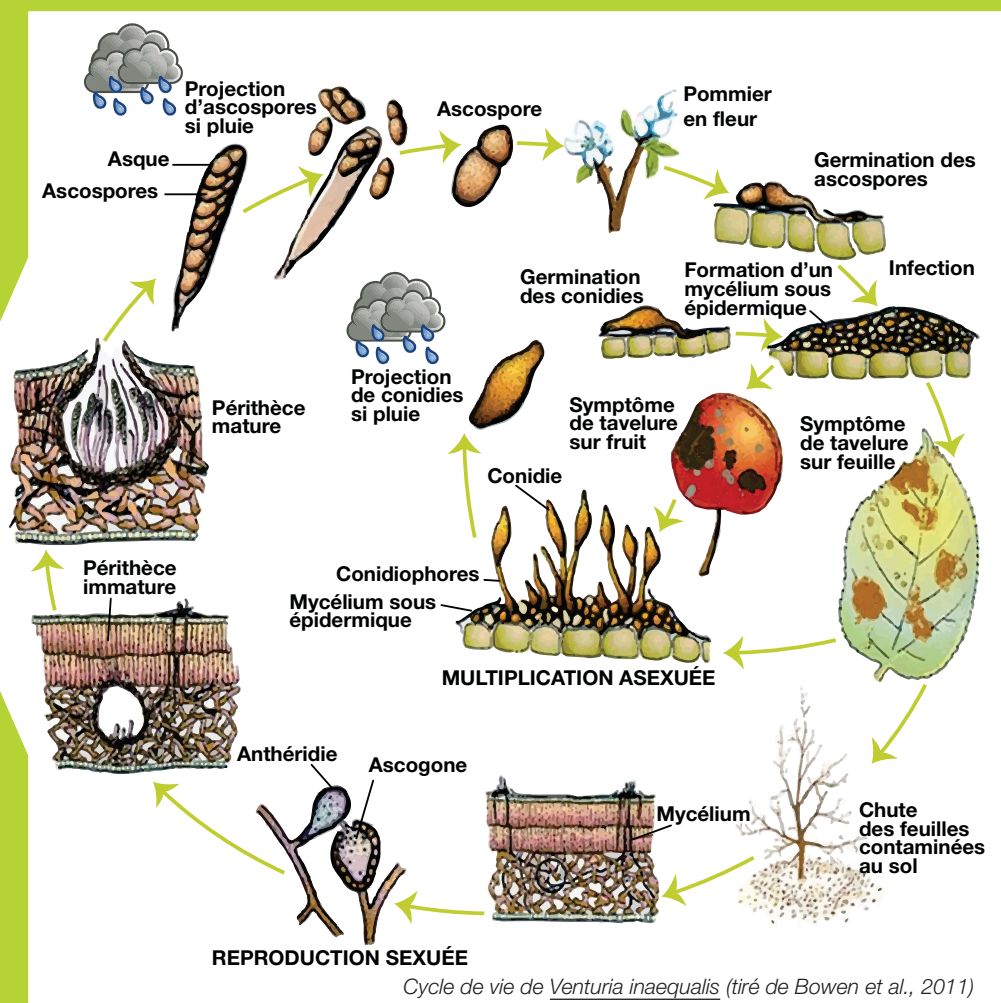
Les spores projetées sont susceptibles de germer sur les feuilles et les fruits et donc de les infecter si ces organes restent mouillés. Plus les températures sont élevées, moins il faut de temps d'humectation pour permettre la germination des spores. Dans certains secteurs de Normandie, la température est parfois insuffisante pour provoquer une infection. C'est le cas notamment des zones de bordure maritime du nord de la Manche, du Calvados (Bessin maritime) et de Seine-Maritime (Pays de Caux).

Dans un contexte climatique comme en Normandie, les toutes premières projections démarrent en moyenne la 1^{re} quinzaine de mars.

Jusqu'au 15 avril, les projections ont rarement un impact sauf pour quelques cas variétaux (développement végétatif hâtif, pommes à jus précoces et pommes de table pour l'industrie). Les températures sont en outre souvent basses et les quantités de spores projetées assez faibles.

C'est le plus souvent du 15 avril au 15 mai qu'ont lieu les plus grosses contaminations, à la faveur d'une remontée des températures et d'un feuillage plus développé (période de la floraison).

En fin de contamination primaire, s'il n'y a pas de tache, la protection tavelure peut être stoppée. A l'inverse, s'il y a présence



de symptômes, ils peuvent être à l'origine d'autres infections sur feuilles et fruits jusqu'alors indemnes. Ces contaminations qualifiées de secondaires, se déroulent pendant l'été et peuvent être graves si les

mois de juillet et août sont pluvieux (sur variétés sensibles notamment). Dans la pratique, ces contaminations secondaires font rarement l'objet de traitements en verger cidricole.

Plantation : des choix déterminants

Les choix faits à la plantation ont une incidence sur la sensibilité du verger à la tavelure et sur une plus ou moins grande facilité à la contrôler. Plusieurs facteurs entrent en jeu ; on ne citera ici que les plus importants :

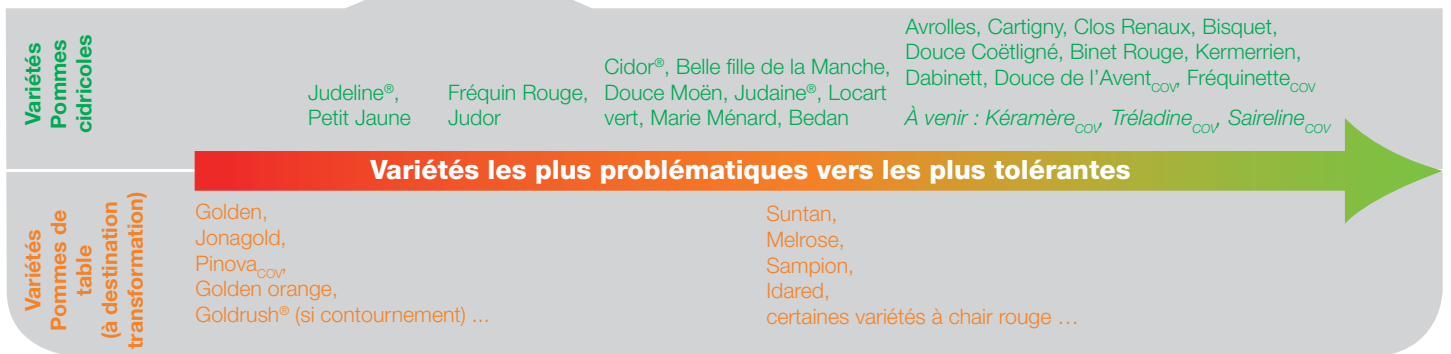
- **Tout d'abord le choix variétal** qui est de loin le facteur le plus fondamental. Autant que possible, les variétés très sensibles sont à éviter en AB ou à ne pas mettre en gros blocs mono-variétaux. Il faut au minimum les alterner

dans les plantations avec des variétés moins sensibles. Rappelons cependant qu'en pomme à cidre, le volet variétal ne peut être raisonné que sur des intérêts et considérations strictement agronomiques car il doit bien évidemment aussi prendre en compte les exigences technologiques et commerciales.

- **Le lieu** où l'on décidera d'implanter le verger. Il faut en particulier proscrire les «bas-fond» souvent plus gélifs, mais aussi plus humides avec un feuillage qui reste

mouillé plus longtemps ce qui représente un facteur aggravant pour le développement de la maladie.

- **La densité de plantation.** Des arbres plus espacés favorisent l'aération et donc un séchage des feuilles plus rapide ; il en résulte un risque tavelure certainement plus limité. En ce sens, on peut aussi évoquer, l'incidence positive d'une taille pratiquée régulièrement qui contribue à rendre l'arbre plus poreux.



Raisonnement de la lutte

Prophylaxie : réduire l'inoculum d'automne

Le principe est de détruire les feuilles qui constituent le support sur lequel la tavelure se développe et se conserve en hiver.

Le broyage des feuilles à l'automne

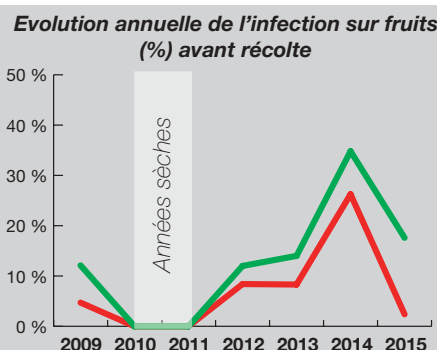
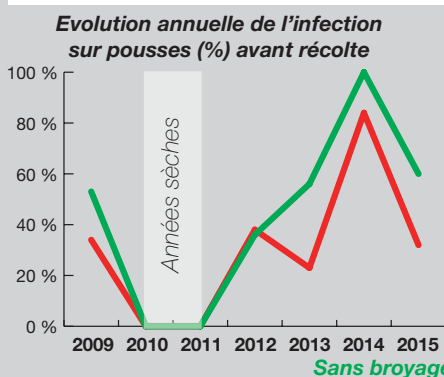
L'objectif est d'accélérer la décomposition des feuilles en les détruisant par voie mécanique.

La mise en œuvre de la méthode suppose un équipement spécifique : broyeur à marteaux avec en particulier une forme et un nombre de marteaux adaptés. Il

faut également un système pour andainer les feuilles et les sortir des ornières. Enfin, les conditions météorologiques doivent se prêter à la bonne réalisation de l'opération.

Résultats d'essais : réduction de l'inoculum de tavelure par broyage des feuilles en hiver

Variété	Petit Jaune (sensible tavelure)
Dispositif	2 blocs homogènes de 4 rangs distants de 150 m
Risques tavelure sur la période de contaminations primaires	Entre 4 et 9 selon les années, dont 2 à 8 risques «graves» et «assez graves» d'après modèle Melkior
Traitements	Identique pour les 2 modalités. Entre 1 à 7 interventions/an selon les conditions de l'année et l'inoculum de l'année précédente. Jamais de traitement sur contaminations secondaires



Un écart en faveur du broyage apparaît progressivement à partir de la 4^e année après début de sa mise en œuvre. Cet écart s'installe après les années 2010 et 2011 (peu favorables au développement de la tavelure) et se maintient sur les cycles de végétation suivants. Il tend même à s'amplifier en 2015 en particulier sur fruit. Sachant, en outre, qu'il s'agit quasi exclusivement d'infections secondaires minimales qui **n'altèrent en rien la productivité**.

Sur un autre site d'essai (variété Douce Moën) avec un dispositif où les 2 modalités se succèdent sur le même rang, les résultats sont moins significatifs, mais restent globalement en faveur du broyage.

Ces observations valident le fait que cette pratique peut donc bien avoir un effet de réduction de la pression tavelure dans le temps. Il ne reste cependant que partiel et ne peut être envisagé qu'en complément d'autres méthodes de lutte.

L'enlèvement des feuilles du verger

Cette technique est envisageable, mais pose le problème de l'utilisation d'un équipement spécifique (sauf à éventuellement utiliser les machines de récolte à cidre ; faisabilité à valider) et de la gestion des volumes de feuilles à évacuer.

Introduction d'animaux

Cette approche prospective actuellement étudiée consiste en l'introduction de moutons dans le verger. La dégradation des feuilles semblerait accélérée par le piétinement des animaux. Une expérimentation est notamment en cours au Lycée Agricole du Pays de Bray à Merval, en partenariat avec la Chambre régionale d'agriculture de Normandie et l'IFPC dans le cadre du projet Casdar «Verger cidricole de demain».

Modélisation

On peut considérer les travaux de Mills comme la base des outils «modernes» de modélisation. Il a mis en évidence les conditions de température et d'humidité nécessaires à la germination des spores infectieuses et les a transcrits en échelle de gravité des risques sur la base de variétés sensibles à la tavelure (ex : risque grave si durée d'humectation longue et température élevée).

Le Modèle Clean'Arbo/Melkior

Le modèle Clean'Arbo renommé Melkior par la suite, a été développé à la fin des années 80 par les Services de la Protection des Végétaux. Ce modèle a constitué une

véritable avancée en intégrant en particulier l'évolution de maturité des spores. Cette donnée permet de déterminer le pourcentage projeté à chaque pluie contaminatrice et le

projetable en prévision. Il en découle une grille décisionnelle de traitements qui fixe le niveau de risque selon les caractéristiques variétales et la connaissance de l'inoculum.

Créée pour la pomme de table, cette grille a été adaptée au contexte du verger cidricole comme suit :

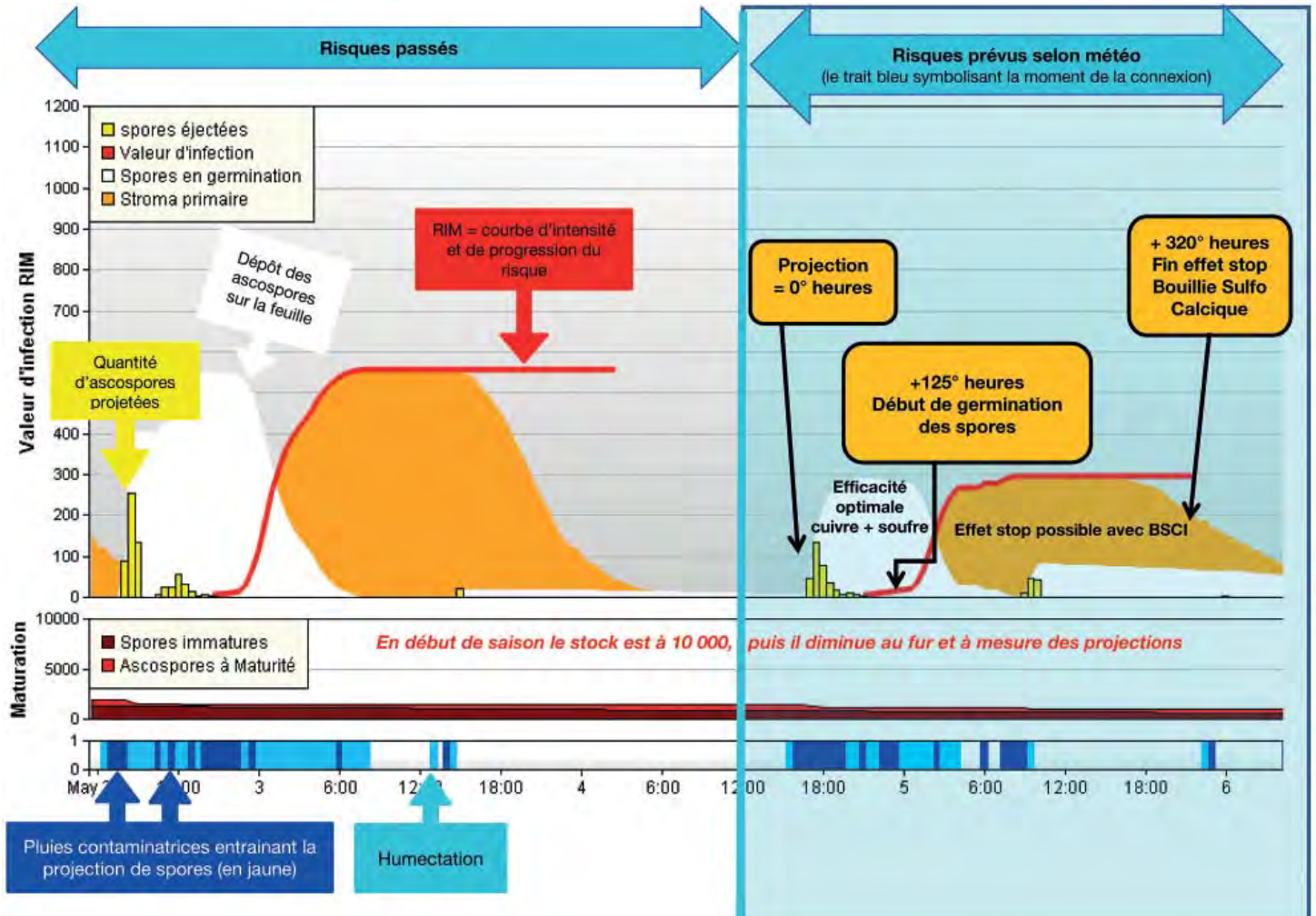
Inoculum d'automne*		Variétés peu sensibles			Variétés sensibles		
		Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Projection de spores	< 5 %			Grave		Grave	Assez grave
	> 5 %		Grave	Assez grave	Grave	Assez grave	Léger

* inoculum d'automne : comptage de tavelure sur pousses effectué à l'automne permettant d'évaluer le potentiel d'infection pour l'année suivante.

Le Modèle RIMpro

Sa conception est plus récente et continue d'évoluer. Il est aujourd'hui utilisé dans plusieurs pays européens. Conçu pour pouvoir interpréter les données météorologiques en continu, il permet de disposer de l'information/évolution de la situation via Internet sous forme d'une représentation graphique facile à comprendre. Il a aussi le grand intérêt de produire une prévision des risques à venir (voir schéma).

Représentation graphique du modèle RIMpro et explications :



RIMpro intègre également certains éléments de biologie de la tavelure ignorés par Clean'Arbo/ Melkior. Par contre, les indications que donne ce modèle ne sont pas associées à une grille de décision des interventions. Nous avons donc élaboré un schéma décisionnel à partir des données de RIMpro qui est proposé ci-dessous et reste à valider.

Enfin, ce modèle précise les phases possibles d'intervention après le début de la pluie contaminatrice pour les produits biologiques, ce qui constitue une grande

avancée pour l'optimisation de la lutte en verger AB. Il faut retenir que :

- La gravité du risque tavelure n'est plus présentée au travers de l'échelle «Léger, Assez Grave, Grave» mais par une valeur chiffrée qui est appelée le RIM (= terme anglais «Relative Infection Measure»).
- Le RIM tient compte à la fois du volume de spores projeté, de la durée de survie des spores et du niveau d'infection.
- L'importance de la projection de spores est exprimée au travers d'un histogramme.

- L'évolution du stock de spores apparaît en bas de graphique : spores matures potentiellement projetables (en rouge clair) et immatures (en rouge foncé).
- La durée d'efficacité des produits utilisés en «stop» ou «curatif» est calculée en valeur «degré-heures» à partir du début de la pluie contaminatrice. Deux zones identifient le positionnement possible des produits utilisés en AB : zone de couleur blanche pour le cuivre-soufre et zone de couleur orange pour la BSCI.

L'utilisation de ce modèle se développe progressivement dans l'univers cidricole. Comme cela avait été réalisé pour le modèle Clean'Arbo/ Melkior, un travail pour définir un schéma décisionnel de traitements sur la base du modèle RIMpro est de toute évidence à envisager. Grâce aux références Pomme de table et aux constats faits en verger de pomme à cidre grâce en particulier à un réseau mis en place par l'OP Agrial, il est possible d'avancer les propositions suivantes :

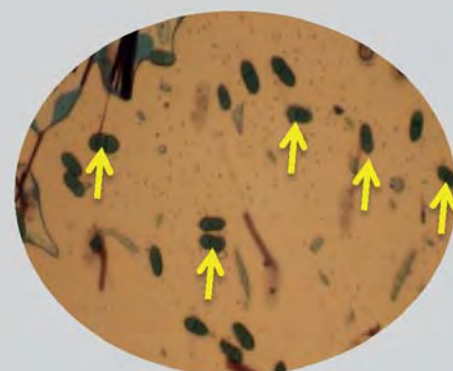
Propositions de schéma décisionnel de traitements restant à valider

Inoculum d'automne	Variétés peu sensibles			Variétés sensibles		
	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort
Valeur de RIM	600 et +	400 et +	200 et +	300 et +	200 et +	100 et +

Pour aller plus loin : le suivi biologique des projections

L'IFPC a mis en place en 2015 un piège à spores appelé «Marchi». Ce système simple permet de suivre les projections des ascospores de tavelure à partir d'un lit de feuilles tavelées récoltées à l'automne. Grâce à un système d'aspiration, les ascospores libérées depuis le lit de feuilles se fixent sur un film plastique. Ce film est ensuite observé au microscope pour dénombrer les ascospores projetées.

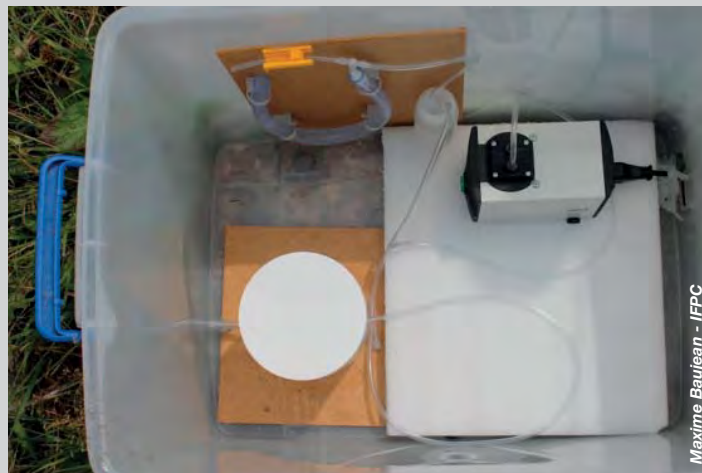
La station cidricole étant équipée d'une station météorologique et également de 2 logiciels de modélisation tavelure, un travail de comparaison des modèles avec les projections réellement observées a été initié. Ce suivi vise notamment à apporter des informations sur les projections en début et en fin des contaminations primaires. Après une année de fonctionnement, on constate que les projections de spores observées après piégeage par le piège «Marchi» suivent une dynamique similaire avec les prévisions des modèles tavelure.



Ascospores de *Venturia inaequalis* au microscope optique. Les spores sont désignées par des flèches.



Piège «Marchi». Les spores issues d'un lit de feuilles sont aspirées.



Et collectées sur un film plastique transparent enroulé autour d'un tambour rotatif gradué.

Produits utilisables en AB et positionnement des traitements

Les deux principaux produits historiquement homologués pour lutter contre la tavelure en AB ; cuivre et soufre, sont des produits de contact classiquement appliqués en préventif avant pluie. Leur utilisation donne globalement satisfaction. Il faut néanmoins citer deux limites :

- La 1^{re} est liée aux contextes météo particulièrement difficiles, avec problème de lessivage, qui nécessiteraient de pouvoir passer le plus tôt possible après la pluie pour garantir une couverture des traitements «sans trous».
- La seconde est de devoir multiplier les passages. Certains peuvent *a posteriori* s'avérer inutiles (durée d'humectation du feuillage insuffisante), ce qui constitue un véritable non-sens par rapport au concept de production biologique.

Grâce à l'interactivité du modèle RIMpro et une meilleure connaissance du potentiel «curatif» des matières actives biologiques, des traitements dits «stop» ou «durant infection» déclenchés après la pluie contaminatrice peuvent être envisagés en production biologique.

Matières actives	Dose produit commercial/ha	Efficacité	Positionnements	Caractéristiques
Soufre mouillable (micronisé à 80 %)	5 à 7,5 kg	Tavelure et oïdium	Préventif avant pluie (5/6 jours) Ou «stop» dans les 125 degrés-heures après début pluie.	L'efficacité du soufre diminue avec la température. Par temps froid, il faut donc augmenter les doses et, inversement, quand il fait plus chaud les diminuer (risques de brûlures sur le végétal si température > 25°C). Il a tendance à être phytotoxique en mélange avec les huiles blanches. Lessivable à 15-20 mm.
Soufre poudre	20 à 25 kg	Tavelure : action éradiquante évoquée sur jeunes taches. Oïdium : action éradiquante	Sur début de sortie de taches, impérativement en période de beau temps pendant 2-3 jours	S'applique avec un équipement spécifique : poudreuse. Très irritant pour l'applicateur
Cuivre	De 0,5 à 2,5 kg pour la Bouillie Bordelaise (soit 100 à 500 g de cuivre métal)	Tavelure et nombreux autres champignons mais pas oïdium	Préventif avant pluie (5/6 jours)	Agit même à basses températures. Phytotoxicité possible en conditions humides. A éviter sur fruits en pomme de table (risque russetting) ou diminuer la dose (100g de Cu métal/ha). Risque d'accumulation dans le sol d'où l'intérêt de faire de faibles doses. Il en existe différentes formes, mais on manque de recul pour savoir s'il y a des différences d'efficacité à dose de cuivre métal identique : - Le sulfate de cuivre : les produits commerciaux les plus connus sont les Bouillies bordelaises dosant en général 20 % de Cu métal. A savoir que le Cuivrol n'a pas d'homologation en tant que tel sur tavelure. Il s'agit d'un fertilisant foliaire enrichi à 18 % de Cu. - L' hydroxyde de cuivre (35 ou 50 % de Cu métal selon les produits commerciaux). - L' oxyde cuivreux (75 % de Cu métal). Produit commercial : Nordox 75.
<i>Quantités limitées en AB à 6 kg de cuivre métal/ha/an en moyenne lissée avec un maximum de 30 kg de cuivre métal/ha sur 5 ans.</i>				
Le mélange cuivre + soufre mouillable	1 kg de Bouillie Bordelaise + 6 kg d'un produit dosant 80 % de soufre. Puis 0,5 kg de Bouillie Bordelaise + 4-5 kg d'un produit dosant 80 % de soufre.	Tavelure, oïdium et autres champignons	Préventif avant pluie (5/6 jours). Ou «stop» dans les 125 degrés-heures après début pluie.	Les doses varient en fonction de la température et du stade végétatif
Bouillie Sulfo Calcique «Italienne» <i>(Dérogation d'usage en 2016)</i>	10 à 15 l pour le Curatio	Tavelure	Stop dans les 300 degrés-heures après début de la pluie. Faible effet préventif	Utilisable sur feuillage humide (c'est même souhaitable pour améliorer son efficacité). Si utilisé très tôt après la pluie (soit dans les 125 degrés-heures après pluie = zone blanche sur le graphique), possibilité de baisser la dose à 5-10l/ha. Attention très corrosif pour matériel et irritant pour l'applicateur.
Bicarbonat de potassium	3 kg/ha pour l'Armicarb associé à 3kg/ha d'un produit à base de soufre 80 %	Tavelure maladie de la suie et crottes de mouche (P de table)	Préventif. Effet «stop» dans les 300 degrés-heures comme la BSCI reste à valider	Facilement lessivable. Phytotoxique, c'est pour cela qu'il est recommandé de l'associer avec le soufre. Le Bicarbonat de potassium «de base» serait moins phytotoxique mais il n'est pas homologué.
Stimulateurs de défense naturels	Plusieurs produits à l'étude actuellement. Nouvelle piste très séduisante mais, à ce jour, aucun n'a fait preuve d'efficacité satisfaisante au champ.			

Résultats d'essais

Un programme de lutte en AB, combinant à la fois des interventions préventives et «stop» a été testé pour se rapprocher d'une possible réalité de terrain. L'effet possible de l'association cuivre+soufre (site 1) et de la BSCI (site 2) dans un tel positionnement a été étudié.

Dispositif : 1 modalité traitée comparée à un témoin sans traitement

Risques tavelure sur la période de contaminations primaires : entre 5 et 7 selon les années et les sites

Traitements : 5 interventions sur contaminations primaires. **Pas de traitement sur contaminations secondaires**

Site 1 :

2 préventifs (cuivre seul)
et 3 «stop» (cuivre + soufre 80 %)

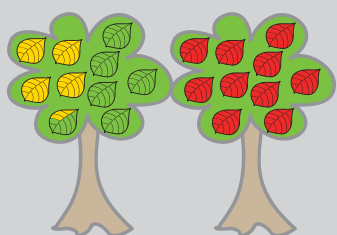
Site 2 :

3 préventifs (cuivre+soufre)
et 2 «stop» (BSCI)

Année 2013 - variété Fréquin rouge
Dégâts sur pousses et fruits (%)

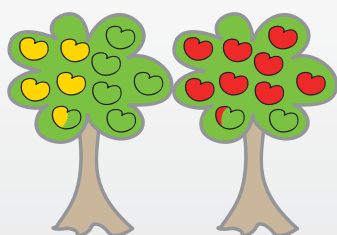
Année 2015 - variété Fréquin rouge
Dégâts sur feuilles et fruits (%)

Modalité «**stop + préventif**» et **Témoin Non Traité**



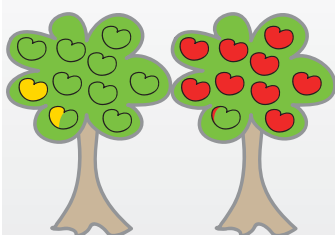
43 % 100 %

% de pousses tavelées
(fin de contaminations primaires)



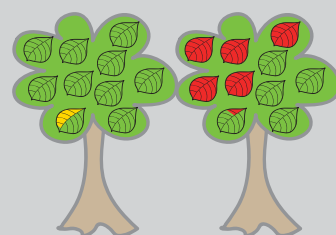
46 % 82,3 %

% de fruits tavelés
(à la récolte)



14,8 % 91,2 %

% de fruits tavelés
(à la récolte)



4,8 % 51,2 %

% de feuilles tavelées
(fin de contaminations primaires)



Modalité «**stop + préventif**»
Symptômes minimes



Modalité **Témoin Non Traité**
Symptômes importants

Dans les 2 essais, on constate une différence importante entre le témoin et la modalité traitée en particulier pour la BSCI. On observe une moindre efficacité du cuivre + soufre. Elle peut s'expliquer par une action limitée de ce mélange en «stop», ainsi que par un positionnement trop tardif de 2 traitements stop sur 3 (au-delà de la limite des 300 degrés heures après pluie). Pour autant, il faut relativiser les résultats de dégâts sur fruits qui sont certes élevés, mais impactent peu la production car il s'agit de petites taches de repiquage issues de contaminations secondaires.

Conclusion

En pomme à cidre, les producteurs en Agriculture Biologique peuvent mettre en œuvre une lutte efficace contre la tavelure dans la mesure où ils connaissent bien les caractéristiques des produits ainsi que la biologie de la tavelure et donc les phases de risques importantes.

En résumé, en positionnant 2 à 5 interventions par an, juste avant la pluie voire immédiatement après, d'un mélange Soufre (4 à 6kg/ha) + Cuivre (100 à 200g/ha de cuivre métal) on obtient la base d'un programme qui donnera en général de bons résultats.

La possibilité d'intervenir avec la BSCI entre 6 et 24 h (entre 125 et 300 degrés-heures) après la pluie, est une solution supplémentaire de grand intérêt. Il reste à espérer qu'elle soit définitivement homologuée en France au plus vite.

Les nouveaux outils de modélisation de type RIMpro constituent une aide importante dans les prises de décision. Il reste à adapter cet outil au contexte cidricole (niveau de RIM) et à l'améliorer notamment quant à la prise en compte de l'inoculum et de la sensibilité variétale pour constituer un véritable schéma de décision **qu'il faut encore valider**.

Enfin, dans un concept d'Agriculture Biologique, il est primordial d'associer et d'intégrer toutes les techniques autres que la lutte directe, que sont la conception des vergers avec le choix variétal ainsi que la diminution de l'inoculum d'automne.

Alice DENIS
Nathalie CORROYER
Jean-Charles CARDON
Bruno CORROYER
*Service Vergers et Produits Cidricoles.
Chambre régionale d'agriculture de Normandie.*

Jean LE MAGUET
Institut Français des Productions Cidricoles

REMERCIEMENTS

Merci aux producteurs qui ont accepté de participer aux expérimentations.

Avec le soutien financier de



Action pilotée par le Ministère chargé de l'agriculture, avec l'appui financier de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto



«La responsabilité du ministère en charge de l'agriculture ne saurait être engagée»



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale «développement agricole et rural»