



COMPTE-RENDU D'ACTIVITÉ

20 19

SEPTEMBRE 2020





Financements publics : le CASDAR doit continuer à jouer son rôle, essentiel pour les Instituts Techniques

Dans le cadre du Programme National de Développement Agricole et Rural 2021-2027, les Instituts Techniques Agricole et Agro-industriels ont commencé en 2019 à travailler de façon concertée, dans le cadre des réseaux ACTA et ACTIA, à l'élaboration du nouveau contrat d'objectif qui va les engager et engager l'Etat sur cette période.

Comme c'est le cas régulièrement, la question des financements publics, et particulièrement celle du CASDAR, fonds pourtant abondé par une taxe payée par les seuls agriculteurs, qui ne pèse pas sur le reste de la communauté nationale, revient sur la table. Et malheureusement dans le sens d'une baisse des soutiens. La ligne prévue dans le cadre du financement des Chambres d'Agriculture a été fortement mise en question en 2019. La réaction des chambres d'agriculture et des parlementaires, qui ont une connaissance concrète de ce qui se passe sur le terrain, a permis de renverser la vapeur.

Des alertes pèsent à présent sur les Instituts Techniques. Ce n'est pas la crise du Coronavirus, passée aujourd'hui par-là, qui peut le justifier. Non seulement le problème n'a pas attendu cette crise, il s'est posé avant elle, mais le plan de relance du gouvernement fait au contraire de la recherche l'un des fers de lance pour l'avenir de notre économie.

On a donc du mal à comprendre où est la logique, d'autant que les financements CASDAR sont l'un des principaux instruments dont dispose le Ministère de l'Agriculture pour donner des orientations sur les domaines prioritaires de recherche des Instituts Techniques. C'est aussi l'un des instruments qui a permis d'accroître d'année en année leur niveau d'excellence, avec le passage obligé de la qualification, qui soumet les Instituts à de très fortes exigences.

La recherche appliquée a un rôle particulièrement important pour apporter des réponses concrètes, applicables par les opérateurs, à court et moyen termes. Aucun autre acteur de la recherche ne peut jouer ce rôle en France, et dans de nombreux pays européens chercheurs et responsables envient le système français des Instituts Techniques. C'est d'autant plus vrai dans le cas de notre filière, car il n'y a aucun équivalent dans d'autres pays, l'IFPC est le seul Institut dédié à une filière cidricole qui n'est que très peu présente ailleurs.

Pour notre Institut et notre filière, le financement annuel CASDAR est donc primordial. Tout en représentant dans l'absolu une enveloppe modeste, il contribue à donner une assise qui permet à l'IFPC d'avoir la taille critique pour mener des programmes de recherche solides et de se projeter à moyen et long terme. L'investissement CASDAR bénéficie d'importants effets démultiplicateurs, ce qui le rend particulièrement efficace, avec notamment une contribution professionnelle très forte et l'implication de nombreux partenaires. Il est d'autant plus justifié et utile que l'IFPC est fortement impliqué sur les sujets qui sont au centre des préoccupations des consommateurs et des politiques publiques (modes de production respectueux de l'environnement, qualité, compétitivité...).

Gageons que la raison l'emportera, et que l'importance de ces financements restera une évidence, car la filière a besoin de mener des programmes de recherche ambitieux, cohérents avec le Plan de Filière dans lequel, à la demande de l'Etat, elle s'est engagée.

L'IFPC est pour sa part toujours en ordre de marche pour y parvenir et participer à la construction de la Filière cidricole de demain.

SOMMAIRE

Axe 1 : Durabilité et compétitivité des systèmes de production et des procédés

Amélioration du matériel végétal pomme à cidre : Focus sur les études conduites sur les porte-greffesp 2

SYDRA : Vers des SYstèmes ciDRicoles Agroécologiques.....p 4

PULVARBO : Optimisation de la pulvérisation en arboriculture pour réduire les intrantsp 6

Maladies de conservation des pommes à cidre p 10

Axe 2 : Innovation, valorisation et qualité des produits

MAITRACID : Maîtrise de l'acidité et du pH des cidres et poirés p 12

MONARC : Modulation des notes aromatiques des Calvados p 14

Liste des autres programmes de R&D et nouveaux projets construits en 2019 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.



Axe 1 : Durabilité et compétitivité des systèmes de production et des procédés

Amélioration du matériel végétal en pomme à cidre : Focus sur les études conduites sur les porte-greffes

Objectifs et enjeux

Les travaux conduits visent à améliorer les performances techniques, économiques et environnementales du matériel végétal utilisé en production de pomme à cidre. Il concerne les variétés mais également les porte-greffes, avec notamment la problématique importante du phytophthora.

Partenaires

IFPC (chef de file), INRAE IRHS Angers, AGRIAL, Celliers Associés, Les Cidres de Loire, CRA Bretagne, CRA Normandie, pépiniéristes (GIE IFO, CEP Innovation, Dalival, Castang), Centre Régional des Ressources Génétiques de Villeneuve d'Asq (CRRG), National Association of Cider Makers (NACM - UK), Centre wallon de Recherche Agronomique (CRA-W - Be), Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (Serida - Esp)

Financeurs

CAS DAR, Région Pays de la Loire et Unicid

Recherches d'alternatives au porte-greffe MM106

Objectif

En 2009, un essai porte-greffe a été implanté à la Station Cidricole de Sées avec pour objectif de trouver un porte-greffe équivalent en vigueur au MM106 et plus tolérant au phytophthora. Cet essai a été mené en partenariat avec les pépinières Dalival.

Dispositif

Deux porte-greffes provenant de la Station East Malling en Angleterre ont été comparés au MM106 : le M116 et un porte-greffe codé « AR » (non édité). L'essai a été planté sur Kermerrien en 2009 dans une parcelle où des arbres atteints de phytophthora avaient précédemment été observés.

Les circonférences, la production et la mortalité des arbres ont été notées pour chaque porte-greffe. L'indice de productivité des arbres (IP) a été calculé afin de s'affranchir des hétérogénéités de diamètre de tronc et ainsi d'avoir la quantité de fruits produits par arbre en kg par cm de tronc.

Résultats

Le **diamètre de tronc** du porte-greffe MM106 grossit significativement plus que les 2 autres porte-greffes les 2 premières années qui suivent la plantation ; les années suivantes, les accroissements ne sont pas significativement différents.

Le porte-greffe MM106 présente le plus de **mortalité** en fin d'essai (figure 1), cette mortalité est significativement supérieure aux autres porte-greffes : en 10^{ème} feuille, elle est en effet de 20% pour le MM106 contre respectivement 6,7 % et 3,3 % pour le M116 et l'AR. Elle est en grande partie imputable au phytophthora à dire d'experts pour le MM106, ce qui ne semble pas être le cas pour les 2 autres porte-greffes. La sensibilité du MM106 au phytophthora est ainsi confirmée.

L'interprétation des données de **production** doit intégrer la mortalité des arbres : la production est à ramener non pas au nombre d'arbres vivants au moment de la mesure, mais au nombre d'arbres plantés pour refléter une production qui correspond à une surface donnée, à densité de plantation égale.

Au bout de 10 ans de production, les 3 porte-greffes testés présentent des **volumes de production** équivalents (en kg/arbre planté, figure 2).

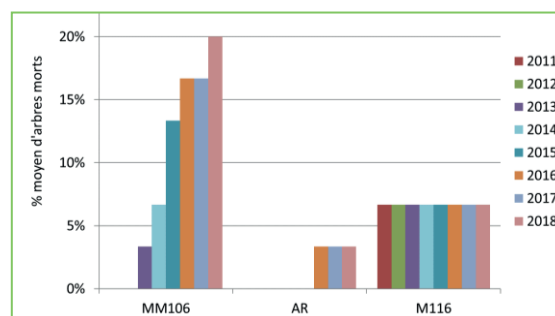


Figure 1 : Evolution cumulée du % d'arbres morts par porte-greffe

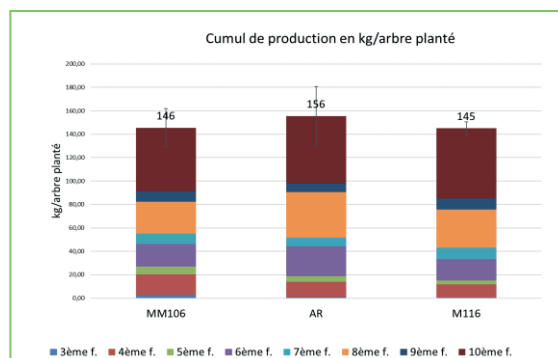


Figure 2 : Production cumulée par porte-greffe

L'indice de productivité¹ cumulé du MM106, par arbres vivants ou plantés, est significativement supérieur aux deux autres porte-greffes lors des premières années de production (à relier à son grossissement supérieur au niveau du tronc en première feuille). Cette différence entre porte-greffes disparaît à partir de la 6^{ème} feuille (2014) (figure 3). Ainsi, dans cet essai, en 10^{ème} feuille et dans la situation testée, il n'apparaît pas de différence statistique entre les 3 porte-greffes testés sur la variété Kermerrien pour le cumul de production et d'indice de productivité, par arbre planté ou vivant. L'AR et le M116 peuvent ainsi constituer des alternatives au MM106, en particulier dans les parcelles sensibles au phytophthora.

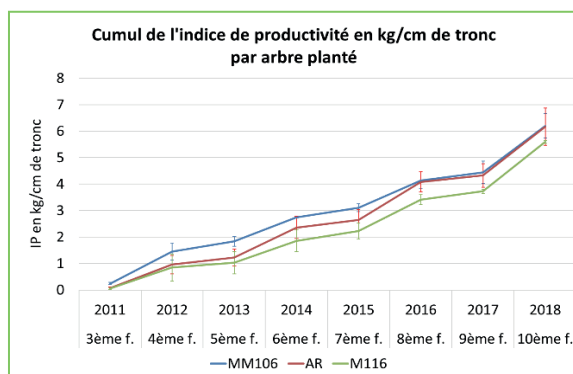


Figure 3 : Indice de productivité cumulé par PG

Pour rechercher de nouvelles alternatives, d'autres essais ont été implantés, depuis 2016, en partenariat avec les pépiniéristes Dalival et Castang (tableau 1).

Année de plantation	Variétés	Nbre de porte-greffes étudiés	Origine création porte-greffe	Porte-greffe de référence	Nbre de sites	Partenaires
2009	Kermerrien	3	Angleterre	MM106 M116	1	IFPC
2016	Dabinett et /ou Judor	7	Angleterre	MM106 MM111 M116	3	IFPC Les Cidres de Loire
2017	Judor et Fréquin Rouge	6	Angleterre Etats-Unis	MM106 MM111	1	IFPC
2019	Fiona	12	Angleterre Etats-Unis	MM106 MM111 M116	3	IFPC CRA Normandie

Tableau 1 : Liste des essais porte-greffes en cours d'observation par l'IFPC et ses partenaires

Autres projets conduits dans le domaine variétal en pomme à cidre

Les travaux conduits sur le matériel végétal à l'IFPC en 2019 ont concerné également d'autres domaines comme la poursuite d'un programme de création variétale, l'étude de variétés de pommes en provenance de travaux conduits en Europe (tableau 2).

Année d'implantation	Type d'essai	Nom du programme	Nbre de variétés ou hybrides	Nbre de sites	Partenaires
2011 à 2014	Création variétale	Innovacidre	3 700	1	IFPC, INRAE IRHS Angers, CEP Innovation, AGRIAL, Les Celliers Associés
2010 ou 2012, et surgreffages à partir de 2015	Evaluation variétale	Variétés européennes	60	5	IFPC, CRAN, CRAB, Cidres de Loire, CRRG, NACM, CRA-W, conservatoire végétal régional d'Aquitaine, Serida
2015 puis 2017	Evaluation variétale	Variétés à chair rouge	32	1	IFPC, INRAE IRHS Angers
2007 à 2009	Création variétale	Niveau 2 du programme initié en 1987	23	1	IFPC, INRAE IRHS Angers, CEP Innovation, AGRIAL, Les Celliers Associés

Tableau 2 : Liste des essais variétaux en cours d'observation par l'IFPC et ses partenaires

L'IFPC continue également **deux études variétales** initiées en 1987, conduites en haute-tige à la station de Sées. La première étude a été conduite sur le **désherbage** et a concerné 12 variétés sur 2 intermédiaires différents. Le non désherbage des arbres durant les premières années d'implantation réduit très fortement la production par arbre sur le long terme. En effet, selon l'intermédiaire considéré, la production des arbres non désherbés représente entre 22 et 28 % de celle des arbres désherbés.

L'autre étude est dédiée à la comparaison de **2 intermédiaires (Président Descours et Clozeau)** sur 44 variétés. Sur l'ensemble des variétés, la production cumulée par arbre est plus élevée sur Clozeau (219 T) contre 206 T sur Président Descours depuis la plantation. Il existe cependant des variétés plus productives sur Président Descours. C'est par exemple le cas de Judor ou Cidor. Les variétés les plus productives de cet essai sont Rambault, Jeanne Renard et René Martin.

¹ **l'indice de productivité** (IP) est calculé en kg de fruits produits par cm de tronc. Cet indice peut être annuel ou cumulé pour la durée de l'essai

Axe 1 : Durabilité et compétitivité des systèmes de production et des procédés

SYDRA : Vers des SYstèmes ciDRicoles Agroécologiques

Objectifs et enjeux

Le projet SYDRA vise à répondre aux ambitions de performance durable de la filière cidricole, formalisées notamment lors des Etats Généraux de l'Alimentation. Il fait suite au projet CASDAR « Verger Cidricole de Demain » qui visait à concevoir, expérimenter et évaluer des vergers innovants économes en intrants.

Ce nouveau programme se concentre sur les intrants phytopharmaceutiques en visant une réduction forte dans la réduction de leur utilisation (- 50 % minimum des IFT). Il concerne à la fois le verger cidricole biologique et conventionnel.

Pour atteindre ces objectifs ambitieux, il est nécessaire de repenser le verger cidricole : sa composition, sa diversité, son architecture, son agencement, son itinéraire technique, etc... L'enjeu est donc de reconcevoir le « monosystème » verger en le diversifiant. A plus courts termes, il s'agira aussi de trouver de nouvelles pistes agroécologiques pour les 9 000 hectares de vergers cidricoles déjà implantés et pour lesquels, de fait, la reconception est plus limitée.

De 2019 à 2024, le projet s'appuiera sur un réseau expérimental multisite de 5 vergers (3 nouvelles plantations & 2 vergers adultes). Ces vergers seront conçus et évalués grâce à une réflexion multi-acteurs (producteurs, conseillers techniques, chercheurs et enseignants) et multi-filières (pomme à cidre, arboriculture fruitière, viticulture, maraichage, horticulture, agroforesterie). En complément des acteurs de la filière cidricole impliqués, le projet associera des entomologistes et des naturalistes (bureau d'étude, groupes mammologique et ornithologique Normand), des expérimentateurs de l'IFV, des chercheurs en arboriculture de l'INRAE de Gotheron, des conseillers et producteurs en légumes de plein-champ, des expérimentateurs de l'ASTREDHOR Seine-Manche, des conseillers en fourrages et cultures intermédiaires, des chercheurs en agroforesterie du Centre wallon de Recherches agronomiques de Gembloux et de l'INRAE.

Partenaires

IFPC (chef de file), la Chambre d'Agriculture de Normandie, l'exploitation agricole du LPA de Bray, producteurs cidricoles.

Financeurs

Ecophyto DEPHY EXPE, Office Français de la Biodiversité, Casdar et Unicid.

Stratégies testées et dispositif expérimental

Cinq systèmes économes en produits phytosanitaires seront évalués dans divers contextes de production (figure 1) :

- Deux vergers déjà implantés lors du projet CASDAR « Verger Cidricole de Demain » afin de tester de nouvelles combinaisons de leviers agroécologiques en verger adulte :
 - Un système planté en 2011 chez un producteur situé à Toutainville dans l'Eure
 - Un système en Agriculture Biologique (AB) planté en 2012 sur l'exploitation agricole du lycée Agricole du Pays de Bray, à Brémontier-Merval (76). Ce verger expérimentera notamment l'introduction de moutons Shropshire dans l'objectif de réduire le nombre de tontes et d'effets prophylactiques supposés sur la tavelure (réduction de l'inoculum par effet du piétinement dégradant les feuilles mortes) et sur certains ravageurs tels que le carpocapse et l'hoplocampe (ingestion des fruits véreux tombés au sol).
- Un verger qui sera implanté à la station expérimentale de l'IFPC à l'hiver 2021. Cette parcelle mobilisera en particulier des leviers génétiques et autour de la diversification puisqu'elle associera 5 variétés de pommes à cidre peu sensibles aux bioagresseurs et/ou à l'alternance plantées sur MM106 ou MM111, ainsi qu'une part de poiriers à poiré. La variété de pomme Florina Querina, peu sensible au puceron cendré, encadrera la parcelle en étant aux deux extrémités de chaque rang afin de créer une barrière à l'entrée et à la dispersion de ce ravageur. Les 4 autres variétés de pommes à cidre seront mélangées 2 à 2 sur le rang, en vue de limiter la dispersion des bioagresseurs (effet dilution).

- Un verger en AB qui sera implanté à l'hiver 2021 chez un producteur à Domjean, dans la Manche. Cette parcelle fera la part belle à la diversification génétique avec un mélange de 22 couples variétés/porte-greffes différents. Les porte-greffes MM116, MM111, M25 ou M26 ont été choisis en fonction de la vigueur de la variété dans l'objectif d'avoir un matériel végétal plus autonome pour la nutrition hydrique et minérale dans un contexte de zéro herbicide.
- Un verger dit « multifruits » implanté en 2022 (concept de « haies fruitières » associées à un verger de pommes à cidre qui reste la culture principale), très probablement dans l'Eure.

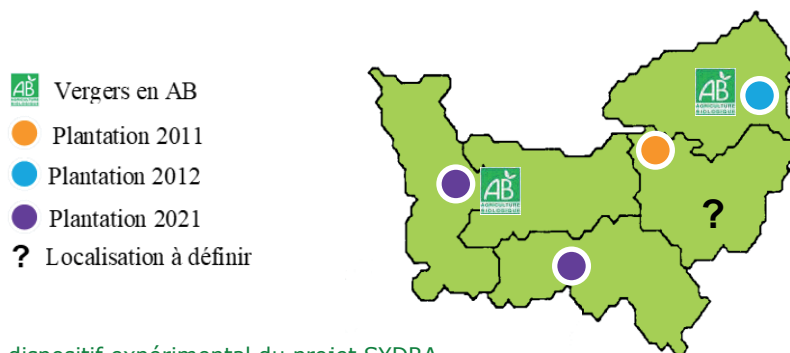


Figure 1 – Futur dispositif expérimental du projet SYDRA

La rupture du « monosystème » verger par diversification et reconception de l'espace de production passera aussi par l'implantation au sein de la parcelle d'autres espèces de plantes dites « de service » : avant la plantation du verger, dans les inter-rangs et directement sur les rangs. Les objectifs sont multiples : augmenter et maintenir la biodiversité pour maximiser les régulations biologiques (plantes répulsives, attractives, stratégie push-pull, plantes réservoirs, etc.), augmenter la fertilité du sol (vie biologique, minéralisation de l'azote) et limiter la concurrence hydro-minérale induite par la suppression des herbicides.

Le recours à la régulation naturelle des principaux bioagresseurs pourra également s'appuyer sur l'implantation d'infrastructures agroécologiques (IAE) dans ou à proximité de la parcelle (haies diversifiées, bandes fleuries, perchoirs, nichoirs, mares, abris...). Les ennemis naturels ciblés (insectes et araignées auxiliaires mais aussi rapaces, serpents, mustélidés, chauves-souris et mésanges) réalisent rarement l'intégralité de leur cycle au sein des vergers. Ces IAE à proximité de la parcelle serviront à la fois de réservoirs et de connexions aux autres plantes de service implantées dans le verger, pour attirer ces auxiliaires au cœur de la parcelle.

Les systèmes s'appuieront aussi sur l'utilisation de nouvelles technologies (robot de tonte autonome), la prophylaxie, l'efficacité ou encore la substitution des traitements par des produits de biocontrôle, des barrières physiques (ex. mulch) ou des stratégies mécaniques.

Résultats attendus

L'expérimentation de ces systèmes, en contexte réel de production chez des cidriculteurs, permettra d'affiner les conditions d'application des différents leviers mobilisés en appréciant les avantages et inconvénients de leurs combinaisons. Il sera alors possible d'établir des recommandations pratiques, mais aussi d'éventuelles limites, pour leur adoption à plus large échelle par des producteurs dans d'autres contextes de production.

Grâce au projet, de nouvelles références technico-économiques sur les vergers cidricoles très bas-intrants seront acquises. L'évaluation multi-critère des systèmes testés permettra d'évaluer la faisabilité de produire des fruits à cidre dans des niveaux de contraintes fortes de réduction d'intrants et d'ouvrir de nouveaux champs de questionnement et de recherche pour améliorer leurs performances.

Les ateliers de co-conception des systèmes qui seront conduits permettront de soulever des manques de connaissances devant donner lieu à des recherches fondamentales ou des expérimentations factorielles complémentaires. Les sites expérimentaux pourront servir de supports à des recherches sur ces nouveaux sujets.

La conduite de ce projet donnera lieu à des acquisitions méthodologiques sur la conception de systèmes complexes en arboriculture (connaissances issues de la bibliographie, capitalisation et écriture de savoir-experts des producteurs, conseillers, chercheurs...).

Axe 1 : Durabilité et compétitivité des systèmes de production et des procédés

PulvArbo : Optimisation de la pulvérisation en arboriculture pour réduire les intrants

Contexte

Le projet de recherche « PulvArbo » vise à améliorer les pratiques de pulvérisation en adaptant les doses de produits phytosanitaires à la surface de haie fruitière à traiter. L'utilisation d'une dose unique sur tous les vergers, quel que soit le volume de bouillie appliqué, peut conduire à des surdosages en début de végétation ou à des sous-dosages sur le végétal pour les arbres de grands volumes. En effet, suivant le stade végétatif de la culture, le réglage du pulvérisateur, la surface de culture à traiter ou encore la quantité moyenne de produit déposée par unité de surface à protéger est très variable. Différents pays européens disposent déjà d'outils permettant d'optimiser la pulvérisation des doses en fonction de la surface du végétal à protéger. Ce projet est financé par l'Office Français de la Biodiversité (OFB) dans le cadre du plan Ecophyto qui vise à réduire l'usage des produits phytosanitaires. Il est conduit en collaboration avec la DGAL, les firmes phytosanitaires et les équipementiers.

Objectif de l'étude

Ce projet de 5 ans initié en 2015 arrive à son terme. Il a réuni une dizaine de partenaires et s'est articulé autour de 2 actions principales :

Action 1 : Etudier des scénarios d'adaptation des doses. Le but est de connaître le pourcentage de réduction de dose à appliquer en fonction du développement de la végétation et du stade phénologique de l'arbre pour obtenir une récolte de qualité. La végétation est ainsi préalablement caractérisée selon les typologies fruitières (haie, gobelet, arbres de grand volume) grâce à des mesures manuelles et des mesures obtenues par des capteurs de végétation.

Action 2 : Caractériser les performances de pulvérisation en vue d'identifier les matériels les plus performants d'un point de vue agronomique et environnemental. Dans cet objectif, il faut quantifier la préparation de la bouillie pulvérisée sur la plante, au sol, et dans l'air (dérive) en fonction du stade végétatif, du type de conduite, et du matériel utilisé.

Partenaires

Ctifl (pilote du projet), IFPC, INRAE (anciennement IRSTEA), Chambre d'Agriculture de Normandie et de Bretagne, AGRIAL, Les Cidres de Loire, Invenio, Stations régionales La Morinière, La Pugère, CEFEL et Sudexpé.

Financeurs

Office Français de la Biodiversité, Ecophyto, Casdar, Unicid

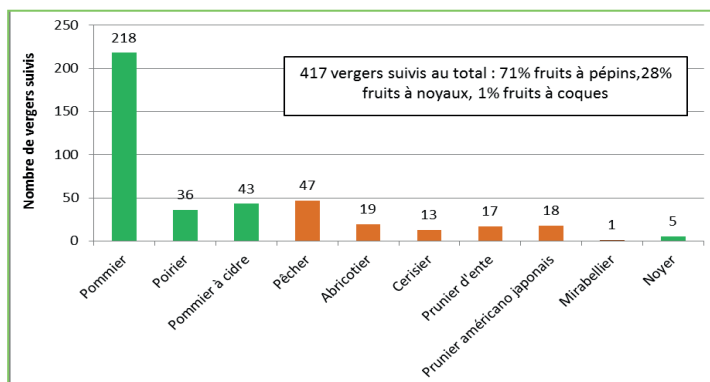
Principaux résultats

Action 1

Caractérisation de la végétation et définition d'un verger standard

La **figure 1** montre le nombre de vergers ayant fait l'objet de mesures lors du projet. Pour l'IFPC et ses partenaires cidricoles, 43 vergers au total ont été suivis, ce, trois fois pendant la saison végétative : début, milieu et fin de végétation. Les arbres étudiés sont principalement conduits en haie fruitière libre. L'évolution de la végétation au cours de la saison est caractérisée par des mesures de hauteur de végétation et de densité de plantation qui permettent de calculer des indicateurs de végétation notamment le LWA : Leaf Wall Area (surface de haie fruitière du verger).

Figure 1 : Répartition des vergers suivis dans le projet PulvArbo par espèce fruitière entre 2015 et 2019



Les valeurs de LWA moyens obtenus pendant l'ensemble des campagnes de mesures sont représentés dans la **figure 2**. Un très grand nombre de données ont été collectées en 5 ans, ce qui a permis de définir les LWA de vergers « standards » par espèces fruitières.

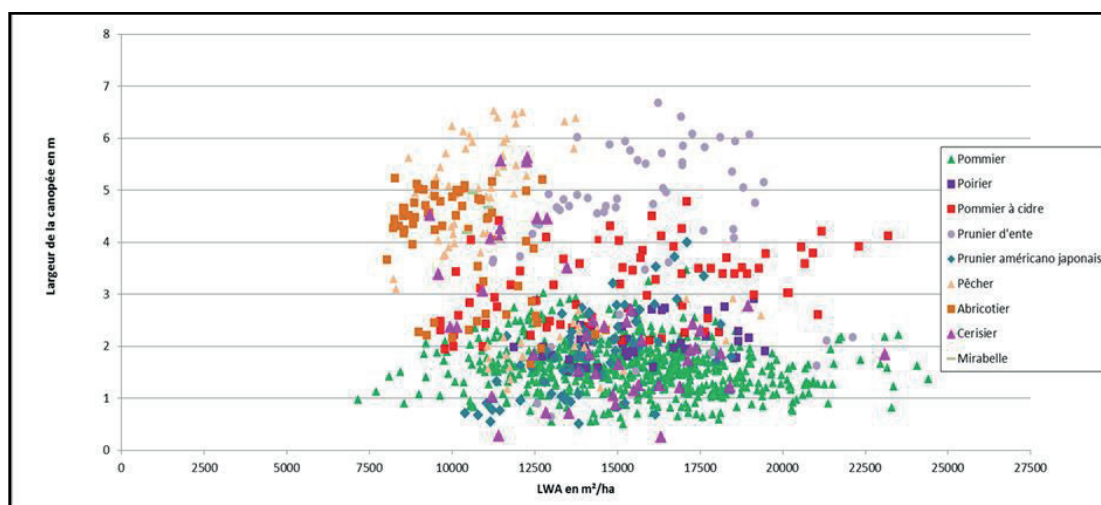


Figure 2 : Distribution des valeurs de LWA et largeurs de canopée selon les espèces. Les données pour les vergers cidricoles sont représentées avec des carrés rouges.

La valeur moyenne obtenue pour le LWA en fruit à pépin (pommes et pommes à cidre) est ainsi de 17 000 m²/ha. Il faut noter que 95 % des valeurs de LWA calculées sur tous les vergers mesurés pendant le projet sont inférieures à 21 000 m²/ha.

Etude de scénarii d'adaptation des doses

Les campagnes de mesures et la définition de LWA standards ont permis de mettre au point différents scénarii d'adaptation des doses, puis de les tester sur les 7 vergers expérimentaux des partenaires du projet et chez 2 arboriculteurs. Pour chacun des sites, 3 modalités au minimum sont testées : référence pleine dose, dose ajustée, et témoin non traité. D'autres modalités ont pu être ajoutées sur certains sites expérimentaux : dose réduite constante, dose adaptée en fonction d'une grille de décision.

L'évaluation des différents scénarii testés sur la qualité sanitaire du verger et de la récolte est réalisée selon le principe suivant :

- Observations et notations des principaux bio-agresseurs sur pommier : tavelure, oïdium, puceron cendré et puceron lanigère, carpocapse
- Définition d'un indice de qualité sanitaire attribué en fonction des notations précédentes :

	Seuil (%) Pommes de tables	Seuil (%) Pommes à cidre
Fruits tavelés	2	10
Pousses tavelées	20	40
Fruits touchés par carpo/tordeuses	2	5
Pousses touchées par pucerons cendrés	15	20
Pousses touchées par pucerons lanigères	30	30
Pousses oïdiées	20	20

- Maîtrise insuffisante (●) : un seuil est dépassé sur les fruits pour au moins un bio-agresseur, qu'il y ait, ou pas, des bio-agresseurs sur pousses
- Maîtrise moyenne (●) : aucun seuil n'est dépassé sur les fruits mais un seuil est dépassé sur pousses pour au moins un bio-agresseur
- Bonne maîtrise (●) : aucun bio-agresseur n'est présent sur le verger ou aucun seuil dépassé sur fruits et pousses

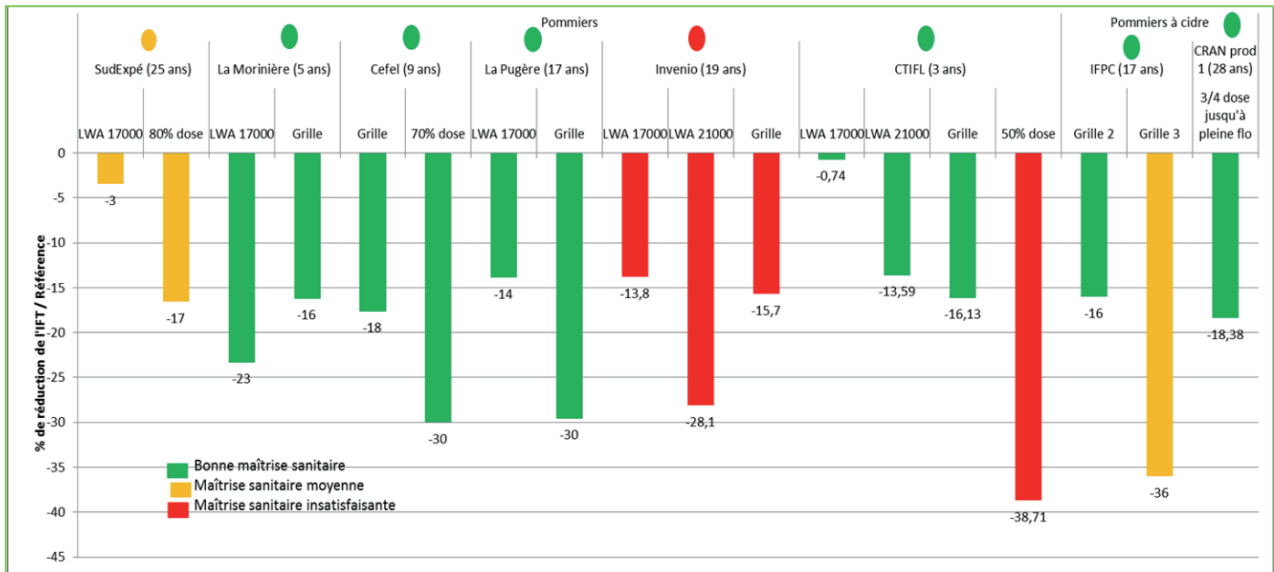


Figure 3 : Impact des scénarii d'adaptation des doses sur la réduction de l'IFT de référence. Exemple de 2018. La pastille de couleur au-dessus de chaque site qualifie la maîtrise des bio-agresseurs dans la référence « pleine dose ».

La **figure 3** résume une campagne d'expérimentation réalisée chez les différents partenaires. Pour chaque modalité, on peut qualifier la maîtrise sanitaire (couleur des histogrammes) et évaluer le pourcentage de réduction de l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) obtenu grâce à la baisse des dosages en produits. Ce graphique illustre la diversité des résultats selon les sites d'essai. On peut observer que les réductions d'IFT peuvent aller jusqu'à 30 % tout en gardant une bonne maîtrise sanitaire du verger. En revanche, certaines réductions de doses trop importantes impactent fortement le verger et la récolte (exemple : 50 % de dose au Ctifl ou Grille 3 à l'IFPC).

Action 2

Cette action vise à effectuer des mesures de la qualité de pulvérisation in situ et en conditions standardisées en vue d'identifier les combinaisons de matériels et de réglages les plus performants au niveau agronomique et environnemental. Des comparaisons des performances de différentes pulvérisations ont été réalisées par les différents partenaires du projet.

La méthode consiste à utiliser une solution d'eau contenant un traceur (tartrazine, un colorant alimentaire). Des collecteurs plastiques (**figure 4, photo b**) sont placés sur les feuilles (répartis sur 7 zones de l'arbre, **photo a**) et au sol (dans les inter-rangs) et la bouillie eau + traceur est pulvérisée (**photo c**). Après pulvérisation (**photo d**) les collecteurs d'une même zone sont réunis ensemble formant un même échantillon. A partir d'un dosage de la tartrazine (**photo e**) dans les collecteurs on en déduit la distribution de la pulvérisation sur l'arbre.



Figure 4 a, b, c, d et e : photographies montrant le déroulé du protocole utilisé d'un collecteur accroché à une feuille

Une pulvérisation dite « de référence » a été définie et utilisée sur tous les sites d'essai : pulvérisateur axial simple turbine, toutes buses ouvertes avec 500 l/ha de volume de bouillie, pulvérisation tous les rangs à 5-6 km/ha et vitesse de turbine à 540 tr/min.

De nombreux matériels de pulvérisation/réglages ont été comparés à la pulvérisation de référence :

- typologie de pulvérisateur (axial à jet porté double turbine, jet porté dirigé simple turbine ou double turbine, jet porté pneumatique...)
- vitesse d'avancement (5, 8 ou 10 km/h)
- nombre de rangs traités (tous les rangs ou 1 rang sur 2)
- vitesse de turbine (540, 480 ou 350 tr/min)
- volume de bouillie (de 200 à 600 l/ha)
- type de buse (injection d'air, à turbulence, à dérive limitée)

Au total, 209 modalités ont été testées sur les sites du Ctifl, de l'IFPC, de la Morinière et de SudExpé. Les résultats sont donc nombreux, les plus importants ont pu être présentés lors des Entretiens Cidricoles organisés par l'IFPC pendant le SIVAL en janvier 2020. Les données obtenues étant normalisées grâce à la méthode utilisée, une base de données multi-site et pluriannuelle a été créée afin d'analyser les résultats. Cette analyse est en cours et permettra de mettre au point un indicateur de performance des réglages et des pulvérisateurs.

Conclusion

Le projet PulvArbo a permis de montrer que l'adaptation des doses de produit appliqué au verger est possible pour réduire les intrants. La démarche doit cependant s'accompagner d'une vigilance quant à l'utilisation de cette pratique sur le long terme (effet cumulé des réductions de doses et gestion des résistances de bio-agresseurs).

De même, l'utilisation d'un matériel de pulvérisation contrôlé et bien réglé est un prérequis indispensable pour assurer des bonnes pratiques de pulvérisation. Ces pratiques pourront être optimisées grâce à la classification des performances des pulvérisateurs et des réglages en cours de finalisation.



Présentation des conclusions du projet PULVARBO par Florence VERPONT (CTIFL) et Jean LE MAGUET (IFPC) lors des Entretiens Cidricoles du SIVAL.

Axe 1 : Durabilité et compétitivité des systèmes de production et des procédés

Maladies de conservation des pommes à cidre

Contexte et objectif

Le changement climatique, la réduction du nombre de molécules phytosanitaires autorisées, l'adoption de pratiques plus agro-écologiques entraînent des modifications des écosystèmes microbiens sur les cultures. Or les fruits sont susceptibles de subir des attaques fongiques du verger jusqu'au début du procédé de transformation. Dans un contexte en évolution, la connaissance et le contrôle de ces contaminations fongiques sont les garants de la qualité sanitaire des fruits à cidre.

Les travaux conduits par l'IFPC au sein de 2 projets de recherche ont pour objectif de mieux connaître le développement des champignons et moisissures sur fruits et anticiper les risques associés.

Partenaires

Projet CASDAR « Mycotoxines émergentes » (2016-2019)

Institut Français de la Vigne (IFV, pilote), IFPC, CRAN, INRAE (Unité Mixte de Recherche Toxalim), Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA)

Projet ANR « Patrisk » : Réduction du risque de patuline grâce à une gestion intégrée et durable de la production de pommes et produits dérivés (2018-2020)

Université de Montpellier (UMR Qualisud, pilote), IFPC, INRAE (UMR ToxAlim), CTIFL, Université de Nantes (EA MMS), AFIDEM, ECLOR, Les Celliers Associés

Financement

CASDAR, ANR, UNICID

Dispositif de l'étude et résultats

Projet « Mycotoxines émergentes »

Le dernier volet du projet consistait à étudier l'impact et le devenir de la patuline au cours de la fermentation. En effet, peu de références bibliographiques existent sur l'impact et le devenir de la patuline en cours de fermentation dans le contexte de cidre à la « Française ». Des études existent mais concernent des typologies de cidres « Anglais » dans lesquels les fermentations sont totales (absence de sucres résiduels) et conduites avec des levures *Saccharomyces cerevisiae*. Ces études montrent une inhibition des levures *Saccharomyces cerevisiae* et une diminution de la teneur en patuline en cours de fermentation, mais sans avoir d'éléments précis sur le phasage de cette diminution : lors de la phase de croissance des levures, donc précoce ou tout au long de la consommation des sucres.

L'objectif était d'apporter des éléments factuels sur l'impact fermentaire, le devenir de la patuline et l'éventuelle présence de produit de dégradation dans le contexte du cidre à la « Française » soit une fermentation incomplète des sucres par *Saccharomyces uvarum*.

Enfin, pour finir, la filière cidricole est en cours de finalisation d'un Guide des Bonnes Pratiques d'Hygiène (GBPH). Cette étude permettrait d'apporter un plus dans l'argumentaire afin d'affirmer de l'innocuité des cidres, aussi bien doux que bruts, voire extra-bruts, en vue de l'expertise de ce document.

Expérimentation 1 : Vérification de la dose hypothétique d'inhibition de *Saccharomyces* par la Patuline

Le seuil d'inhibition théorique de *Saccharomyces* par la patuline est de 200 µg/l, ce qui reste à vérifier, pour *Saccharomyces uvarum*. Des tests préliminaires ont consisté à ajouter diverses doses de patuline à 5 fermenteurs contenant du moûtensemencé avec de la souche *Saccharomyces uvarum* Su 200 (collection du laboratoire).

Les résultats ont montré que *Saccharomyces uvarum* a une croissance peu ou pas influencée par les différentes doses de patuline. Il n'y a pas de graduation de la croissance par rapport à la dose et tous les échantillons ont atteint des populations proches ou supérieures à 10⁷ufc/ml. Les évolutions des masses volumiques ne sont pas constantes, mais il n'y a aucune relation avec la dose de patuline ajoutée et la vitesse observée. On peut donc conclure qu'une dose importante, largement au-dessus de ce que l'on peut trouver dans le moût à 500 µg/L, n'inhibe en aucune manière la croissance et les capacités fermentaires de *Saccharomyces uvarum*.

Expérimentation 2 : Cinétique de dégradation de la patuline lors de la fermentation par *Saccharomyces uvarum*

Dans un premier temps, nous désirons vérifier la vitesse de dégradation de la patuline par une souche cidricole de *Saccharomyces uvarum* (Su 200) mise en œuvre au cours de cette fermentation. Nous prévoyons également de vérifier, par des bilans massiques, si l'ascladiol, métabolite connu de la patuline, est le seul composé issu de cette dégradation. Les dosages de ces métabolites ont été réalisés par l'INRAE-UMR Toxalim.

La **figure 1** présente les résultats obtenus sur 3 répétitions de fermentation pour une dose de 50 µg/L, quantité maximum autorisée dans les jus ou moûts. Avec des doses de 50 et 100 µg/L (non présentées), on retrouve des évolutions similaires.

Dans tous cas, la patuline est dégradée très rapidement lors de la phase de croissance des levures. Dès la phase stationnaire (plus d'évolution significative de la population de levures), ici aux alentours de 1045 kg/m³, la patuline n'est plus détectée (seuil de quantification de 5 µg/L). La présence d'ascladiol qui est le précurseur et le métabolite direct de la patuline a été recherché dans les échantillons en cours de fermentation. Les dosages effectués (INRAE-UMR ToxAlim) n'ont pas mis en évidence ce composé dans les échantillons. Il reste donc encore un doute quant aux métabolites formés lors de la dégradation de la patuline. Il serait nécessaire ici de travailler avec de la patuline marquée (¹³C) afin d'avoir une chance de déterminer ces molécules.

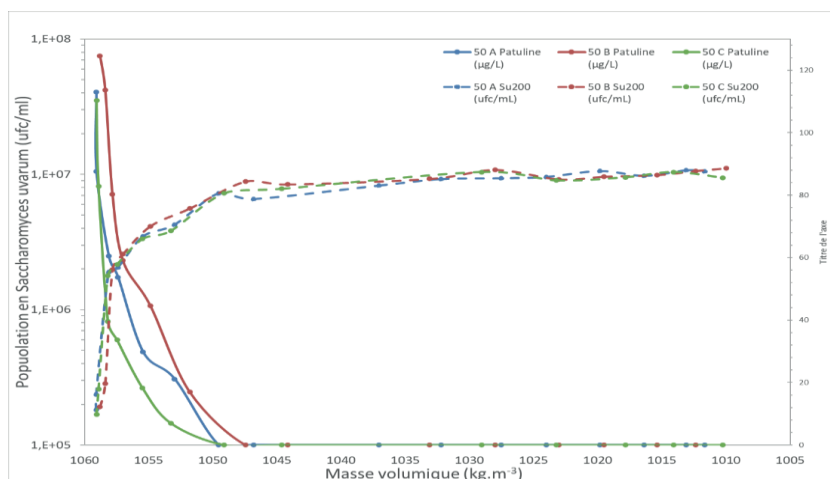


Figure 1 : Croissance de *Saccharomyces uvarum* pour une dose de patuline ajoutée de 500 µg/L. Suivi de la dégradation de la patuline

D'autre part, ces expérimentations n'ont pas mis en évidence d'effet significatif de la dose de patuline initiale sur le déroulement et les cinétiques des différentes fermentations. De plus, du fait des vitesses résiduelles observées, on peut affirmer que, aux doses légalement admises dans les moûts, il n'y a aucun problème pour pouvoir réaliser des fermentations en vue de faire des cidres bruts, voire à sec.

Conclusion

En premier point, nous n'avons pu déterminer les métabolites issus de la dégradation de la patuline. Celui attendu, à savoir l'ascladiol, n'a été retrouvé dans aucun échantillon. La question de la transformation de la patuline en d'autres molécules reste donc complètement ouverte. Il serait nécessaire pour avancer sur cet aspect, de réaliser des expérimentations en utilisant de la patuline marquée au ¹³C. Cela n'a pu être réalisé dans le cadre de ce programme, la patuline ainsi marquée n'ayant été synthétisée qu'en toute fin de programme.

Enfin, on peut donc conclure que *Saccharomyces uvarum* n'est nullement perturbée par des doses de patuline importantes (500 µg/L). Par conséquent, la présence de patuline dans des doses classiques rencontrées en cidrerie (< 50 µg/L) n'aura pas d'impact sur la fermentation.

La patuline est dégradée très rapidement pendant la phase de croissance de la levure et elle n'est plus détectée à l'issue de cette phase. Cette phase se place classiquement sur les 10 premiers points de chute de masse volumique. Ainsi, la réalisation d'une fermentation d'un moût, d'au minimum 10 kg/m³, doit permettre, quel que soit le type de cidre visé, du doux au brut, qu'il n'y ait pas de patuline résiduelle présente.

MAITRACID : Maîtrise de l'acidité et du pH des cidres et poirés

Contexte et objectifs

Pour les cidriers, la maîtrise de l'acidité et du pH relève de deux enjeux principaux : 1) la maîtrise des saveurs (principalement liée à l'acidité totale) et, 2) la stabilité microbiologique (et physicochimique dans certains cas) des produits (principalement liée au pH).

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 de produits manquant d'acidité ayant par exemple fait leur 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.

MAITRACID est un projet multipartenaire et pluriannuel (36 mois de 2018 à 2020) qui a pour objectif finalisé de mettre à dispositions des cidriers, des outils et connaissances pour qu'ils puissent mieux gérer le pH et l'acidité de leurs produits. Ce projet est construit autour de 4 objectifs :

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, dans un premier temps, de faire un état des lieux des variations d'acidité et de pH en cidrerie, au cours de la fermentation. Dans un second temps, il s'agira d'évaluer l'impact de certains facteurs (souche, acidité initiale, richesse en azote) sur la variation de l'acidité et du pH des cidres.

2/ Fiabiliser la réalisation de la Fermentation Malo-Lactique (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 œnologique seront évaluées.

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

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

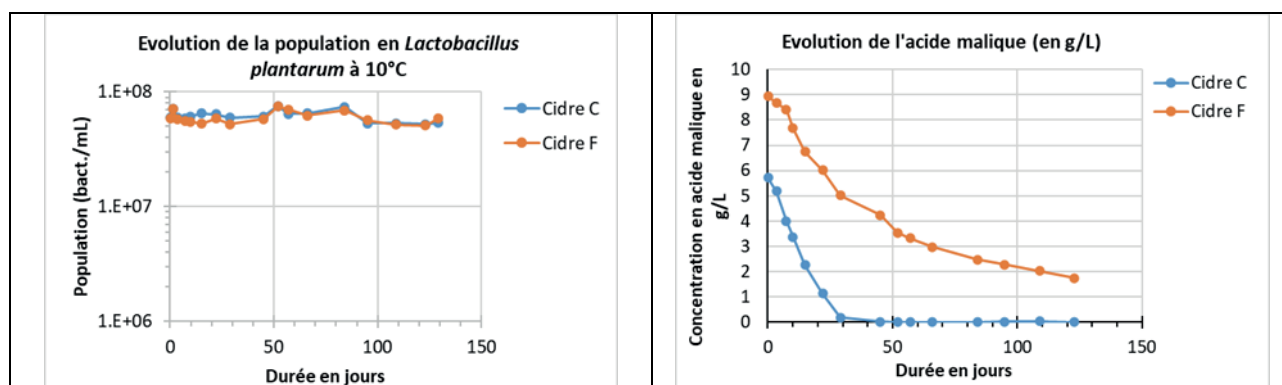
Résultats

En 2019, nous avons tout d'abord vérifié l'implantation de souches de bactéries lactiques d'origine œnologique et cidricole sur différents cidres, ainsi que leur capacité à faire la FML. Pour cela, nous avons testé 7 souches œnologiques disponibles commercialement et 4 souches cidricoles (isolées par l'ISVV sur des cidres Français) sur 6 cidres différents présentant pour la plupart une acidité totale élevée (> 5 g/L H₂SO₄). Pour chaque cidre et chaque bactérie, 4 modalités ont été expérimentées : deux températures (10 ou 20°C) et deux modalités de nutrition azotée (avec/sans ajout d'azote). Le suivi portait sur la variation d'acidité totale et la croissance des souches inoculées sur une durée de 4 mois.

Pour les souches cidricoles, les suivis de population n'ont pas permis de faire ressortir un facteur (température ; azote) plus qu'un autre. Dans les conditions testées, la variabilité semble davantage liée au cidre et à la souche de bactéries lactiques. Toutefois, il apparaît que pour certaines souches, la diminution de l'acidité totale peut être très importante et l'acide malique peut être consommé en totalité.

Pour les souches œnologiques, les expérimentations menées ne permettent pas non plus de faire ressortir un facteur plus qu'un autre. Une souche de bactérie lactique a cependant retenu notre attention puisqu'elle a permis de réduire partiellement ou totalement l'acidité totale des cidres. Cette réduction est accompagnée par la consommation d'acide L-malique (de 3 à 8 g/L) qui est converti en acide L-lactique. Suite à ce test de criblage, nous avons sélectionné cette bactérie lactique d'intérêt (*Lactobacillus plantarum*).

Nos expérimentations visaient ensuite à confirmer l'intérêt d'utiliser cette souche de bactérie lactique d'origine œnologique (*Lactobacillus plantarum*) pour réduire l'acidité des cidres. La capacité de cette bactérie à s'implanter correctement et à réaliser une FML sur deux cidres a été évaluée, mais cette fois à l'échelle pilote.



Ces essais ont confirmé la forte capacité de cette bactérie lactique à diminuer l'acidité totale des produits cidricoles, sans pour autant qu'il y ait une forte croissance de sa population, dans les conditions testées. Conjointement à cette baisse d'acidité totale, l'acide L-malique a bien été consommé partiellement (cidre F) ou totalement (cidre C) et converti en acide L-lactique. Du point de vue du pH, cela s'est traduit par une augmentation de + 0,31 point pour le cidre F et + 0,39 point pour le cidre C.

Des travaux supplémentaires sont en cours pour évaluer l'impact de cette souche sur la composante aromatique. Des dégustations sensorielles sont également prévues pour vérifier qu'il n'y a pas de déviation organoleptique.

Les résultats de ces expérimentations semblent donc prometteurs, avec potentiellement la possibilité d'utiliser une souche de bactérie lactique d'origine œnologique (*Lactobacillus plantarum*) pour mieux maîtriser l'acidité des produits cidricoles. L'avantage de cette souche est aussi qu'elle est déjà commercialisée et donc directement disponible pour les producteurs.

Perspectives

En 2020, différentes techniques, notamment microbiologique (FML avec la bactérie retenue en 2019), chimique et membranaire, permettant de moduler l'acidité et le pH des cidres et poirés, seront comparées et évaluées sur le plan organoleptique et économique. L'ensemble des résultats finaux seront diffusés par l'IFPC et l'ensemble des partenaires du projet.

MoNArC : Modulation des Notes Aromatiques du Calvados

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, longs 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 des 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. Le présent article portera essentiellement sur l'action 4 du projet, pilotée par l'IFPC et portant sur la maîtrise de la fermentation des cidres à distiller.

Partenaires

IFPC (pilote du projet), GIP LABEO, Université de Caen Normandie, Distillerie Busnel, Spirit France Diffusion, Château du Breuil, Domaine de Coquerel, Distillerie Théo Capelle
Avec la participation de l'ARAC.

Financeurs

Région Normandie, FEDER, UNICID, IDAC

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

Un travail de fond a été mené dans le but d'acquérir des données sur la génération et la conservation des composés volatils lors d'une fermentation à sec menée par des levures cidricoles (cf. rapport d'activité 2018). Les résultats d'expérimentations présentés dans ce rapport sont basés sur différentes hypothèses :

- Le niveau de population de la levure a un impact sur les quantités d'arômes produits : une fermentation avec plus de levures produit plus d'arôme (expérimentations 1 et 3)
- Une modulation des précurseurs d'arôme (hexanol) dans le moût, par des opérations technologiques ou de variétés, peut influencer la concentration en composés volatils marqueurs du fruité (acétate d'hexyle, odeur de poire) (expérimentation 2)
- Une fermentation dirigée avec deux souches de levures cidricoles permet d'augmenter le caractère fruité des cidres (expérimentation 4)

Impact du niveau de population de *Saccharomyces uvarum* (Su)

Lors de précédentes expérimentations sur la génération et la conservation des composés volatils, il a été observé que l'accumulation des molécules d'intérêt se déroulait en parallèle de la fermentation, c'est-à-dire en parallèle de la consommation des sucres (ressources carbonées) par la levure Su. Il était important de vérifier si cette génération était aussi dépendante de la quantité de levures présentes.

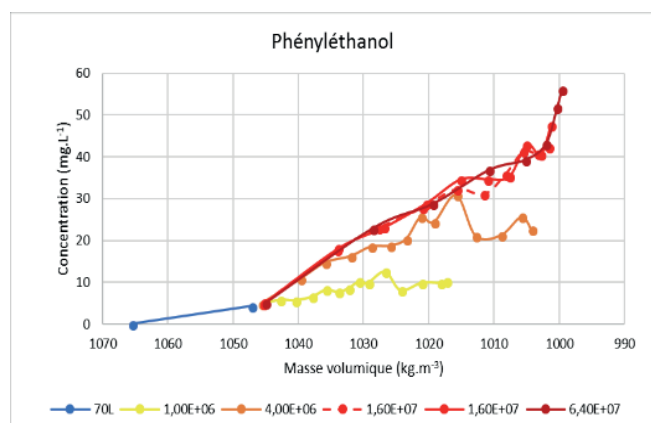


Figure 1 : Evolution du 2-phényléthanol au cours de fermentations réalisées avec Su200 à différents niveaux de population initiale.

Ainsi, nous avons étudié si la quantité de composés volatils générée pouvait être aussi influencée par la concentration en levures Su, c'est-à-dire par une modulation de l'activité métabolique. Quatre concentrations de Su ont été testées allant de 10^6 à $6,4 \cdot 10^7$ ufc/mL (dans les rapports 1, 4, 16 et 64).

Les vitesses de fermentation observées ont bien été en relation avec les taux d'inoculation, le plus important permettant une fermentation à sec en 43 jours. Le taux le plus faible n'a pas permis de finir la fermentation en 136 jours ($1017,3 \text{ kg.m}^{-3}$). Par rapport à la concentration classique de $1,6 \cdot 10^7$ ufc/mL (valeur moyenne observée en fermentation cidricole), une concentration quatre fois supérieure ne permet pas une génération plus importante de 2-phényléthanol (floral / rose). Par contre, les concentrations inférieures en génèrent 2 à 4 fois moins (**figure 1**).

A titre indicatif, concernant le 3-méthylbutan-ol précurseur de l'acétate d'isoamyle, les tendances sont moins marquées avec des teneurs supérieures ont été obtenues pour les plus faibles concentrations de levures.

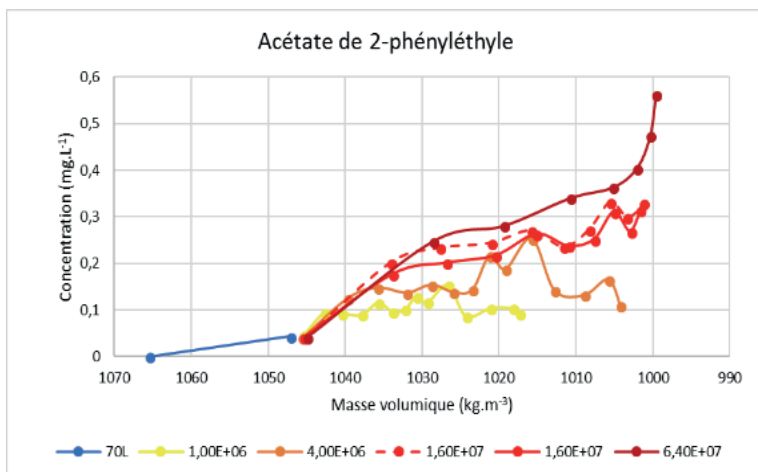
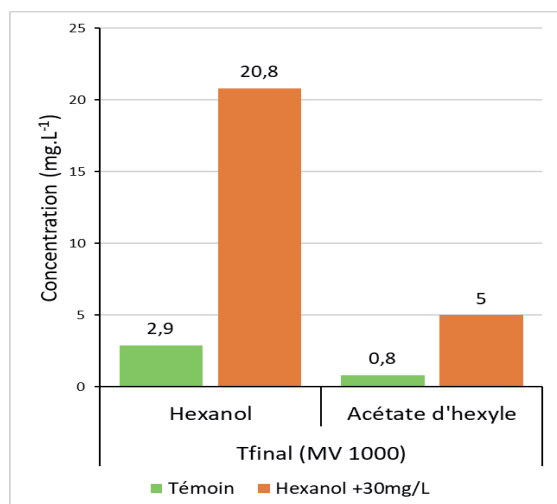


Figure 2 : Evolution de l'acétate de 2-phényléthyle principaux au cours de fermentations réalisées avec Su200 à différents niveaux de population initiale

Supplémentation en hexanol avec utilisation de *Saccharomyces uvarum*

Des précédentes expérimentations sur le devenir des composés volatils en cours de fermentation, par la levure Su, ont permis de constater que l'évolution de la concentration en hexanol présentait toujours la même allure : une concentration initiale comprise entre 8 et 15mg.L⁻¹ dans le moût, qui décroît au cours de la phase de croissance des levures pour atteindre une valeur stable d'environ 3mg.L⁻¹. Corrélativement, jusqu'à environ 2mg.L⁻¹ d'acétate d'hexyle (fruité poire) qui est l'ester correspondant à l'estérification de l'hexanol sont alors générés. L'hexanol présente la particularité d'être le seul alcool supérieur déjà présent dans le moût en quantité significative. Sa teneur pourrait être modulée par la variété, l'état de maturité des fruits et le cuvage. Aussi, il est apparu intéressant de simuler l'impact d'une teneur plus importante de ce composé dans le moût, afin d'évaluer la réponse de la levure Su en terme de production d'acétate d'hexyle (fruité poire). Un essai de comparaison entre un moût sans supplémentation et avec un ajout 30 mg.L⁻¹ d'hexanol en moût a donc été réalisé expérimentalement.



Au terme de la phase de croissance, le niveau de population atteint dans la modalité supplémentée en hexanol était de 40% inférieure à celle du témoin. L'impact sur la durée de fermentation jusqu'à sec est aussi important avec, dans les conditions expérimentales, une durée 2 fois supérieure. Il est envisageable que l'hexanol présente une toxicité pour Su.

Sur le plan des composés volatils, l'ajout d'hexanol a permis de générer une concentration très supérieure (environ 5 fois plus) en acétate d'hexyle par rapport au témoin (figure 3). Cette génération d'acétate d'hexyle supplémentaire a été perçue par le jury IFPC.

Figure 3 : Génération d'acétate d'hexyle lors de fermentations réalisées avec *Saccharomyces uvarum* en fonction du taux d'hexanol initial (vert pas d'ajout ; orange supplémentation : 30mg.L⁻¹).

Suivi de fermentation par une souche de levure *Hanseniaspora valbyensis* (Hv) d'origine cidricole

Des fermentations en triplicata biologiques ont été conduites avec Hv à 10°C. Cette levure ayant des capacités fermentaires moindres que *Saccharomyces*, il n'a pas été possible de descendre sous des masses volumiques de 1020 kg.m⁻³.

Les résultats d'évolution des masses volumiques (figure 4) montrent qu'une inoculation à 10⁷ufc/ml permet de conduire une fermentation rapide, répétable jusqu'à environ 1021 kg.m⁻³. Les fermentations à 10⁶ufc/mL sont plus lentes. Concernant la génération d'arômes, les fermenteurs inoculés avec 1.10⁷ ufc/mL d'Hv présentent des concentrations en composés volatils similaires voire inférieures à celles des fermenteurs inoculés à 1.10⁶ ufc/mL (figure 5). Sur le plan aromatique, en fermentation mono souche, un niveau de Hv de 10⁶ ufc/mL est donc suffisant.

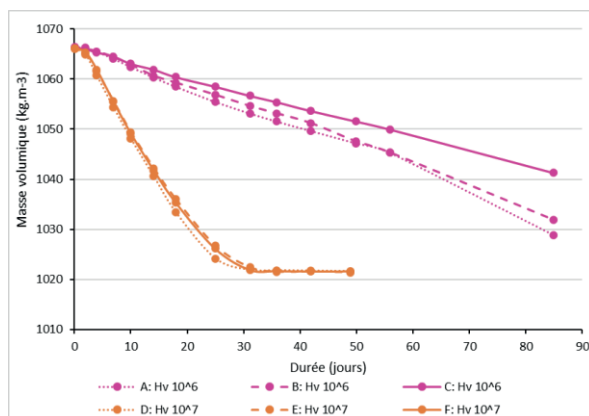


Figure 4 : Evolution des masses volumiques d'un moût ensemencé en Hv107 à différentes populations initiales

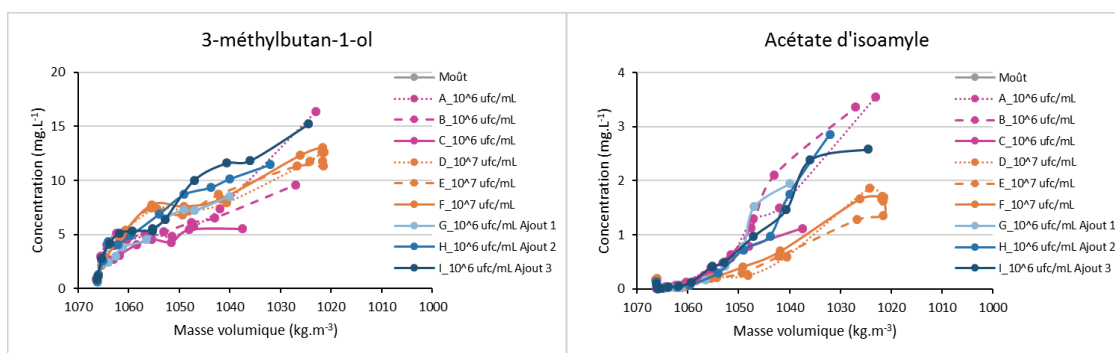


Figure 5 : Exemple de l'évolution d'arôme lors de conduites de fermentations avec Hv107 : cas du 3-méthylbutanol et de l'acétate d'isoamyle correspondant.

De plus, Hv a montré une capacité à générer des concentrations importantes en acétate de 2-phényléthyle lorsque du 2-phényléthanol est présent dans le milieu, alcool généré par Su. Il était donc intéressant de vérifier que Hv pouvait utiliser ce dernier à différents moments d'apport. Ainsi, un deuxième objectif de cette expérimentation était d'évaluer l'impact d'un ajout de 2-phényléthanol (composé naturellement produit par la levure Su) à différents moments de la fermentation. Il est à noter que l'ajout initial de 2-phényléthanol a induit une chute de viabilité plus précoce avec un impact sur la vitesse de fermentation plus faible.

L'impact de l'ajout de 2-phényléthanol est très important mais difficilement quantifiable (Figure 6), en raison des saturations en acétate de 2-phényléthyle (fruité / floral). Sans ajout de 2-phényléthanol, la souche Hv est capable de générer entre 1 et 2 mg/L d'acétate de 2-phényléthyle, production supérieure à celle de Su. Avec un ajout de 2-phényléthanol, la teneur en acétate de 2-phényléthyle est au moins 10 à 20 fois supérieure (saturation).

Hv a, encore une fois, montré une capacité à générer de l'acétate de 2-phényléthyle à partir de 2-phényléthanol. Ce constat est encourageant dans l'optique de travailler sur des mélanges ou des successions de flores (génératrices d'alcools supérieurs comme la levure Su, et estérifiantes comme la levure Hv).

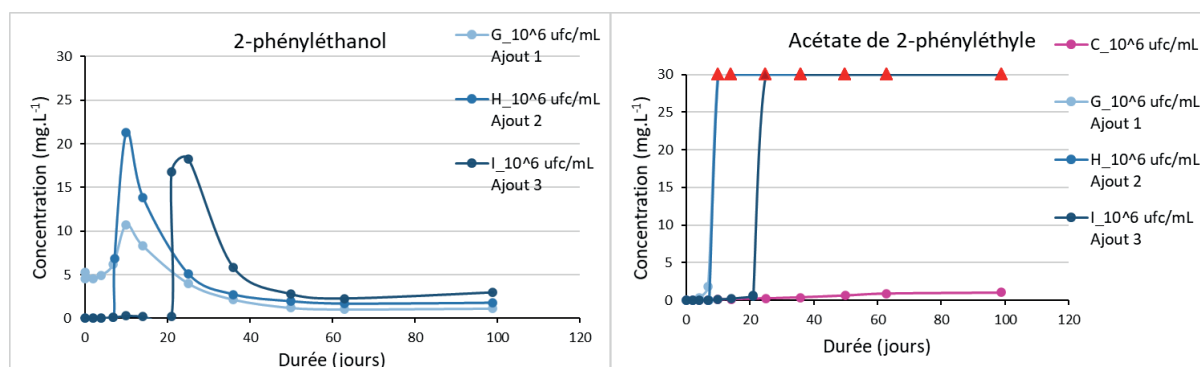


Figure 6 : Evolution de la génération de l'acétate de 2-phényléthyle lors d'apport de 2-phényléthanol à différents moments de la fermentation.

Impact d'une succession de flores : *Hanseniaspora valbyensis* (Hv) suivi par *Saccharomyces uvarum* (Su)

Les levures Su et Hv ont montré des profils fermentaires et aromatiques différents. Su a montré qu'elle pouvait mener une fermentation à sec, contrairement à Hv. Su a généré des concentrations intéressantes en alcools supérieurs, en acétate d'isoamyle (fruité banane) et en acétate d'hexyle (fruité poire). Hv a montré qu'elle pouvait générer, en souche pure, des quantités d'acétate de 2-phényléthyle (fruité / floral) quatre fois supérieures à celles de Su, mais qu'elle dégradait l'acétate d'hexyle (fruité poire). Face à ces résultats obtenus en souches pures, différentes stratégies d'inoculation de flores ont été évaluées, avec pour objectifs de mener à la fois une fermentation à sec (contrainte pour le cidre à distiller) et de maximiser le potentiel aromatique fruité des cidres à distiller, voire de proposer différents profils aromatiques de cidre à distiller.

Les stratégies testées sont présentées dans le **tableau 1** avec les impacts sur la génération des principales molécules d'intérêt.

Tableau 1 : Différentes stratégies d'inoculation de *Saccharomyces uvarum* (Su) et *Hanseniaspora valbyensis* (Hv) et graduation de la génération des principaux composés volatils d'intérêt

Modalités		1	2	3	4	5
Descripteur		co- inoculation Hv + Su en moût	Hv en moût	Hv en moût puis MFT*	Hv en moût	Su en moût
			Puis, ajout Su	Puis, ajout Su	Puis mélange des cuves	Hv en moût puis MFT
Acétate d'isoamyle	Banane	+	++++	++	+++	++
2-phényléthanol	Rose	+++	+	++	+++	++++
Acétate de 2-phényléthyle	Rose, miellé	+++	+++	++	++++	+
Acétate d'hexyle	Poire	+	+	+++	++	++++
Masse volumique d'arrêt	(kg.m-3)	1001,7	999,1	1004,6	1004,6	1001,3

* MFT : microfiltration tangentielle ; réalisée après perte de 20 points de masse volumique.

Les deux modalités 4 et 5 sont celles permettant de générer le plus de composés volatils, notamment les trois esters d'acétate. Les autres, i.e. les modalités 1 à 3, génèrent beaucoup moins d'esters d'acétate. Par contre, la modalité 2,ensemencée avec Hv dès le départ et sans son élimination, est celle pour laquelle l'acétate d'isoamyle est produit en plus grande concentration. D'autre part, pour les modalités dans lesquelles Hv est conservé tout au long du process (1, 2), l'acétate d'hexyle est retrouvé en concentration moins importante.

On peut voir ainsi se dégager différents process en fonction d'un profil recherché :

- Modalité 4 et 5 : Profil très fruité, puissance aromatique
- Modalité 2 : Profil plutôt orienté vers un arôme « banane »
- Modalité 3 : Arôme fruité avec une pointe de poire
- Modalité 1 : Arôme fruité – floral

Concernant les masses volumiques finales, les deux modalités 3 et 4 n'ont pas permis, dans nos conditions, d'atteindre des valeurs inférieures à 1002 kg.m⁻³, compatibles avec la distillation. Nous envisageons de compléter les moûts en début de fermentation, soit en apport azoté soit en apport lipidique, afin de mettre les souches dans de meilleures dispositions de résistance pour compléter les fermentations.

Conclusion

Les expérimentations menées confirment l'intérêt des souches cidricoles que nous avons en collection. Notamment, nous avons montré l'intérêt de l'utilisation conjointe de ces 2 souches Su et Hv. L'utilisation de ces 2 souches en inoculation pure, puis en mélangeant les 2 produits suite à une perte de 20 points de masse volumique sur le produit Hv, est une option technologique intéressante pour générer un cidre à distiller fruité. Les autres modalités testées permettent de moduler les arômes produits et ainsi les profils sensoriels des produits finaux.

La supplémentation en hexanol, précurseur de l'acétate d'hexyle, permet une génération importante de ce dernier. Il reste cependant un moyen d'augmenter cette concentration dans le moût de pomme par des moyens technologiques adéquats ou des variétés de pommes naturellement riches.

Perspectives

L'intérêt de la conduite de fermentations dirigées a été montré. Il convient cependant de pouvoir augmenter encore les quantités en esters d'acétate des cidres. Pour ce faire, nous étudierons l'impact de la modulation de la nutrition des levures : type et niveau d'azote ; apport d'oxygène ; sur la génération des composés volatils.

Liste des autres programmes de R&D et nouveaux projets construits en 2019

Thèmes et objectifs	Partenaires techniques et scientifiques
INNOVACIDRE : Programme de création variétale pour la filière cidricole <ul style="list-style-type: none"> Obtenir des variétés performantes et adaptées aux besoins de la filière 	IFPC (pilote) , INRAE, CEP Innovation, GIE IFO, AGRIAL, Les Celliers Associés, UMT Nova ² Cidre
POMEVAL : Evaluation et caractérisation de matériel végétal performant, durable et adapté aux besoins de la filière cidricole (FranceAgriMer – CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> Evaluer des variétés issues de programmes de sélection d'autres pays ou zones de production ainsi que des variétés d'intérêt local afin d'étoffer la gamme variétale Evaluer des porte-greffes sélectionnés dans des programmes étrangers afin de déterminer leur tolérance au phytophthora et leur niveau de vigueur 	IFPC (pilote) , CRA de Bretagne et Normandie, Les Cidres de Loire, pépinières Dalival, INRAE IRHS Angers, producteurs, UMT Nova ² Cidre, partenaires étrangers
Poires à poiré (Région Normandie - FEADER) <ul style="list-style-type: none"> Améliorer les modes de conduite du poirier et la qualité des poirés 	CRA de Normandie (pilote), IFPC, ARAC, Labeo Frank Duncombe
Gestion et modélisation de la tavelure en verger cidricole (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> Etudier les performances d'outils de modélisation de la tavelure 	IFPC (pilote) , techniciens de la filière cidricole
Bioccyd-Mastrus : BIOlogical Control of CYDia pomonella using Mastrus ridens (FranceAgriMer – CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> Tester, au champ et en conditions de production, l'efficacité d'une nouvelle stratégie alternative de contrôle du carpocapse des pommes en vergers de pommier : la lutte biologique à l'aide du parasitoïde <i>Mastrus ridens</i> 	INRAE Sophia Antipolis (pilote), IFPC, CTIFL, GRCETA Basse Durance, Station d'expérimentation La Pugère
Etude des résidus phytosanitaires <ul style="list-style-type: none"> Réaliser une veille et constituer une base de données pour les professionnels 	IFPC (pilote) , CRA de Bretagne et Normandie, Les Cidres de Loire, entreprises, FNPFC/UNICID
AgroEcoPérennes : Vers des systèmes de cultures pérennes agroécologiques (appel à projet CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> Conception de systèmes de production agroécologiques en culture pérenne 	IFV (pilote), IFPC, INRAE, ITAB, GRAB, AgroCampus Ouest, Montpellier Sup Agro
CidreAgroEco : Gestion agroécologique des bio-agresseurs en verger de pommes à cidre et à jus : biocontrôle et conduite innovante de l'enherbement (FranceAgriMer – CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> Tester des solutions de bio-contrôle des bio-agresseurs Innover dans la gestion de l'enherbement du verger 	CRA Normandie (pilote), IFPC, FREDON Normandie
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
Conduite de l'arbre et éclaircissage mécanique en verger cidricole (CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> Optimiser les techniques d'éclaircissage mécanique 	IFPC, AGRIAL, CRA de Normandie
MIRAGE : Mise au point d'un système de vision et d'analyse de l'activité des arthropodes prédateurs en vue de quantifier leur rôle dans la régulation naturelle des insectes ravageurs des cultures (appel à projet CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> Mettre au point une caméra haute définition et un logiciel d'analyse d'images incorporant des algorithmes permettant le tri des vidéos et photographies informatives, l'enregistrement des actes de prédation et la disparition des proies, ainsi que la classification des organismes prédateurs 	CTIFL (pilote), IFPC, ARVALIS, IFV, ASTREDHOR, INRAE, entreprises privées
JINNOV : Développer des Jus de pommes INNOVants (FranceAgriMer – CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> Optimiser la valorisation des pommes à cidre sous la forme de jus de pomme, en fournissant des outils permettant de développer, à partir des variétés à disposition, une gamme de jus élargie 	IFPC (pilote) , Unité de Recherche GRAPPE ESA, UMT Nova ² Cidre, entreprises de la filière
OPTIPRESS : Optimisation des rendements d'extraction (Régions Bretagne et Normandie) <ul style="list-style-type: none"> Mettre à disposition des transformateurs des outils de pilotage et des leviers technologiques pour leur permettre d'augmenter les rendements d'extraction du moût de pomme lors de l'opération de pressage 	IFPC (pilote) , INRAE BIA Le Rheu, Université de Bretagne Sud, Les Celliers Associés, ECLOR, UMT Nova ² Cidre
ASCOCID : Assemblage de connaissances sur le cidre (INRAE) <ul style="list-style-type: none"> Construire un livre électronique de connaissances sur l'élaboration du cidre 	INRAE BIA Le Rheu (pilote), IFPC, INRAE-I2M Bordeaux, UMT Nova ² Cidre
UPWASTE : Créer de la valeur à partir des déchets de la filière bretonne de transformation des pommes (DRAAF Bretagne) <ul style="list-style-type: none"> Valoriser les co-produits (marcs, lies...) des cidreries 	IFPC (pilote) , CBB Capbiotek, cidreries
C2S : Cidres sans sulfites (FranceAgriMer – CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> Produire des cidres sans addition de sulfites 	IFPC (pilote) , Université de Bretagne Occidentale, CA de Normandie et Bretagne, Les Cidres de Loire, les cidreries, l'UMT Nova ² Cidre
DivinCidre : Développement d'itinéraires techniques pour optimiser le caractère fruité des vins et des cidres (appel à projet CAS DAR) <ul style="list-style-type: none"> Mieux maîtriser le profil organoleptique des produits finis 	IFPC (pilote) , IFV, INRAE Montpellier, NYSEOS, l'UMT Nova ² Cidre et le RMT Quadiferm

La diffusion de l'information

✚ Outils pratiques pour la filière

L'IFPC a diffusé les prévisions de récolte pour la filière en septembre 2019. Au cours de la récolte, l'IFPC a diffusé plusieurs notes d'informations sur la dynamique de chute des fruits et l'évolution de la maturité des fruits. Enfin, l'IFPC a contribué au BSV arboriculture fruits transformés inter régional (23 n°) en effectuant de nombreuses observations dans les vergers (stades phénologiques des principales variétés, pression maladies et ravageurs, présence des principaux auxiliaires).

✚ Les colloques et journées techniques

Comme chaque année, les Entretiens Cidricoles ont eu lieu dans le cadre du salon SIVAL à Angers. Ils avaient pour thème : « *Maîtrise de la qualité et innovation organoleptique des produits cidricoles* » et se sont déroulés devant une assistance de 100 personnes dont de nombreux professionnels. Au cours de cette conférence, les nouvelles connaissances issues des travaux de R&D récents dans différents domaines ayant trait à la qualité des produits cidricoles ont été présentés.

Entretiens Cidricoles du SIVAL



Visite de la parcelle en mélange variétal « Verger de demain »

Dans la poursuite des rencontres techniques

« Vergers bas-intrants » qui avaient eu lieu en 2018, une dernière journée de restitution des résultats s'est déroulée au printemps en Bretagne à Crédin (56). Cette journée, organisée avec la Chambre d'Agriculture de Bretagne, a permis de présenter les résultats de la parcelle « Verger de demain » en mélange variétal. Le producteur ayant accueilli l'essai, ainsi que son technicien, ont pu apporter leur témoignage et discuter des résultats directement avec les participants.

Une journée de démonstration de différents outils a eu lieu chez un producteur de l'Orne, afin de tester des méthodes alternatives d'éclaircissage. Cette journée a été organisée par AGRIAL avec la Chambre d'Agriculture de Normandie et l'IFPC.

Enfin, l'IFPC a également participé à une journée technique organisée par Les Cidres de Loire sur le thème « Vie du sol et les pommiers ». Plusieurs interventions ont eu lieu, dont celle de l'IFPC sur la vie biologique des sols. Des ateliers ont également été proposés l'après-midi, comme par exemple des tests pour évaluer rapidement les sols.



La 3^{ème} édition du Forum Champs d'Innovation soutenue par la Région Normandie a eu lieu à UniLaSalle à Mont Saint Aignan le 21 novembre 2019. 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 les travaux réalisés sur la couleur des cidres, ainsi que le coffret couleur.



Journée technique sur la vie du sol et des pommiers (photo Les Cidres de Loire)



Forum Champs d'Innovation

✚ **Articles scientifiques**

- ✓ C.M. Castillo-Fraire, P. Poupard, S. Guilois-Dubois, E. Salas, and S. Guyot
Preparative fractionation of 5'-O-caffeoylquinic acid oxidation products using centrifugal partition chromatography and their investigation by mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, 2019. 1592: p. 19-30
- ✓ M. Millet, P. Poupard, S. Guilois-Dubois, A. Poiraud, M. Fanuel, H. Rogniaux, and S. Guyot
Heat-unstable apple pathogenesis-related proteins alone or interacting with polyphenols contribute to haze formation in clear apple juice. **Food Chemistry**, 2020. 309
- ✓ M. Millet, P. Poupard, S. Guilois-Dubois, D. Zanchi, and S. Guyot
Self-aggregation of oxidized procyanidins contributes to the formation of heat-reversible haze in apple-based liqueur wine. **Food Chemistry**, 2019. 276: p. 797-805.

✚ **Communications orales dans le cadre de colloques techniques et scientifiques**

- ✓ Bauduin R., novembre 2019, 3^{ème} Sagardo Forum, Espagne
The expression of the apple in its fermented products



Intervention de R. Bauduin au 3^{ème} Sagardo forum (Espagne)

✚ **Communications auprès de l'enseignement agricole**

- ✓ Le Maguet J., octobre 2019. Formation ingénieurs à Unilasalle Mont St Aignan
Présentation de la filière cidricole et de l'IFPC
- ✓ Guérin A., octobre 2019. Formation BTS Lycée Agricole Alençon-Sées
Cidriculture et agroécologie : l'exemple du projet « Verger cidricole de demain »
- ✓ Gilles Y., novembre 2019. Formation ingénieurs à l'ESA d'Angers
Présentation de la filière cidricole et dégustation de produits cidricoles

✚ **Articles techniques**

- ✓ Bauduin R., Poupard P., Gilles Y., Guichard H., Vergneaud M.C.
Maîtrise de la qualité et innovation organoleptique des produits cidricoles : Retour sur les Entretiens Cidricole du SIVAL 2019. Revue « Pomme à cidre » (n°49, mai 2019)
- ✓ Vergneaud M.C., Bauduin R., Gilles Y. (IFPC), Cardon J.C., Corroyer B., Lebon G., Denis A. (Chambre d'Agriculture de Normandie), Biche D. (Chambre d'Agriculture de Bretagne), Belin S. (Les Cidres de Loire)
Etude de variétés de pommes à cidre de variétés européennes : Focus sur les variétés anglaises. Revue « Pomme à cidre » (n°50, septembre 2019)

✚ **Distinction**



Après avoir été lauréat du concours ITA'Innov en 2017 pour ses travaux de recherche sur la



couleur des cidres (projet « des cidres et des couleurs »), l'IFPC a de nouveau été récompensé lors du concours 2019, dans la catégorie « recherche et méthodologie », pour ses travaux sur la durabilité des systèmes de vergers cidricoles, grâce à son projet « Verger cidricole de demain ».



Remise du trophée à A. Guérin pour le projet « Verger cidricole de demain »

Organisation

Président	Denis ROULAND • denisrouland@orange.fr
Directeur	Jean-Louis BENASSI • jl.benassi@cidre.net
Directeur Scientifique et Technique, responsable de la Halle Technologique du Rheu	Rémi BAUDUIN • remi.bauduin@ifpc.eu
Responsable de la Station Cidricole de Sées	Jean LE MAGUET • jean.lemaguet@ifpc.eu

Le Conseil d'Administration (arrêté du 7 février 2020)

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'INRAE 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 Laurent GUILLET Marc HILLENWECK Guillaume JAN Alain LE PAGE Corinne LEFEBVRE Nathalie LEGAVRE Xavier DE SAINT POL Corinne LEFEBVRE Philippe MUSELLEC	Christophe BILTAUD Marie BOURUT Yves FOURNIER Philippe GAILLARD Jacques LE PINEAU Serge LEFRANC Thomas PELLETIER Denis ROULAND (président) Guy STEPHAN Thibault VERGER
Représentants des salariés	Représentant des pépiniéristes
Gilles ROELENS Michel TRETON	Bruno ESSNER
Représentant de FranceAgrimer	Représentant de l'INRAE
Le Directeur Général ou son représentant	Le Président-Directeur-Général ou son représentant

Invités de droit (voix consultative uniquement)

Contrôleur Général Économique et Financier	Commissaire du Gouvernement
Patrice DIEBOLD	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 : Jean-Michel SALMON (INRAE)	
Didier ANDRIVON (INRAE) Violaine ATHES-DUTOUR (INRAE) Claude COUREAU (CTIFL / La Morinière) Gilbert GRENIER (Bordeaux Sciences Agro) Laurence GUERIN (IFV) Pascale GUILLERMIN (Agrocampus Ouest INHP)	François LAURENS (INRAE) Jean-Michel LE QUERE (INRAE) Catherine RENARD (INRAE) Jean-Marie SABLAYROLLES (INRAE) Sylvaine SIMON (INRAE) Ronan SYMONEAUX (ESA laboratoire GRAPPE)

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	Station Cidricole La Rangée Chesnel 61500 SEES Tél : 02.33.27.56.70	Laboratoire Cidricole Domaine de la Motte 35650 LE RHEU Tél : 02.99.60.92.84



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