

COMPTE-RENDU D'ACTIVITÉ

20

17





EDITORIAL

R&D cidricole : un investissement majeur pour la filière, un rôle central pour l'IFPC

2017 a été marquée par 2 événements clés pour l'IFPC : la qualification et les Etats Généraux de l'Alimentation.

Mission accomplie pour la qualification : l'IFPC a pour la troisième fois confirmé son niveau d'excellence et sa pertinence à l'échelle de la filière cidricole en se qualifiant en tant qu'Institut Technique Agricole et Institut Technique Agro-Industriel, sur la période 2018-2022.

Suite à une évaluation précise des besoins, à travers, notamment, la réalisation d'enquêtes approfondies auprès des opérateurs de la filière, un programme a été construit pour les 5 années à venir. Ceci a été l'occasion pour l'IFPC de mettre à jour les priorités, en introduisant de nouvelles thématiques, et de réorganiser la programmation des activités de R&D selon une logique plus transversale, intégrant la prise en compte du continuum amont-aval. Ainsi, le programme s'articule désormais autour de trois axes qui concernent toute la chaîne, de la production de fruits à l'élaboration des produits finis :

1. Durabilité & compétitivité des systèmes de production et des procédés (50 % des ETP de l'IFPC)
2. Innovation, valorisation & qualité des produits (35 % des ETP)
3. Gestion des connaissances et savoir-faire de la filière (15 % des ETP)

Par ailleurs, dans le cadre des Etats Généraux de l'Alimentation, les ambitions de la filière ont été récemment formalisées à travers l'élaboration d'un Plan de filière, défini lui aussi sur la période 2018-2022. Parmi les points majeurs de ce plan figurent la volonté de :

- **Créer de la valeur par la qualité et la diversification sur le marché national**, à travers : la segmentation, l'innovation et la premiumisation de l'offre de cidre ; la consolidation des SIQO, notamment en développant l'offre bio ; la valorisation des opportunités sur les différents débouchés (par exemple le jus) et le développement de nouveaux débouchés (co-produits).
- **Valoriser la filière en mettant la naturalité et la sécurité alimentaire au cœur des modes de production** : produire toujours plus responsable, durable, naturel, avec notamment un objectif d'augmentation de la part des vergers en bio à 30 % des surfaces totales en 2022.

Les autres ambitions sont d'une part de renforcer la notoriété et la reconnaissance au niveau international du cidre à la française et de développer l'export, d'autre part de consolider la contractualisation dans la filière et les relations avec la distribution et les consommateurs.

Ce plan vise des objectifs forts en termes de montée en gamme, de diversification des débouchés, de transformation des modes de production, avec en particulier un triplement des surfaces en agriculture biologique à 5 ans. La R&D est essentielle à sa réussite et le programme de l'IFPC est parfaitement cohérent par rapport aux objectifs poursuivis. Dans sa mission au service de la filière et pour la mise en œuvre en particulier de ce plan, notre Institut est, comme toujours, appelé à jouer un rôle très important. Fort de l'appui de la filière et très engagé pour mobiliser des financements, des compétences, des partenaires, il est d'ores et déjà au travail.

Denis ROULAND
Président de l'IFPC

SOMMAIRE

Vers un matériel végétal mieux adapté

Innovacide : Sélections en cours et poursuite du programme..... p 2

Adapter les itinéraires techniques de production

Verger cidricole de demain : Effet de la réduction des intrants sur la maîtrise de la tavelure en vergers agroécologiques p 4

Régulation naturelle du puceron cendré et aménagements agroécologiques en verger cidricole p 7

Evaluation de l'utilisation des stimulateurs de défense de plante (SDP) en verger de pommier (PEPS) p 9

Maîtriser les procédés de transformation

Maîtrise du trouble des produits cidricoles p 12

Maîtrise de l'acidité et du pH du cidre et du poiré (MAITRACID) p 14

Modulation des notes aromatiques du Calvados (MoNArC) p 15

Autres programmes de R&D en 2017..... p 18

La diffusion de l'information..... p 19

Ce compte-rendu d'activité présente une sélection de projets qui permet de couvrir les différentes thématiques du programme de l'IFPC. Le choix de ces focus est réalisé de manière à alterner les sujets présentés d'une année sur l'autre. Les autres principaux projets de l'IFPC sont synthétisés page 18. Nous remercions les acteurs de la filière qui participent ou collaborent aux essais (techniciens, producteurs, transformateurs...), les financeurs et la profession cidricole qui soutiennent ces projets.



Vers un matériel végétal mieux adapté

Innovacridre : Sélections en cours et poursuite du programme

Contexte et objectifs

Le programme de sélection « Innovacridre » est entré dans sa 10^{ème} année en 2017.

Il a pour objectifs prioritaires la sélection de pommiers tolérants aux maladies, peu ou pas alternants et permettant d'étaler la période de récolte. Les objectifs sur les catégories de saveurs sont larges, afin de proposer des améliorations variétales sur l'ensemble des caractéristiques liées aux saveurs (acidité, amertume...).

Le programme « Innovacridre » correspond à 45 croisements implantés et suivis par l'IFPC, soit environ 3600 individus. Chaque arbre est unique par son génome car issu d'un pépin. Les premiers arbres ont été plantés en 2011 et les derniers en 2014. En 2019, il est prévu de planter 5 croisements, soit environ 400 individus dont les pépins étaient conservés congelés.

Depuis leur implantation, les arbres sont suivis sur le plan agronomique pour leur sensibilité/tolérance à la tavelure/l'oïdium/le chancre, pour leur régularité de production (à travers une estimation de la charge avant récolte), leur date de récolte...

Sur le plan technologique, un premier tri est effectué en éliminant les variétés ayant un pH très élevé ou des teneurs particulièrement faibles en sucre. A ce jour, 2600 individus ont été éliminés pour non correspondance par rapport aux objectifs du programme.



Parcelle de sélection variétale de Sées après élimination totale des arbres (tranche 2012), printemps 2018

Mesure rapide des critères technologiques

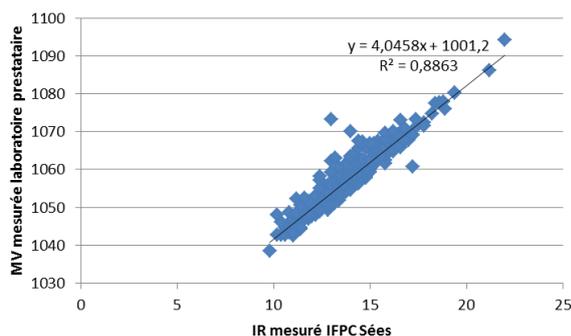
Pour les arbres plantés en 2011 et 2012, les fruits des arbres sélectionnés ont fait l'objet d'analyses plus approfondies : suivi de chute, poids moyen d'un fruit, analyses de maturité, réalisation de jus, mesure de l'indice réfractométrique (IR) à partir de quelques gouttes de jus. Le jus est ensuite congelé pour analyses physico-chimiques (acidité totale, pH, masse volumique et polyphénols totaux) réalisées par un laboratoire extérieur accrédité Cofrac. Les analyses conduites au début d'un programme de sélection n'ont pas besoin d'être très précises, car il s'agit uniquement de classer les variétés par saveur. Une étude a été menée en 2017 pour évaluer des méthodes de dosage simplifiées, afin d'optimiser les coûts et le temps consacré au phénotypage. L'intérêt de ces méthodes est décrit ci-après.

Estimation de la Masse Volumique (MV) par une méthode simplifiée

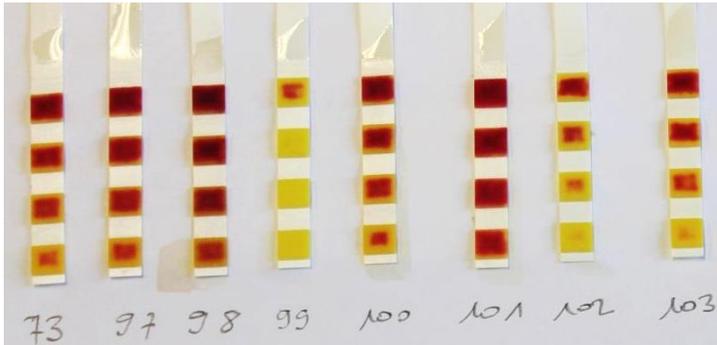
Elle peut se déduire de l'IR grâce à une droite de régression. Pour simplifier, on peut considérer que $MV = 4 \times IR + 1000$. La corrélation MV analysée par le laboratoire et IR est bonne sur l'ensemble des données 2016-2017 ($R^2=0,86$, 286 données analysées). Une attention particulière doit être accordée à la limpidité du jus pour la mesure de l'IR.

Estimation de l'Acidité Totale (AT) par des méthodes simplifiées

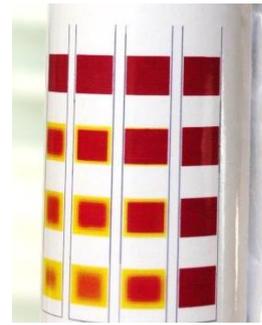
Lorsque l'on est équipé, le pH est une mesure assez facile à effectuer ; la mesure d'AT est par contre plus longue à réaliser. Etant donnée la précision recherchée pour placer les variétés dans des classes de saveur, l'utilisation de bandelettes de mesure d'acidité a été testée. Ces bandelettes mesurent l'AT. Elles permettent nativement de doser entre 0 et 3.8 g/L d'AT exprimée en acide sulfurique. Pour les variétés plus acides, il est possible, en diluant le jus d'un facteur 2 de mesurer entre 0 et 7.7 g/L d'AT exprimée en acide sulfurique. Les tests ont été effectués sur jus décantés, les bandelettes sont trempées quelques secondes et lues entre 5 et 15 minutes après trempage.



Lien entre l'indice réfractométrique (IR) mesuré à Sées et la masse volumique (MV) dosée par le laboratoire prestataire. Données 2016-2017

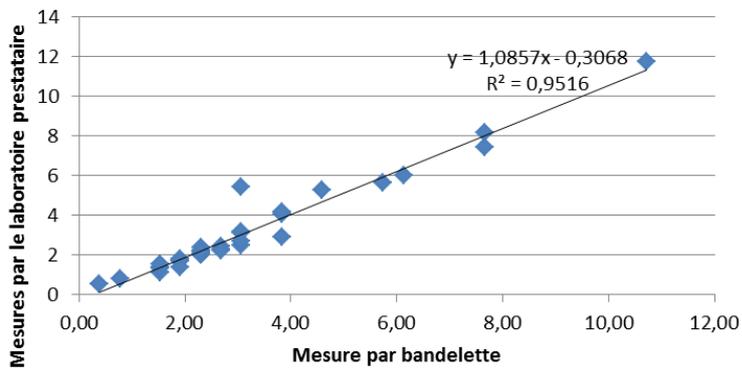


Résultats obtenus 5-10 minutes après trempage des bandelettes (avec en dessous le n° d'échantillon)



Grille de lecture des bandelettes (détail de 0 à 3, de droite à gauche).

Ensemble des données



Régression avec l'ensemble des données (n=35)

Estimation de la teneur en Polyphénols par une méthode simplifiée

Le laboratoire de référence utilise la méthode de Folin-Ciocalteu. La mesure simplifiée proposée repose pour sa part sur une lecture de Densité Optique (DO) en ultraviolet sur un échantillon de jus limpide et dilué. On n'observe pas de corrélation entre la DO et les données d'analyses obtenues par la méthode de référence. Des essais complémentaires seront réalisés en 2018.

Ainsi, il va être possible d'estimer rapidement la masse volumique et l'acidité totale pour ce programme

Perspectives : Poursuite du programme d'amélioration génétique

En 2017, de nouveaux objectifs ont été définis :

- Amélioration de variétés donnant des cidres aromatiques avec des variétés acides et riches précurseurs d'arômes
- Amélioration de variétés à chair rouge (rouge à fort pouvoir colorant + faible brunissement) avec des variétés non sensibles au brunissement.

En partenariat avec l'équipe QualiPom, IRHS INRA Angers, 5 croisements ont été réalisés au printemps 2018.

Adapter les itinéraires techniques de production

« Verger Cidricole de Demain » : Effet de la réduction des intrants sur la maîtrise de la tavelure en vergers agroécologiques

Rappel des objectifs

Le projet Verger Cidricole de Demain vise à expérimenter et évaluer des systèmes de vergers agroécologiques visant la double performance économique et environnementale. Dans une approche dite « système », sont combinées diverses pratiques pour la maîtrise des bio-agresseurs et la conduite du verger (entretien du sol, fertilisation, gestion de l'alternance de production...). Le projet s'appuie sur une participation multi-acteurs (producteurs, entreprises, conseillers, instituts techniques, recherche, enseignement agricole technique et supérieur), depuis les étapes de conception et d'implantation des vergers à celles de pilotage et d'évaluation, avec l'originalité d'un dispositif multi-site implanté chez des producteurs répartis dans le Grand Ouest.

Rappel du dispositif expérimental

2 systèmes sont comparés au sein d'une même parcelle :

- Une **modalité PROD** (1 ha) en phase avec les pratiques actuelles du producteur et conforme au cahier des charges PFI pomme à cidre
- Une **modalité ECO** (1 ha) à faibles niveaux d'intrants (produits phytosanitaires, engrais, eau et carburant) et combinant plusieurs itinéraires techniques alternatifs innovants

1 système = 3 rangs x 3 variétés (Dabinett, Douce de l'Avent_{cov}, Judor)

9 couples de parcelles implantées depuis 2012 en Normandie, Pays de la Loire et Bretagne. Les niveaux d'innovations sont variables sur les 9 systèmes ECO.

- 6 sites intègrent principalement des techniques alternatives considérées comme réversibles et innovantes à court et moyen terme
- 2 sites, en AB, ont mobilisé des pratiques plus risquées car irréversibles (diminution de la densité d'arbres/ha) ou peu testées comme l'introduction d'animaux (moutons ou volailles), pour leur effet prophylactique supposé sur certains bio-agresseurs
- 1 dernier site teste « grandeur nature » un schéma de plantation original visant à limiter le développement de la tavelure par mélange variétal (Didelot et al., 2007*). Ainsi, un modèle mathématique, développé par l'équipe Ecofun de l'IRHS-INRA d'Angers-Nantes, a permis de proposer des combinaisons de cultivars, de niveaux de sensibilité différents à la tavelure et un dispositif optimal de leur déploiement spatial. Deux systèmes en mélange variétal sur le rang sont comparés à un système témoin sans mélange (**figure 1**) :
 - Un système « ECO » constitué des 3 variétés présentes sur l'ensemble du réseau, mais mélangées 2 à 2 sur le rang (Judor avec Douce de l'Avent_{cov}, puis Judor avec Dabinett)
 - Un système « ECO + » comprenant 6 variétés : un rang de mélange de Dabinett, Keramère_{cov}, Bisquet, en alternance avec un rang en mélange d'Avrolles, Douce de l'Avent_{cov} et Judor

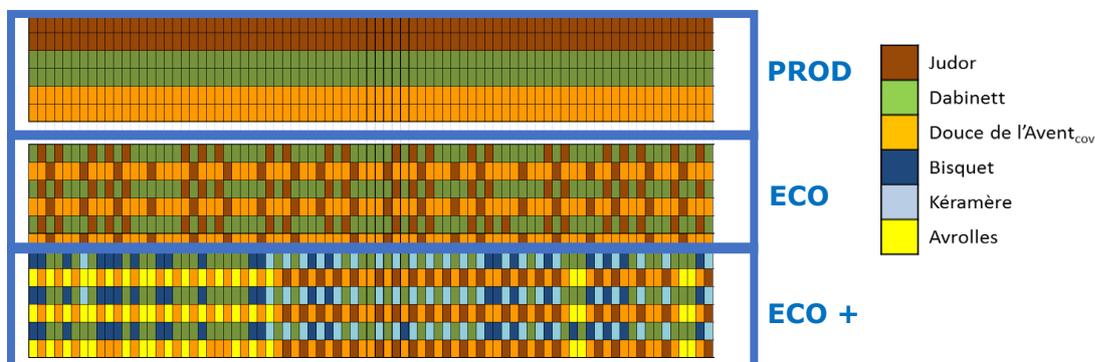


Figure 1 : Plan de la parcelle en mélange variétal située dans le Morbihan (suivi INRA, CRAB et IFPC)

Partenaires et financement

Partenaires : IFPC (chef de file), CRAN, CRAB, Les Cidres de Loire, Maison Cidricole de Bretagne, AGRIAL, EPLEFPA Brémontier-Merval, EPLEFPA Alençon-Sées, EPLEFPA Le Robillard, Agrocampus Ouest Angers, IRHS INRA Angers-Nantes, ACTA informatique, producteurs accueillant les parcelles d'essais.

Financement : CAS DAR, Régions Bretagne et Pays de Loire, UNICID.

Résultats

Bilan des 6 sites conventionnels et des 2 sites en AB

L'enregistrement des interventions réalisées sur les 16 vergers depuis leur implantation permet de dresser un premier bilan des pratiques de traitements en utilisant l'IFT (Indice de Fréquence de Traitement). Cet indicateur rend compte de l'intensité d'utilisation des intrants phytosanitaires. Il correspond au rapport dose appliquée sur dose homologuée, modulé par la surface traitée. Par exemple, un IFT de 0,5 correspond à l'application d'un produit X à demi-dose ou à la dose homologuée mais sur 50 % du verger.

Ainsi, sur les 6 premières années, les fongicides (biocontrôle compris) représentent la part la plus importante des traitements réalisés (54% des IFT PROD et 44% des IFT ECO). Les traitements ciblant spécifiquement la tavelure représentent quant à eux, 80% des fongicides appliqués sur les 6 parcelles conventionnelles et quasiment la totalité des fongicides appliqués sur les 2 parcelles AB du réseau.

La règle de décision mise en œuvre contre la tavelure dans les modalités ECO consiste à intervenir exclusivement en stop ou en curatif, en fonction de l'inoculum d'automne de l'année précédente, de la sensibilité variétale et du niveau de risque de contaminations donné par les modèles tavelure. Sur les 6 premières années de vie des vergers ECO, elle a conduit à une forte diminution du nombre de traitements anti-tavelure car seuls les risques avérés ont été couverts sur la période de contaminations primaires (peu de protection justifiée sur contaminations secondaires). La réduction moyenne des IFT atteint ainsi 48% sur les 6 vergers ECO conventionnels et 63% sur les 2 vergers ECO en AB. Il faut toutefois noter la forte variabilité de réduction entre les sites (plage de réduction allant de 3% à 89%). Cette baisse des IFT se traduit en moyenne par 1 à 2 passages en moins par an et s'explique essentiellement par une réduction des fongicides de synthèse (hors cuivre et soufre) et par une réduction des doses dans les systèmes ECO. Les quantités de cuivre métal ont également été réduites, y compris dans les systèmes AB.

Sur le plan agronomique, après 6 ans d'application de cette stratégie, la majorité des parcelles ECO présente une fréquence d'attaque sur pousses équivalente à PROD pour les 3 variétés, y compris pour la variété sensible Judor (figures 2 et 2 bis). La tendance se confirme également sur les fruits (résultats non présentés ici), où la tavelure ne semble pas avoir eu d'incidence sur la récolte (état sanitaire et rendements). A noter cependant, qu'il a été plus difficile de gérer la tavelure sur Judor dans les systèmes AB (figure 2 bis), en particulier les années 2012 et 2014 où la pression de la maladie était plus forte. Sur ces 2 sites, la tavelure sur pousses était conséquente aussi bien dans ECO que dans PROD mais sans incidence majeure sur les fruits à récolte.

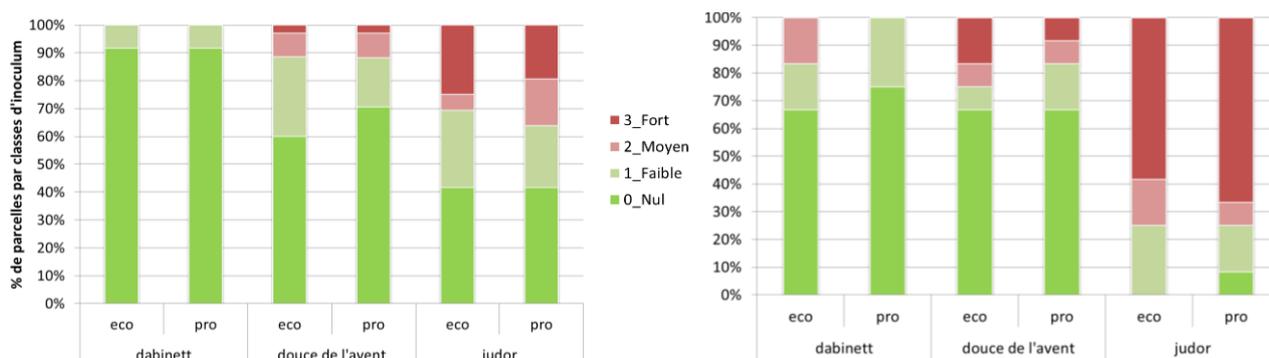


Figure 2 et 2 bis (parcelles conventionnelles à gauche et AB à droite) : comparaison ECO/PROD du pourcentage de parcelles (1 cas = 1 année/1 variété/1 système) concernées pour chaque classe d'inoculum (pourcentage de pousses tavelées à l'automne) et pour chaque variété

La réduction des traitements s'est également traduite par une baisse des risques pour la santé humaine et l'environnement (estimés avec l'indicateur IRPeQ**). Sur les 6 premières feuilles, on estime un gain de 41% et 54% sur le plan environnemental (respectivement pour les parcelles conventionnelles et AB) et de 54% sur le plan de la santé de l'apporteur.

Sur le plan économique, la stratégie mise en œuvre a permis de réduire les coûts liés à la protection tavelure de l'ordre de 45% (sur 6 ans, économie 80€/hectare pour les sites AB et de 180€/hectare pour les systèmes conventionnels).

Cette stratégie curative systématique reste néanmoins très contraignante et délicate à maîtriser pour les producteurs : délai d'intervention nécessairement court et *a fortiori* dépendant de la surface du verger à traiter, conditions météo aléatoires pour la pleine efficacité des produits appliqués... De plus, une utilisation exclusive de produits à action curative peut induire des risques de résistance. La disparition des effets secondaires de certains fongicides anti-tavelure du fait de leur réduction a aussi engendré le développement d'autres maladies secondaires, en particulier sur les sites AB (cas de marssonina par exemple).

Bilan de la parcelle en mélange variétal

Pour la parcelle en mélange variétal (cf. plan figure 1), sans traitement contre la tavelure depuis la plantation, les observations sur feuilles en fin de contaminations primaires (fin juin-début juillet) montrent que la maladie s'est répandue à l'ensemble du verger. Il existe de fortes différences de sensibilité entre les variétés (résultats non présentés ici), Judor étant la variété la plus sensible. Présente dans les trois parcelles, elle a donc permis d'évaluer l'efficacité des mélanges.

Les statistiques montrent une diminution significative de l'intensité d'attaque à partir de 2014 lorsque Judor est mélangée sur le rang avec une ou deux autres variétés par rapport à la même variété implantée en pur (parcelle PROD) (figure 3). En revanche, il n'y a pas de différence entre le mélange à 3 variétés et celui à 6 variétés.

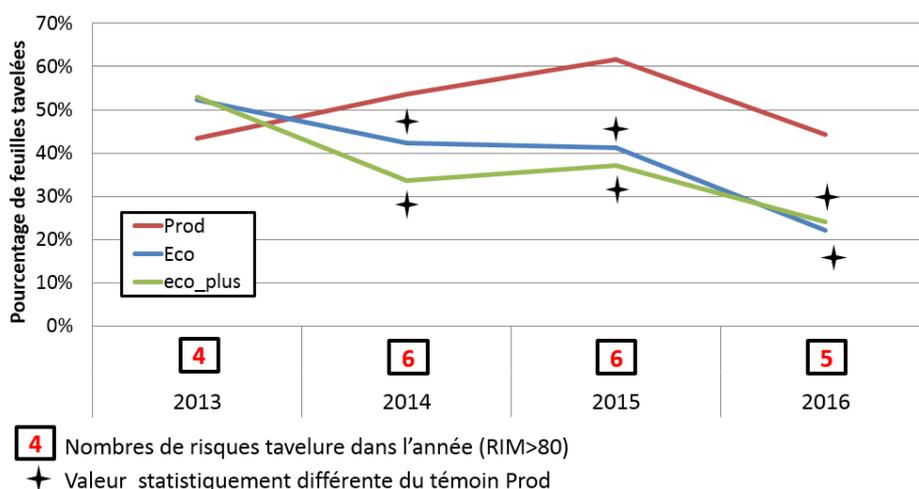


Figure 3 : Evolution du % de feuilles tavelées en fin de contaminations primaires entre 2013 et 2016 sur la variété Judor dans les parcelles PROD (témoin non en mélange variétal), ECO (mélange de 3 variétés, 2 à 2 sur le rang) et ECO+ (mélange de 6 variétés, 3 à 3 sur le rang)

Sur fruits (résultats non présentés ici), on observe également une efficacité des mélanges pour réduire la tavelure sur la variété sensible Judor, avec de 21 à 56 % de tavelure en moins selon les années dans les mélanges.

La disparition des effets secondaires de certains fongicides anti-tavelure du fait de leur suppression depuis la plantation a cependant engendré le développement d'autres maladies. C'est notamment le cas du chancre et de l'antracnose du pommier.

Conclusion

Après 6 ans d'études, les stratégies tavelure bas-intrants testées sur les parcelles ECO du réseau « Verger Cidricole de Demain » ont montré des résultats intéressants. Le bilan économique et environnemental est positif : ces stratégies ont permis une réduction conséquente des fongicides, et ce, sans augmentation des dégâts de tavelure. Les résultats sont néanmoins très variables selon les sites et les années et ne concernent que 3 variétés. Ils restent donc à confirmer dans les années futures.

Références

* Didelot, F., Brun, L., Parisi, L., 2007. Effects of cultivar mixtures on scab control in apple orchards. Plant Pathology, vol.56, pp. 1014-1022.

** Samuel, O., Dion, S., St-Laurent, L., April, M.-H. (2012). Indicateur de risque des pesticides du Québec - IRPeQ - Santé et environnement [en ligne]. Québec : ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation/ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs/Institut national de santé publique du Québec, 48 p.

Régulation naturelle du puceron cendré et aménagements agroécologiques en verger cidricole

Contexte

L'IFPC et ses partenaires étudient le développement de systèmes de vergers économes en intrants notamment au travers du projet CAS DAR « Verger Cidricole de Demain ». Dans le cadre de ce projet, une thèse CIFRE a été conduite de 2014 à 2017 par Laurence ALBERT sur l'impact d'aménagements agroécologiques (haies et bandes fleuries) sur la régulation naturelle du puceron cendré, ravageur majeur du verger cidricole, en particulier en phase de jeunesse. Ces travaux s'inscrivent dans la recherche de systèmes de vergers économiquement viables et reposant davantage sur des services agroécologiques, dont ceux apportés par la biodiversité fonctionnelle.

Partenaires

Thèse : IFPC, INRA PSH Avignon, UMR IGEPP Rennes

Verger Cidricole de Demain : cf. liste partenaires p 5

Financement

CAS DAR, Régions Bretagne et Pays de Loire, UNICID, ANRT (bourse CIFRE)

Résultats

Une communauté d'auxiliaires diversifiée qui se succède au sein des foyers de pucerons cendrés

L'étude a été conduite sur des parcelles de producteurs cidricoles dans lesquelles certaines pratiques agronomiques ont été modifiées (élévation des seuils d'intervention, substances actives alternatives...) et des mélanges fleuris implantés. Des foyers de pucerons cendrés ont été suivis régulièrement durant 3 années (comptage du nombre de pucerons, de fourmis et du nombre d'auxiliaires observés dans les foyers par stade et par famille).

Au cours de ces 3 années de thèse, des relevés au filet fauchoir ont également permis de capturer les auxiliaires présents dans les différentes strates des vergers : strates herbacées (inter-rangs, mélanges fleuris) et strate arborée (pommiers, haies). La communauté d'auxiliaires observée varie d'une strate à l'autre (**figure 1**).

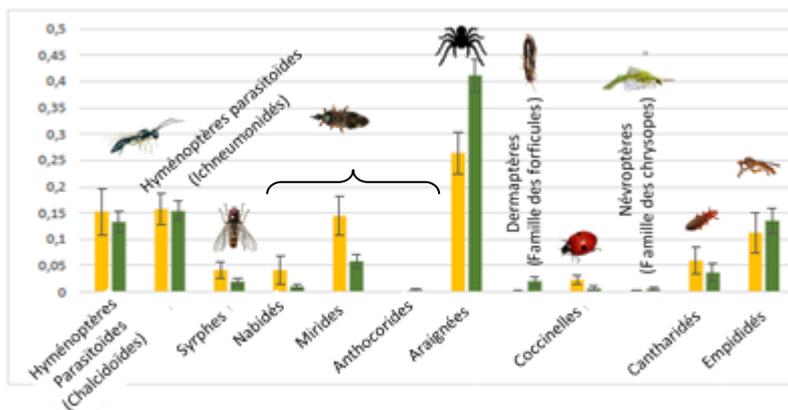


Figure 1 : Proportion moyenne d'auxiliaires capturés au filet fauchoir par échantillon et pour chaque grande famille identifiée. En jaune dans les mélanges fleuris, en vert dans les haies.

Ces auxiliaires ne sont pas tous présents en même temps dans les foyers de pucerons cendrés. Les larves de syrphes et de cécidomyies sont les auxiliaires présents le plus tôt dans les foyers de pucerons cendrés. Les coccinelles, forficules et araignées arrivent plus tard. Les **larves de syrphes semblent donc être des auxiliaires intéressants à favoriser dans les vergers** du fait de leur présence précoce, de leur abondance et de leur voracité (une larve de syrphe peut consommer jusqu'à 1000 pucerons).

L'impact des aménagements agroécologiques

✚ Un effet positif des bandes fleuries

Les résultats de cette étude montrent que les arbres situés à proximité des mélanges fleuris (**figure 2**) sont moins infestés par les pucerons cendrés sur l'ensemble de la saison. De plus, ces mêmes arbres ont un plus grand nombre d'auxiliaires dans les foyers de pucerons (pour une même quantité de pucerons considérée). La mise en relation de ces deux résultats suggère que la proximité d'un mélange fleuri favorise la régulation naturelle du puceron cendré. Ceci peut s'expliquer par les différents rôles fonctionnels que ces aménagements peuvent jouer. En effet, ils fournissent :

- Refuges aux insectes et araignées lorsque le verger est perturbé
- Sites d'hivernation et de reproduction
- Sources de nourriture secondaires (par exemple, des pucerons non inféodés aux pommiers mais présents sur la parcelle toute l'année, permettent aux auxiliaires de rester au sein du verger et d'être rapidement disponibles pour s'attaquer aux ravageurs des pommiers lorsque ceux-ci arrivent)
- Sources de nourriture, essentielle au développement de certains insectes telles les syrphes qui se nourrissent à l'état adulte exclusivement de pollen et de nectar. Ces auxiliaires vont ensuite pondre dans les foyers de pucerons les plus proches de cette source de nourriture et la larve éclore consommera alors les pucerons. La présence d'espèces végétales fleurissant est donc intéressante pour attirer les syrphes adultes le plus tôt possible dans les vergers



Figure 2 : Exemple de mélange fleuri © G. Decarsin

✚ Un effet important des fourmis sur la régulation naturelle des pucerons cendrés

Les fourmis peuvent entretenir une relation mutualiste avec le puceron cendré (**figure 3**). C'est un mode donnant/donnant : les fourmis récupèrent le sucre issu du miellat des pucerons (production secrétée par le puceron qui favorise aussi le développement de champignons tels que la fumagine) nécessaire à leur développement. En échange, les fourmis protègent les pucerons de certains auxiliaires. En effet, les fourmis, cherchant à protéger leur nourriture, attaquent les syrphes, coccinelles ou autres auxiliaires qui souhaiteraient consommer des pucerons ou pondre à leur proximité. Dans cette étude, les fourmis sont présentes en plus grand nombre dans les foyers de pucerons situés à proximité des haies, mais sans entraîner une diminution de la quantité globale d'auxiliaires observés dans les foyers.



Figure 3 : Fourmis dans un foyer de pucerons cendrés © L. Albert - IFPC

Conclusion et perspectives

Les travaux ont permis d'évaluer les effets des infrastructures agroécologiques sur les dynamiques des populations du puceron cendré. Les mélanges fleuris permettent une réduction significative des abondances de pucerons grâce à l'attraction des ennemis naturels.

L'effet des haies est moins satisfaisant et des recherches complémentaires seraient nécessaires pour mieux comprendre les déterminants. L'analyse de l'effet de la distance entre pommiers et infrastructures n'a pas permis d'évaluer la portée spatiale des aménagements, mais suggère qu'elle pourrait être supérieure aux valeurs habituellement considérées (de l'ordre de quelques mètres).

Il reste néanmoins difficile de déterminer un seuil à partir duquel les populations d'auxiliaires empêcheraient des dégâts sur fruits et sur rameaux, seuil qui permettrait de limiter l'usage de produits aphicides. Cette thèse a notamment permis d'initier une réflexion autour d'un indicateur d'évaluation du potentiel de régulation du puceron cendré par ses ennemis naturels. Cet outil doit être encore amélioré et validé à une plus large échelle avant de pouvoir être utilisé par les producteurs comme outil de pilotage des interventions aphicides et d'adaptation des stratégies.

L'intégralité des travaux et du manuscrit de thèse de Laurence ALBERT sont librement accessibles sur internet à l'adresse suivante : <http://www.ifpc.eu/programmes-de-recherche.html>

Evaluation de l'utilisation des stimulateurs de défense de plante (SDP) en verger de pommier (PEPS)

Qu'est-ce qu'un SDP ?

L'IFPC est partenaire du Réseau Mixte Technologique Elicitra. Ce réseau rassemble des partenaires issus de la recherche académique et appliquée, des instituts techniques, des universités et lycées techniques, des chambres d'agriculture ainsi que des pôles de compétitivité. Il vise à comprendre, développer et promouvoir les stratégies basées sur le traitement des plantes avec des stimulateurs de défense. Pour Elicitra, la définition d'un SDP est la suivante : **on définit par le terme SDP toute substance ou tout micro-organisme vivant non pathogène qui, appliqué sur une plante, est capable de promouvoir un état de résistance significativement plus élevé par rapport à une plante non traitée, face à des stress biotiques**



Contexte

L'enjeu du projet initié par l'INRA IRHS d'Angers est de répondre à la question : **les SDP peuvent-ils avoir un intérêt en protection du verger, et si oui, comment les utiliser ?**

Jusqu'à présent, les résultats terrain se sont révélés peu convaincants, soulevant le scepticisme dans la profession, alors que certains résultats obtenus en conditions contrôlées sont au contraire très encourageants. Les techniciens concernés sont très demandeurs de résultats objectifs, obtenus avec une méthodologie adaptée à ce type de produits, afin de pouvoir conseiller les arboriculteurs et être des interlocuteurs des firmes en connaissance de cause. Le projet Innovation et Partenariat PEPS a ainsi permis de fédérer les acteurs des expérimentations « terrain » et « laboratoire » pour répondre à la question.

Objectif de l'étude

L'objectif du projet CAS DAR PEPS est de comprendre comment intégrer les SDP dans les itinéraires techniques du verger de pommier en prenant en compte les différentes conduites (pommes à couteaux/pommes à cidre et agriculture conventionnelle/biologique) pour réduire l'usage des produits phytosanitaires classiques et apporter une solution alternative en agriculture biologique.

Partenaires et financement

Partenaires : INRA IRHS Angers (chef de file), UEH Angers, CTIFL Lanxade, IFPC, La Morinière, SUDEXPE, La Pugère, Invenio, CEFEL, Exploitation du Lycée Horticole de Niort.

Financement : CAS DAR, UNICID

Dispositif de l'étude et résultats

Le projet s'est articulé en trois parties :

- Une vérification de l'activité réelle de stimulation des défenses sur pommier en laboratoire par l'INRA-IRHS d'Angers (méthode brevetée « qPFD », Brisset et Dugé de Bernonville)
- Des expérimentations sur les 5 « meilleurs » SDP sortis du screening précédent (c'est-à-dire stimulant le plus fortement les défenses au niveau moléculaire) sur un réseau de vergers de 8 partenaires en focalisant sur la protection vis-à-vis de la tavelure (*Venturia inaequalis*) et des maladies de conservation (*Gloeosporium*, *Monilia*, *Botrytis* + échaudure)
- Des études en conditions contrôlées sur les paramètres soupçonnés d'interférer sur l'efficacité des SDP retenus (variétés, conditions environnementales, persistance d'action, autres intrants)

Sélection des SDP au laboratoire

Les essais ont été réalisés sur jeunes plantes de pommier en conditions contrôlées selon une méthodologie développée par l'INRA IRHS : traitements des jeunes plantes à J0, pulvérisation au peroxyde d'hydrogène sur la moitié des plantes à J1 pour mimer une attaque par un bioagresseur (et révéler un effet potentialisateur), prélèvement de tissus sur une cinétique de 3 jours (J1, J2, J3), analyse des défenses par un outil de diagnostic moléculaire permettant de quantifier les marqueurs de défense dans un tissu de plante (qPFD = Puce Faible Densité quantitative, **figure 1**). Une liste de 28 SDP établie par les partenaires a fait l'objet de ce screening. Les **5 produits** ayant induit le plus les défenses des plantes en conditions contrôlées sont le **Bion, le Trafos, le LBG, le Kendal et l'Armcarb.**

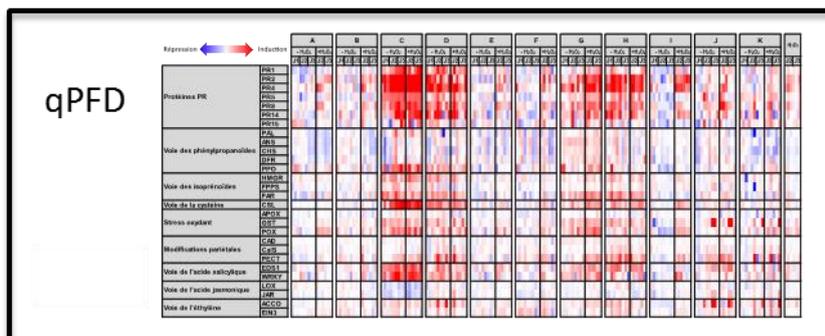


Figure 1 : Résultat type obtenu après traitement informatique des données. En colonne se trouvent les différents produits testés, les lignes correspondent aux différents types de défense activés. Plus la cellule est colorée en rouge, plus les gènes de défense ont été activés par le produit. A l'inverse, plus la cellule est colorée en bleu, plus les gènes de défense de la plante ont été réprimés.

Utilisation des SDP sur la tavelure du pommier

Les 5 SDP retenus après la phase de screening au laboratoire ont été évalués pour leur capacité de protection vis-à-vis de la tavelure et des maladies de conservation. Le réseau d'essais a été mis en place dès 2015 sur 8 sites d'expérimentation représentatifs des bassins de production : CTIFL Lanxade, CEFEL, SUDEXPE, Invenio, IFPC, La Morinière, La Pugère et l'INRA UEH Angers. Les 8 partenaires ont suivi un protocole commun, mais évolutif d'année en année en fonction des résultats de l'année précédente (programmes de traitement, SDP testés). L'ensemble des essais ont été conduits en contamination naturelle.

Un protocole commun utilisé pour les essais au verger

Les essais ont été réalisés sur des variétés sensibles à la tavelure : Gala, Golden Delicious, Pink Lady®, Braeburn pour les pommes à couteau et **Fréquin Rouge pour les pommes à cidre**. Les modalités comparées sont :

- Témoin non traité (indicateur de la pression tavelure sur chaque site)
- Programme Référence (Production Fruitière Intégrée ou bio)
- Programme allégé (PFI ou bio)
- SDP (2 minimum par site) en cadence hebdomadaire d'avril à juin (contaminations primaires tavelure) ajoutés à un programme de PFI ou bio allégé ou appliqués seuls sur le site de l'IFPC



Figure 2 : Lot de pommes dans la classe 2 (taches > 1 cm²) issues du témoin non traité. Photo IFPC

L'allègement des programmes PFI a été raisonné selon des seuils de contamination définis préalablement et fournis par le modèle RIMpro. Le niveau d'infection a été évalué sur pousses et fruits en juin à la fin de la phase de contaminations primaires, puis à la récolte. 50 pousses et 100 fruits par parcelles élémentaires ont été observés ; une pousse présentant au moins une feuille avec une tache de tavelure est notée comme tavelée. Les notations sur fruits distinguent trois classes, 0 : fruits sains, 1 : taches < 1cm², 2 : taches > 1cm² (**figure 2**).

Démonstration de l'efficacité du phosphonate de potassium (LBG) sur la tavelure

Le **tableau 1** résume les résultats obtenus en 2017.

Pour les stations travaillant en pomme de table, une levée totale des fongicides au 1^{er} risque tavelure a été opérée pour les modalités allégées.

L'essai effectué à l'IFPC a étudié les SDP seuls, et non en complément d'une stratégie PFI allégée. Les résultats obtenus en 2015 et 2016 à l'IFPC ont en effet montré qu'une prise de risque plus importante pouvait être effectuée sur ce site. Pour tous les sites, 8 applications maximum de SDP ont été réalisées dans la saison. Les résultats montrent l'intérêt de l'utilisation des SDP dans les stratégies tavelure. Comme pour toute expérimentation terrain, les résultats sont variables selon le site et le produit testé ; les SDP permettent selon les cas de réduire de 3 à plus de 70% la fréquence de pousses tavelées en fin de contamination primaire.

Modalité SDP	PFI	PFI allégée					
			+ Bion	+ LBG 8L	+ LBG 4L	+ Kendal	
% de pousses tavelées sur chaque site	INRA	2,5	67,5	50,8			48,3
	Invenio	6	41,5		5,3	7,8	
	La Morinière	45	93		22	34	
	CTIFL	5,8	20,4	15	2,5	1,7	11,6
	SudExpé	31,3	31,7	30,4	17,5	20,4	34,6
	CEFEL	12	28,5	23,5		6	20
	La Pugère	21	30,5	14,5	15,3	17,5	
	IFPC	9			*5,3	*21	*9,3

Tableau 1 : synthèse des résultats obtenus par les 8 partenaires en 2017

* Modalités sans aucun apport de fongicides, les SDP ont été utilisés seuls

L'utilisation des SDP seuls sur la variété Fréquin Rouge à l'IFPC donne des résultats très intéressants avec seulement 5.3 % et 9.3 % de pousses tavelées pour les modalités LBG dosées à 8 L/ha et Kendal.

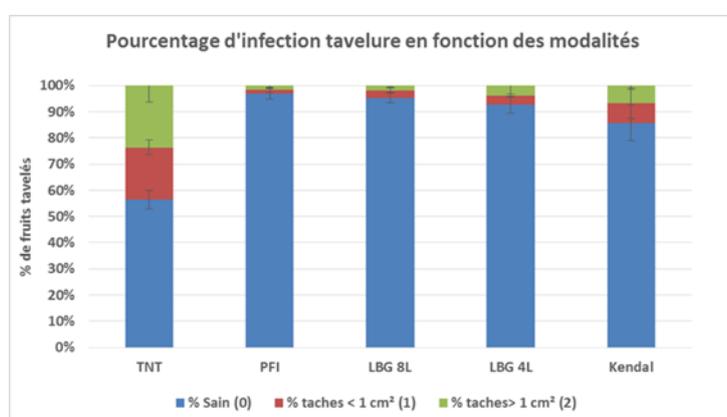


Figure 3 : Résultats obtenus sur fruits en 2017 à la récolte sur la parcelle d'essai de l'IFPC

La **figure 3** montre que les résultats sur fruits sont également très encourageants : les modalités traitées avec les SDP sont statistiquement identiques à la stratégie PFI, avec un taux de fruits touchés par la tavelure très faible.

Conclusion

Sur les 3 années d'essais terrains, des résultats très encourageants ont été obtenus sur un certain nombre de SDP, notamment les produits à base de phosphonate de potassium.

Les produits cités dans cet article sont en phase de test et ne bénéficient pas encore à ce jour d'une homologation en fruits à pépins. Cette étude a permis de préciser l'efficacité des SDP dans le cadre d'un appui dans la stratégie PFI voire utilisé seul comme sur le site de l'IFPC.

De nombreuses questions restent cependant encore en suspens, notamment l'influence de facteurs extérieurs sur l'efficacité d'un traitement à base de SDP (température et hygrométrie avant, pendant et après l'application par exemple).

Maîtriser les procédés de transformation

Maîtrise du trouble des produits cidricoles

Contexte

Les boissons limpides produites à partir de pommes à cidre (jus, cidre, pommeau) peuvent présenter, pendant leur phase de commercialisation puis de conservation avant consommation, une perte de limpidité, allant à l'encontre des attentes des consommateurs et de la distribution. Cette problématique étant partagée avec d'autres boissons, l'IFPC a construit un projet multi-filière portant sur les troubles d'origine colloïdaux : « La déstabilisation colloïdale des boissons limpides (jus de pomme, cidre, pommeau, bière et vins rouge et blanc) : recherche sur les mécanismes impliqués et développements d'itinéraires technologiques de prévention ».

Ce projet a été retenu dans le cadre de l'appel à projet national CAS DAR Recherche Technologique. Il a débuté fin 2014 et se terminera mi 2018. Dans le cadre de ce projet, une thèse (co-financement de thèse IFPC & INRA département CEPIA) est dédiée spécifiquement aux produits d'origine cidricole (jus de pomme, cidre et pommeau).

Objectifs

Les objectifs poursuivis dans ce projet sont :

- Lever les verrous de connaissance sur les mécanismes impliqués dans l'instabilité colloïdale des différents produits, cela grâce à la mise en œuvre d'approches couplées de chimie et de physico-chimie des macromolécules
- Améliorer et proposer des outils prédictifs fiables de l'instabilité colloïdale des produits finis
- A partir des connaissances acquises sur les mécanismes sous-jacents, proposer des méthodes pour favoriser la stabilité colloïdale (traitements préventifs et/ou curatifs)

Partenaires et financement

Partenaires : IFPC (chef de file), Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV), Institut Français des Boissons, de la Brasserie et de la Malterie (IFBM), INRA centre Angers-Nantes, INRA centre de Montpellier, Centre national de la recherche scientifique (CNRS), UMT Nova²Cidre

Financement : CAS DAR, UNICID

Réalisation et résultats

Elucidation des mécanismes de formation des troubles

✚ Pour le pommeau



Microfiltration à froid de pommeau en atelier

L'analyse de la composition du trouble des pommeaux montre l'importance des polyphénols, en particulier les tanins non-oxydés, puisque ce sont les polyphénols majoritaires dans les troubles. D'autres dosages moins spécifiques font ressortir qu'une part non expliquée des troubles pourrait correspondre à des polyphénols oxydés. Les procédés de fabrication des pommeaux favorisant largement l'oxydation des composés phénoliques, cette hypothèse est vraisemblable.

Des expérimentations menées en solution modèle ont montré l'implication de certains polyphénols oxydés (tanins) dans la formation de trouble. Un suivi par diffusion de lumière a mis en évidence des phénomènes d'agrégation impliquant les tanins, mais uniquement lorsque ceux-ci étaient oxydés. Dans ces conditions, l'augmentation du niveau d'oxydation, ainsi que du degré de polymérisation (ie. la taille des tanins), induit une accélération de la cinétique d'agrégation.



Comparaison de turbidité d'un pommeau avant et après microfiltration

Des expérimentations ont été menées pour comparer la réversibilité des troubles en solution modèle par rapport à ceux des pommeaux. Les résultats font apparaître que ceux-ci ont un comportement très similaire, ce qui valide le choix de ce modèle. Enfin, la poursuite de l'oxydation pendant la cinétique d'agrégation, mais aussi au cours de l'étude de la réversibilité, est à l'origine de la formation d'agrégats irréversibles. Il semble que le confinement des molécules dans des agrégats favorise la formation d'agrégats irréversibles en plus grand nombre.

Ces travaux ont, pour la première fois, démontré l'implication de produits d'oxydation de procyanidines et mis en évidence le rôle des couplages intramoléculaires dans la formation de troubles dans des boissons comme les pommeaux.

Pour le jus de pomme

L'analyse de la composition des troubles a montré la présence en quantité importante de protéines dans certains jus de pomme. Ces protéines ont fait l'objet d'un séquençage par LC-MS/MS qui ont permis d'identifier pour la première fois dans les troubles du jus de pomme des protéines de défense des plantes, aussi nommées « pathogenesis-related proteins ». Nous avons voulu vérifier l'implication de ces protéines dans la formation des troubles de jus de pomme en évaluant la capacité d'agrégation de fractions protéiques purifiées en solution modèle. Bien que les concentrations protéiques soient faibles (15 µg/mL), le chauffage à 80°C pendant 2 heures est suffisant pour induire l'apparition d'un trouble. D'autre part, ces fractions protéiques ont également montré une capacité à interagir (formation d'un précipité) avec les tanins. Cette interaction étant d'autant plus importante que le degré de polymérisation des tannins était important.

Amélioration et proposition d'outils de diagnostic du trouble

Nous avons mis en place des expérimentations pour adapter le test prédictif du trouble du pommeau existant à des jus de pomme et à des cidres. Le test prédictif pré-existant consistait en la réalisation de 3 cycles successifs chaud (50°C ; 20H) / froid (-5°C ; 4H) et une mesure de turbidité à l'issue des 3 cycles à une température de 10°C. Les premiers travaux ont consisté en la réalisation de cycles chauds (1H à 60°C) / froid (23H à 2°C) et à mesurer la turbidité, à la fin de chaque stade de température.

Les produits réagissent différemment au passage à 60°C. Pour les pommeaux, un impact fort de la température est observé, puisqu'après 23H à 2°C, les pommeaux testés sont tous troubles, alors qu'après 1H à 60°C, les pommeaux testés sont tous devenus limpides. Pour le jus de pomme, la turbidité était faible et relativement stable (< 100 NTU), quelle que soit la température. Concernant les cidres, l'impact de la température sur la turbidité est variable selon les échantillons : après 1H à 60°C, la turbidité diminue fortement et peut même disparaître. A noter que le niveau de turbidité après 23H à 2°C est très variable selon les échantillons et peut aller de 100 à 1300 NTU. Des travaux sont en cours pour approfondir ces résultats.

Propositions d'itinéraires technologiques et méthode de stabilisation

A partir des résultats obtenus, nous avons mis en place des expérimentations pour éliminer le trouble et éviter sa reformation. Des essais de microfiltration tangentielle (MFT) ont été menés sur des pommeaux avec différents seuils de coupure (0,14 µm et 1,4 µm) et à différentes températures. Les microfiltrations à basse température (< 2°C) se sont révélées très efficaces pour éliminer une grande partie du trouble. De plus, la mise au froid (2°C, 48-72H) des produits avant microfiltration permet de potentialiser le trouble, c'est-à-dire de maximiser sa formation, celui-ci étant ensuite éliminé efficacement par MFT avec un seuil de coupure de 0,14 µm. Les turbidités obtenues après MFT à 0,14 µm sont inférieures à 10 NTU. Après avoir validé ces résultats à l'échelle pilote, nous avons effectué des essais de MFT chez deux producteurs, en comparaison de leur pratique habituelle. La MFT à 0,14 µm à basse température a éliminé une grande partie du trouble et a empêché la reformation d'un trouble indésirable pour une durée supérieure à 1 an, dans les conditions testées.

Pour le jus de pomme, nous avons opté pour une autre stratégie qui consiste à réaliser un traitement thermique pour dénaturer les protéines. Le jus de pomme est ensuite mis au froid, ce qui permet l'agrégation de ces protéines et la formation de trouble et de l'éliminer par microfiltration, de la même manière que pour les pommeaux.

Ces résultats semblent prometteurs dans l'optique de mieux maîtriser la trouble dans les produits cidricoles.

Maîtrise de l'acidité et du pH du cidre et du poiré (MAITRACID)

Contexte et objectifs

Pourquoi maîtriser l'acidité et le pH dans les produits cidricoles ? La maîtrise de l'acidité et du pH est à l'intersection de deux enjeux en cidrerie : le premier concerne la perception organoleptique avec la maîtrise des saveurs et le second est relié à la stabilité principalement microbiologique des produits.

L'enjeu organoleptique de maîtrise des saveurs porte principalement sur l'équilibre sucre/acide. C'est le cas des produits acides pouvant présenter un déficit de sucre à l'embouteillage, comme par exemple des poirés que le cidrier souhaite désacidifier pour rééquilibrer le rapport sucre/acide. Cela peut aussi être le cas d'un produit manquant d'acidité ayant par exemple fait sa Fermentation Malo-Lactique (FML) que le cidrier souhaite acidifier pour apporter plus de « fraîcheur » au produit. Bien entendu, un continuum de situations existe entre ces deux précédents exemples. Au-delà de cet équilibre sucre/acide, la maîtrise de l'acidité peut aussi permettre de moduler la perception de l'astringence dans les produits. La réduction de l'acidité permet de diminuer la perception de l'astringence, sensation dont l'excès est rejeté par une grande partie des consommateurs.

La problématique de stabilisation des cidres et poirés porte un objectif principal qui est de parvenir à une meilleure stabilité microbiologique ; La baisse du pH est un levier efficace pour limiter les altérations bactériennes par son incidence sur la croissance des bactéries via l'action sur l'efficacité du SO₂. La baisse du pH peut aussi être un outil pour favoriser la conservation de la couleur des cidres rosés.

Le projet « MAITRACID » est un projet multipartenaire et pluriannuel (36 mois de 2018 à 2020) qui a pour objectif finalisé de mettre à dispositions des outils et connaissances permettant aux cidriers de mieux gérer le pH et l'acidité de leurs produits.

Ce projet est divisé en 4 parties distinctes avec un objectif précis pour chacune d'elles :

1/ Mieux connaître les facteurs de variabilité de l'acidification des produits en cours de fermentation, pour *in fine* être capable d'estimer cette acidification. Il s'agira d'une part de faire un état des lieux des variations d'acidité et de pH au cours de la fermentation en cidrerie, mais aussi de quantifier l'impact de certains facteurs (souche, acidité initiale, richesse en azote) sur la variation de l'acidité et du pH des cidres.



Culture de microorganismes du cidre

2/ Fiabiliser la réalisation de la FML dans les produits cidricoles acides (poirés et cidres acidulés), en sélectionnant des souches de bactéries lactiques adaptées pour les cidriers. Pour cela, des souches de bactéries lactiques d'origine cidricole et œnologiques seront évaluées.



Mesure de masse volumique

3/ Evaluer les différentes techniques (microbiologique, chimique et membranaire) permettant de moduler l'acidité et le pH des cidres et poirés. Une évaluation organoleptique et économique des différents procédés sera réalisée, afin de mettre à disposition des cidriers les éléments pour effectuer le choix de technologie. L'inclusion de technique membranaire répond aux exigences de transformations sans intrants.

4/ Diffuser les résultats obtenus lors du projet

Partenaires et financeurs

Partenaires : IFPC (pilote), Association de Recherche Appliquée à la transformation Cidricole (ARAC), Normandie Terre de cidre (NTDC), Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne (CRAB), Les Cidres de Loire, UMT Nova²cidre

Financeurs : FranceAgriMer, CASDAR, UNICID

Modulation des Notes Aromatiques du Calvados (MoNArC)

Contexte et Objectifs

Ce projet a été conçu en lien avec les professionnels, afin de répondre plus précisément aux attentes du marché des spiritueux qui progresse essentiellement sur le créneau des eaux-de-vie de 2 à 3 ans ayant eu peu de contact avec le bois et consommées en apéritifs, cocktails, long-drinks... moments différents des usages habituels. La filière du Calvados se distingue par son fruité différent des autres eaux-de-vie qu'il est nécessaire d'intensifier et de maîtriser, afin de changer l'image de cette boisson souvent considérée comme vieillissante, rude et agressive.

Ces constatations ont amené à une récente révision des cahiers de charges des différentes AOC existantes, ouvrant de nouvelles perspectives d'études pour l'amélioration de la qualité des cidres de distillation et eaux-de-vie correspondantes. Les résultats présentés portent essentiellement sur une partie du projet pilotée par l'IFPC concernant la maîtrise de la fermentation des cidres à distiller.

Partenaires

IFPC (chef de file), GIP LABEO, Université de Caen Normandie, Distillerie Busnel, Spirit France Diffusion, Château du Breuil, Domaine de Coquerel, Distillerie Théo Capelle, ARAC

Financeurs

Région Normandie, FEDER, UNICID, IDAC

Résultats : Produire un cidre de distillation pour une eau-de-vie fruitée

L'hypothèse sous-jacente est que le principal levier pour augmenter le fruité d'une eau-de-vie est de disposer d'un cidre à distiller fruité via un contrôle adéquat de la fermentation. Tout ce qui sera formé lors de la fermentation sera conservé de façon très significative dans l'eau-de-vie. Les principales molécules participant au fruité sont les esters d'acétate, d'où l'intérêt porté sur ces molécules et leurs précurseurs, les alcools supérieurs.

Un travail de fond a été entrepris dans le but d'acquérir des données sur la génération et la conservation des composés volatils lors de fermentations menées jusqu'à sec par des levures cidricoles. La modulation de paramètres physico-chimiques, telle que l'oxygénation, a aussi été étudiée.

Suivi de fermentations par une souche de levure *Saccharomyces Uvarum* d'origine cidricole

Expérimentation 1

Des fermentations en triplicata biologiques ont été conduites par cette levure à 10°C jusqu'à sec, suivies d'une conservation sur lies d'une durée de 2 mois.

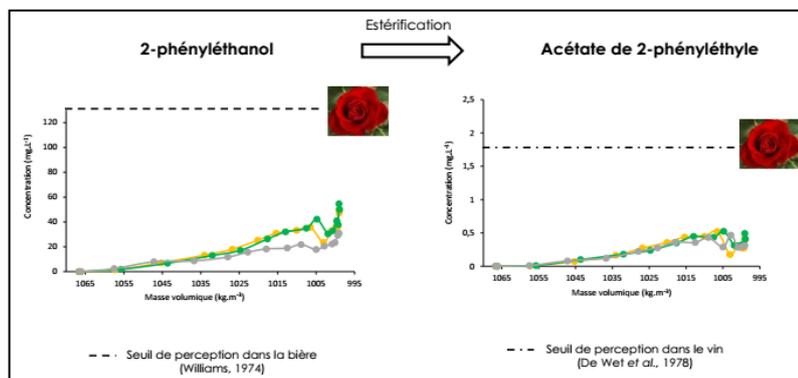


Figure 1 : Exemple de formation d'un alcool supérieur et son ester correspondant au cours de la fermentation

Dans cette figure, l'accumulation des composés volatils est exprimée en fonction de la masse volumique. Ainsi, en abscisse, deux intervalles correspondent à la même perte en sucres et permet de faire un lien avec l'avancée de la fermentation.

Les deux graphiques montrent une absence de 2-phényléthanol et d'acétate de phényléthyle dans le moût de départ et une accumulation, non pas uniquement lors de la phase de croissance de la levure, mais tout au long de la fermentation. Cette constatation est également vraie pour le 3-méthylbutan-1-ol et l'acétate d'isoamyle (non présentés ici). Ainsi, pour ces composés, il est possible de formuler l'hypothèse d'un lien avec métabolisme carboné (consommation des sucres), plutôt qu'avec le métabolisme azoté (croissance des levures), ce qui est en cohérence avec les travaux réalisés par d'autres équipes sur le vin.

Les seuils de perception en vin ou bière (lignes pointillées) ne sont dépassés que dans le cas de deux composés : l'acétate d'isoamyle et l'acétate d'hexyle (non représentés ici). Cependant, les composés n'ayant pas de concentrations supérieures à leurs seuils peuvent tout de même intervenir sur l'arôme global par un effet de synergie avec autres composés volatils. La concentration de l'acétate d'isoamyle passant au-dessus du seuil de perception confirme sa contribution directe au fruité dans ces conditions. Contrairement aux quatre autres composés, l'hexanol est présent dans le moût. Celui-ci est dégradé, transformé très rapidement et ceci de façon concomitante à l'accumulation en acétate d'hexyle. La concentration en ce composé dépasse le seuil de perception montrant un impact direct de celui-ci sur l'arôme du cidre.

Expérimentation 2

Cette expérimentation a été conçue afin d'étudier l'impact aromatique d'une souche d'*Hanseniaspora* en fin de fermentation (masse volumique entre 1015 et 1000 kg.m⁻³). Cette logique est différente de ce qui est observé en fermentation classique et ce qui a déjà été testé en pilote et en cidrerie. La fermentation principale est assurée par *Saccharomyces Uvarum* d'origine cidricole et la souche de *Hanseniaspora* est ajoutée à quatre masses volumiques différentes (1015, 1010, 1005 et 1000 kg/m³). Pour chaque masse volumique, le cidre fermenté par *Saccharomyces Uvarum* est transféré vers deux fermenteurs avec, soit l'inoculation par *Hanseniaspora* après microfiltration correspondant à une fermentation en mono-souche, soit l'inoculation par *Hanseniaspora* est réalisée en conservant la souche de *Saccharomyces Uvarum* correspondant à une fermentation en flore mixte.

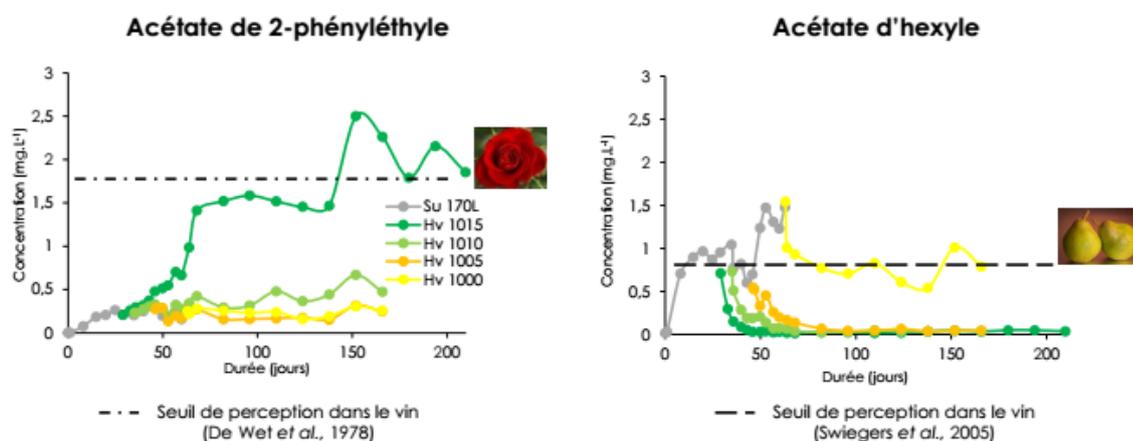


Figure 2 : Evolution de l'acétate de 2-phényléthyle et de l'acétate d'hexyle au cours de la fermentation en mono-souche d'*Hanseniaspora* en fin de fermentation d'un cidre de distillation

La **figure 2** nous montre que lorsque *Hanseniaspora* est inoculée en mono-souche après *Saccharomyces Uvarum* à 1015 kg.m⁻³, elle produit environ 10 fois plus d'acétate de phényléthyle que *Saccharomyces Uvarum* seule. Néanmoins, pour les modalités avec une fermentation plus avancée et donc un taux d'éthanol plus important, *Hanseniaspora* n'a plus la capacité de produire ce composé. La levure *Hanseniaspora* a aussi un impact sur l'acétate d'hexyle. En effet, nous constatons une dégradation de l'acétate d'hexyle très rapide. Pour une masse volumique de 1000 kg.m⁻³, il faut noter que la dégradation de l'acétate d'hexyle est stoppée car la viabilité chute très rapidement.

Conservation des arômes au cours de la maturation

Pour les trois alcools ciblés, les quantités présentes dans les cidres ne varient pas de façon significative du début à la fin de la conservation. Il est observé une légère synthèse de phényléthanol. Concernant les esters (**figure 3**), nous observons une tendance à perdre de l'acétate d'isoamyle ou de l'acétate d'hexyle, mais ces faibles pertes ne peuvent justifier la disparition du fruité comme cela est décrit par les professionnels. Les pertes seraient donc dues à d'autres types de dégradation que la dégradation chimique.

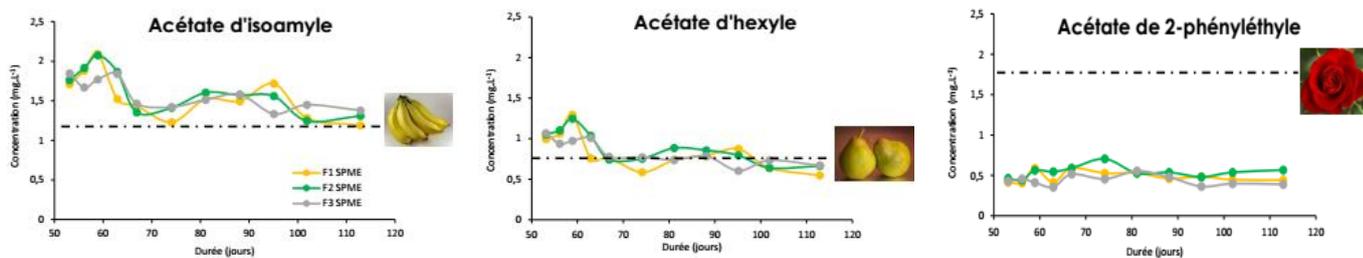


Figure 3 : Evolution de l'acétate d'isoamyle, de l'acétate d'hexyle et de l'acétate de 2-phényléthyle au cours de la conservation d'un cidre de distillation

Impact de pulse d'oxygène

Nous avons étudié l'impact d'une oxygénation en cours de fermentation, avec deux pulses d'oxygène réalisés l'un après la phase de croissance puis l'autre 15 jours après, en comparaison à un témoin non oxygéné. La **figure 4** montre que les pulses permettent d'avoir un niveau maximum de population supérieur et de conserver une viabilité plus importante plus longtemps. Cela se traduit par une cinétique de fermentation plus rapide, une pente de diminution de la masse volumique plus importante.

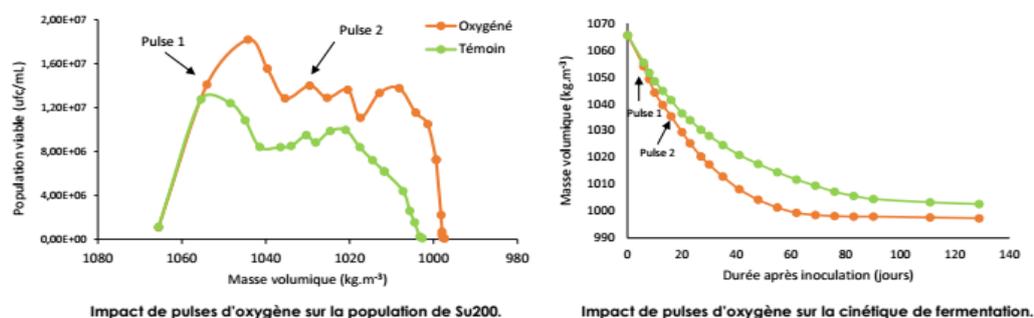


Figure 4 : Evolution des populations de *Saccharomyces uvarum* et de la masse volumique au cours de la fermentation d'un cidre de distillation en fonction de l'apport en oxygène

Malgré des différences de populations viables entre les deux modalités, nous n'avons pas observé d'effet de l'oxygénation sur la teneur en esters d'acétate.

Conclusion et perspectives

Dans des conditions de fermentations contrôlées d'un cidre de distillation, nous disposons d'une souche de *Saccharomyces uvarum* capable de mener une fermentation à terme et de générer des quantités d'alcools supérieurs intéressantes. Elle produit également des esters d'acétate intéressants de par leurs contributions au fruité, surtout l'acétate d'hexyle et l'acétate d'isoamyle dont les concentrations passent au-dessus des seuils de perception.

La souche d'*Hanseniaspora* testée ne peut mener une fermentation à terme pour un cidre de distillation. Cependant, elle permet de moduler les notes aromatiques des cidres du fait de l'accumulation d'acétate de 2-phényléthyle et de la dégradation de l'acétate d'hexyle. La viabilité de cette souche est stable malgré des inoculations pratiquées dans un milieu contenant déjà des quantités d'éthanol importantes, ce qui laisse envisageable son utilisation en tant que flore de protection contre les flores d'altération.

Au cours de la conservation, nous avons observé des pertes d'esters d'acétate après deux mois de conservation post-fermentaire. Cette faible diminution n'explique pas les pertes importantes de fruité observées sur le terrain par les producteurs. La disparition du fruité serait plutôt en lien avec des contaminations microbiologiques. Il serait intéressant à ce niveau d'avoir une réflexion sur la gestion des moments de distillation en fonction de la qualité du cidre à distiller et du profil de l'eau-de-vie voulue.

L'oxygénation permet d'atteindre des niveaux de population levurienne supérieurs et de maintenir une viabilité plus importante dans le temps. La meilleure conservation de la flore pourrait permettre de lutter plus efficacement contre le développement des flores d'altération.

L'année 2017 a permis l'acquisition de données sur la fin de fermentation et la conservation en utilisant des levures sélectionnées par l'IFPC/INRA PRP. L'année 2018 sera orientée sur la hiérarchisation, les leviers physico-chimiques et le choix de souches à inoculer permettant d'augmenter le fruité. Nous prévoyons aussi d'entamer des travaux sur la limitation des pertes aromatiques.

Autres programmes de R&D en 2017

Thèmes et objectifs	Partenaires techniques et scientifiques
Variétés européennes (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> • Evaluer des variétés issues de programmes initiés dans différents bassins de production cidricole en Europe 	IFPC (pilote), CRA de Normandie et Bretagne, Les Cidres de Loire
Etude de porte-greffes adaptés à la production cidricole (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> • Caractériser et identifier de nouveaux porte-greffes d'intérêt pour la filière 	IFPC (pilote), pépiniéristes, Les Cidres de Loire, producteurs
Poires à poiré (Feader, Région Normandie) <ul style="list-style-type: none"> • Améliorer les modes de conduite du poirier et la qualité des poirés 	CRA Normandie (pilote), IFPC, ARAC, Labeo Frank Duncombe
Etude des phénomènes de dépérissement du pommier (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> • Suivi épidémiologique en vergers et recherches sur les phénomènes en jeu 	IFPC (pilote), MCB, Les Cidres de Loire, AGRIAL, CRAN, CRAB, CTIFL
Gestion et modélisation de la tavelure en verger cidricole (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> • Comparer différents outils de modélisation de la tavelure avec des observations réelles de projection de spores en verger 	IFPC (pilote), techniciens de la filière cidricole
Pulvarbo : La pulvérisation, un levier pour réduire les intrants (Ecophyto / ONEMA) <ul style="list-style-type: none"> • Améliorer les pratiques de pulvérisation afin de limiter les pertes dans l'environnement 	CTIFL (pilote), IFPC, IRSTEA, CRA Bretagne, CRA Normandie, AGRIAL, Les Cidres de Loire, station La Morinière, Inventio, CEFEL, La Pugère, CEHM
Etude des résidus phytosanitaires Réaliser une veille et constituer une base de données pour les professionnels	IFPC (pilote), CRA de Normandie et Bretagne, Les Cidres de Loire, entreprises, Unicid
Vers des systèmes de cultures pérennes agroécologiques - AgroEcoPérennes (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> • Conception de systèmes de production agroécologiques à base de plantes pérennes 	IFV (pilote), IFPC, INRA, ITAB, GRAB, AgroCampus Ouest, Montpellier Sup Agro
Etude des techniques de l'Agriculture Biologique en verger cidricole (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> • Disposer de références techniques adaptées au verger cidricole • Proposer des techniques transposables en verger conventionnel 	CRA de Normandie (pilote), IFPC, GRABs de Normandie, ITAB, Ctifl, INRA groupe « verger durable »
Fertilisation et entretien du sol en verger jeune en AB (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> • Comparer différentes stratégies de fertilisation et de gestion du sol en AB 	ACTA et ITAB (pilotes ATT AB), IFPC, 10 ITAs dont Ctifl, IFV et la CRA de Normandie
Conduite de l'arbre et éclaircissage mécanique en verger cidricole (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> • Etablir les conditions de mise en œuvre des techniques de conduite et leur incidence technico-économique, optimiser les techniques d'éclaircissage mécanique 	IFPC (pilote), CRA de Normandie, AGRIAL, Les Cidres de Loire, Agrocampus Ouest, Ctifl
Guide de co-conception de systèmes de production fruitière économes en produits phytopharmaceutiques <ul style="list-style-type: none"> • Outil pour mettre en œuvre des systèmes de production économes en produits phytopharmaceutiques et économiquement viables 	GIS FRUITS et ses partenaires (IFPC, INRA, ITAs dont Ctifl, APCA, enseignement, techniciens)
Conservation des fruits au verger (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> • Connaître les altérations fongiques au verger et tester des stratégies alternatives 	IFPC (pilote), CRA de Normandie et Bretagne, Les Cidres de Loire, AGRIAL
Réduction du risque de patuline grâce à une gestion intégrée et durable de la production de pommes et produits dérivés – PATRISK (ANR) <ul style="list-style-type: none"> • Réduire la contamination des pommes par la patuline grâce à des actions préventives lors de la récolte et des opérations de post-récolte 	GIS FRUITS (pilote), Université de Montpellier 2 (coordination), IFPC, INRA, CTIFL, AFIDEM, CIRAD
Mycotoxines majeures et émergentes dans les filières cidre et vin (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> • Anticiper l'émergence de « nouvelles mycotoxines » dans le cidre et le vin 	IFV (pilote), IFPC, BNIC, CRA de Normandie, INRA UMR Toxalim
Maîtrise et modulation de la couleur des cidres (Bretagne, Pays de la Loire, CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> • Apporter des solutions technologiques aux transformateurs pour une meilleure maîtrise de la couleur 	IFPC (pilote), UMT Nova ² Cidre, INRA BIA PRP & IRHS, ESA Angers, Institut des Sciences Chimiques Rennes, PAO, COREC
Maîtrise aromatique des cidres - AROMACIDRE (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> • Mieux comprendre la constitution de la composante aromatique des cidres 	IFPC (pilote), UMT Nova ² Cidre, INRA BIA PRP, ARAC, Normandie Terre de Cidre
Diversité des levures de fermentation (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> • Evaluer les intérêts technologiques et organoleptiques de différentes souches de levures isolées de cidres dans le but d'améliorer la qualité des produits 	IFV (pilote), IFPC, ITAB, ISVV, INRA BIA équipe PRP, UMT Nova ² cidre, RMT FIDELE

La diffusion de l'information

Outils pratiques pour la filière

L'IFPC a diffusé ses **prévisions de récolte** pour la filière en septembre 2017. Au cours de la récolte, l'IFPC a diffusé plusieurs **notes d'informations** sur la dynamique de chute des fruits et l'évolution des maturités. Enfin, l'IFPC a contribué au **BSV arboriculture fruits transformés** inter régional (23 n°).

Les colloques et journées techniques

Les **Entretiens Cidricoles 2017** organisés dans le cadre du salon SIVAL à Angers avaient pour thème : « *Biocontrôle et biodiversité fonctionnelle : intérêts et perspectives pour la filière cidricole* ». Ils se sont déroulés devant une assistance de 100 personnes dont de nombreux professionnels. Cette conférence avait pour objet de faire un état des lieux des travaux récents conduits dans ces domaines et des perspectives pour les producteurs.



Une **journée technique** a été organisée le 21 juin 2017 à la Station Cidricole de Sées dédiée à **l'optimisation des méthodes et matériels de pulvérisation en verger cidricole**. Cette journée, financée dans le cadre du plan ECOPHYTO, a rassemblé 60 personnes et s'est déroulée en salle puis dans le verger de la station cidricole de Sées où des ateliers de démonstration ont été organisés.

L'objectif a été de présenter aux producteurs de pommes à cidre, ainsi qu'à leurs techniciens, les pistes d'amélioration possible, disponibles ou à venir, des pratiques liées à la pulvérisation des produits.



Une autre **journée technique** consacrée à **la couleur des cidres** a eu lieu le 3 février 2017 à Rennes. Cette journée, organisée en partenariat avec l'UMT Novacidre, l'INRA, l'ESA d'Angers et l'IFV était destinée aux professionnels et techniciens conseils. Cet événement a été l'occasion de présenter en particulier les résultats acquis depuis plusieurs années dans le cadre du projet CICHROM, soutenu par les régions Bretagne et Pays de Loire.



L'IFPC a co-organisé avec le Ctifl une journée technique à Balandran (30) en mai sur **la biodiversité et les aménagements agroécologiques en arboriculture** qui a rassemblé 160 personnes. L'IFPC a notamment présenté des résultats sur la régulation des ravageurs en verger cidricole.

La 1ère édition du **Forum Champs d'Innovation** soutenue par la Région Normandie a été organisée à Caen en décembre 2017. Conçu pour permettre aux acteurs de la R&D de présenter des solutions innovantes applicables au sein des exploitations agricoles normandes, l'IFPC y a présenté 2 outils : l'outil e-diagnostic des maladies et ravageurs du pommier **Di@gno-Pom**, ainsi que l'outil d'évaluation de la durabilité des vergers, **DEXI Fruits**.



Articles scientifiques et thèse

- ✓ Albert L. Régulation naturelle du puceron cendré et aménagements agroécologiques : l'exemple des vergers cidricoles du nord-ouest de la France. Thèse en biologie et agronomie, soutenue à Rennes le 2 mars 2017
- ✓ Albert L., Franck P., Gilles Y., Plantegenest M. Impact of agroecological infrastructures on the dynamics of *Dysaphis plantaginea* and its natural enemies in apple orchards in Northwestern France. *Environ Entomol.* 2017 Jun 1 ; 46(3) : 528-537
- ✓ Albert L., Franck P., Gilles Y., Plantegenest M. Conservational biological control of the rosy apple aphid *Dysaphis plantaginea* in French cider apple orchards. Proceedings of the 9th International Conference on Integrated Fruit Production at Thessaloniki (Greece), September 4-8, 2016.
- ✓ Guérin A., et al. 2017. Verger Cidricole de Demain : conception, évaluation et diffusion de systèmes de production à haute performance environnementale et économiquement viables. *Innovations Agronomiques* 55 (2017), 273-287
- ✓ Millet M., Poupard P., Le Quéré JM., Bauduin R., Guyot S. Haze in Apple-Based Beverages : Detailed Polyphenol, Polysaccharide, Protein and Mineral Compositions. *JAFAC*, published on line 29 march 2017

Communications orales et posters dans le cadre de colloques scientifiques

- ✓ Albert L., 2017. Interaction au sein des foyers de pucerons cendrés en vergers cidricoles du Nord-Ouest de la France. Séminaire Peerless, Rennes, 15 février 2017, poster
- ✓ Guérin A., Bauduin R., Guillermin P., 2017. La qualité des fruits dans des systèmes de verger à faibles intrants : premiers résultats issus du projet « Verger Cidricole de Demain ». Rencontres du GIS Fruits – Paris, le 7 Mars 2017
- ✓ Guérin A., Guillermin P., Albert L., 2017. Verger cidricole de demain : Expérimenter une diversité de pratiques agroécologiques pour répondre au mieux à la diversité des enjeux. 9ème Rencontres du Végétal, janvier 2017, Angers
- ✓ Guichard H., Poupard P., Le Quéré JM., Bauduin R., 2017. A technical overview of French cider : from spoilage control to aromatic profile characterization. Entretiens Scientifiques Lallemand, 2017, Tallinn (Estonie)
- ✓ Le Maguet J., Corroyer N., 2017. Lutte biologique contre l'anthonome du pommier à l'aide de nématodes. AFPP - 11^{ème} conférence internationale sur les ravageurs et auxiliaires en agriculture, 25 et 26 octobre 2017, Montpellier
- ✓ Le Roy S. *et al.*, 2017. Innovative aroma recombination approach applied to the comprehension of French cider fruity dimension 10th Symposium In Vino Analytica Scientia (IVAS 2017), 17 au 20 juillet 2017, University of Salamanca (Spain), poster
- ✓ Symoneaux R., Poupard P., Bauduin R., Le Quéré JM., Gilles Y., 2017. Le cidre et les consommateurs : une diversité d'appréciations sensorielles. 9ème Rencontres du Végétal, janvier 2017, Angers

Articles techniques parus dans la revue interprofessionnelle « Pomme à cidre »

- ✓ Albert L., Gilles Y., Vergneaud MC, Lefebvre M., Ricard JM, Ferre A. Biocontrôle et biodiversité fonctionnelle (n°43, mars 2017)
- ✓ Bauduin R., Poupard P., Le Quéré JM, Symoneaux R. Des cidres et des couleurs (partie 1) (n°44, juillet 2017)
- ✓ Bauduin R., Poupard P., Le Quéré JM, Guyot S. Des cidres et des couleurs (partie 2) (n°45, octobre 2017)

Distinction

Valoriser les hommes, les découvertes et innovations des instituts techniques agricoles, tel est l'objectif poursuivi par l'ACTA et le réseau des instituts techniques agricoles au travers du concours ITA'Innov. La seconde édition du concours ITA'Innov 2017 a récompensé l'IFPC pour ses travaux sur la couleur des cidres en le déclarant lauréat de la catégorie « recherche et méthodologie », travaux réalisés dans le cadre de l'UMT Nova²Cidre.



Organisation

Président Directeur Directeur Technique et Responsable « Production » Responsable « Transformation » et Halle Technologique Responsable Station Cidricole	Denis ROULAND • denisrouland@orange.fr Jean-Louis BENASSI • jl.benassi@cidre.net Yann GILLES • yann.gilles@ifpc.eu Rémi BAUDUIN • remi.bauduin@ifpc.eu Jean LE MAGUET • jean.lemaguet@ifpc.eu
---	---

Le Conseil d'Administration (arrêté du 12 janvier 2017)

Le Conseil d'Administration, nommé pour 3 ans, est composé de 25 membres : 10 transformateurs, 10 producteurs, 2 représentants des salariés, 1 représentant des pépiniéristes, de l'INRA et de FranceAgriMer. Sont invités de droit le commissaire du gouvernement et le contrôleur général économique et financier.

Des experts permanents (voix consultative uniquement) prennent également part aux travaux du Conseil d'Administration

Administrateurs

Représentants des transformateurs	Représentants des producteurs
Patrice BREUIL (vice-président) Laurent GUILLET Marc HILLENWECK Guillaume JAN Alain LE PAGE (vice-président) Corinne LEFEBVRE Nathalie LEGAVRE Christelle LEPRESLE Philippe MUSELLEC Xavier DE SAINT POL	Jacques BAUX Christophe BITAULD Marie BOURUT (vice-présidente) Yves FOURNIER (vice-président) Patrick GUYON Thomas PELLETIER Denis ROULAND (Président) Guy STEPHAN David TURPIN
Représentants des salariés	Représentant des pépiniéristes
Gilles ROELEN Michel TRETON	Bruno ESSNER
Représentant de FranceAgrimer	Représentant de l'Inra
Le Directeur Général de FranceAgriMer ou son représentant	Le Président-Directeur-Général de l'INRA ou son représentant

Invités de droit (voix consultative uniquement)

Contrôleur Général Economique et Financier	Commissaire du Gouvernement
Guy CORREA	Marie DE SARNEZ

Le Conseil Scientifique et Technique

La liste des membres du Conseil Scientifique et Technique est arrêtée par le Conseil d'Administration. Le CST est composé de 13 experts externes.

Président : François LAURENS (INRA)	
Didier ANDRIVON (INRA) Violaine ATHES-DUTOUR (INRA) Patrick BOIVIN (IFBM) Claude COUREAU (Ctif / La Morinière) Laurence GUERIN (IFV) Pascale GUILLERMIN (Agrocampus Ouest INHP)	Marc LATEUR (CRA Gembloux – Belgique) Jean-Michel LE QUERE (INRA) Daniel PLENET (INRA) Catherine RENARD (INRA) Jean-Marie SABLAYROLLES (INRA) Sylvaine SIMON (INRA)

Les adresses de l'IFPC

Direction et comptabilité	Site de Sées (siège social)	Site du Rheu
UNICID / IFPC 123 rue Saint Lazare 75008 PARIS Tél : 01.45.22.24.32 Fax : 01.45.22.24.85	Station Cidricole La Rangée Chesnel 61500 SEES Tél : 02.33.27.56.70 Fax : 02.33.27.49.51	Laboratoire Cidricole Domaine de la Motte 35650 LE RHEU Tél : 02.99.60.92.84 Fax : 02.99.60.92.85



PARTENAIRES FINANCIERS



PARTENAIRES PROFESSIONNELS



PRINCIPAUX PARTENAIRES RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT



MEMBRE DES RÉSEAUX



Siège social : Station cidricole
 La Rangée Chesnel
 61500 SEES
Tél. 02 33 27 56 70 - Fax. 02 33 27 49 51
www.ifpc.eu - expe.cidricole@ifpc.eu