

COMPTE-RENDU D'ACTIVITÉ

2021



JUIN 2022





ÉDITORIAL

Des ambitions intactes à la veille d'une nouvelle période de qualification

La crise Covid a encore marqué profondément la filière cidricole en 2021, année difficile également en termes d'obtention de financements pour l'IFPC : les financements publics de la recherche appliquée agricole ne sont pas en expansion et la concurrence est plus rude que jamais.

Pour autant, l'IFPC conserve de fortes ambitions, dans un contexte de mutation où il va continuer à se mobiliser pour la filière et mettre en valeur ses compétences et son excellence.

Un gros travail de réflexion sur les besoins et de dépôt de projets a été réalisé au tournant des années 2021 et 2022 et se poursuit. La nouvelle Unité Mixte Technologique « Résilicidre », construite en partenariat avec l'INRAE et dont les travaux, en s'interrogeant notamment sur les évolutions du climat et des modes de production et sur leur impact sur la transformation, visent à accompagner les évolutions à l'œuvre dans la filière, se met en place.

La programmation pluriannuelle dans le cadre du contrat d'objectif signé entre les Instituts Techniques Agricoles et l'Etat (avec les financements Casdar qui l'accompagnent) a été définie en 2021 et va courir de 2022 à 2027. Elle aussi tient compte des besoins et évolutions de la filière, en intégrant, aux côtés de thématiques déjà bien engagées (transition agro-écologique et clean label, maîtrise des procédés pour disposer d'outils utiles à l'innovation et la diversification), des thématiques qui prennent aujourd'hui de l'ampleur, notamment le changement climatique, l'impact des nouveaux modes de production bas intrants sur l'aval et les bilans carbone.

Elle intègre par ailleurs les exigences accrues, tant de la part des opérateurs que des financeurs, quant à l'optimisation de l'impact des travaux menés, ce qui implique notamment un travail plus important sur le transfert des résultats et références.

La diversification des financeurs est un sujet à approfondir pour l'avenir. D'ores et déjà des étapes dans ce sens ont été franchies, avec par exemple une première expérience de financement FEDER (Fonds Européen pour le Développement Régional) qui a été très positive. Il faut réitérer, d'ailleurs les idées sont déjà dans les tuyaux, et il faut également avancer sur la prospection d'autres sources jusqu'à présent peu ou pas explorées (Ademe, Office Français de la Biodiversité...).

Enfin, 2022 est l'année du renouvellement de la Qualification de l'IFPC : le montage et l'instruction du dossier vont se dérouler sur l'année, pour une entrée en vigueur de la nouvelle qualification au premier janvier 2023. C'est le quatrième exercice du genre, tous les cinq ans la qualification est remise en cause et il faut le répéter, en faisant la preuve de la pertinence et de l'excellence de l'Institut et de ses travaux. L'enjeu est important, puisque la qualification conditionne une composante majeure, avec une visibilité à 5 ans, du financement de l'IFPC, et cela demande un investissement important, mais nous partons confiants.

🕒 Denis ROULAND
Président de l'IFPC

SOMMAIRE



- ① **Axe 1**
Durabilité et compétitivité des systèmes de production et des procédés
 - La création variétale dans la filière cidricole 04
 - Introduction du parasitoïde exotique *MASTRUS RIDENS* pour lutter contre le carpocapse des pommes *CYDIA POMONELLA* en France (*BIOCCYD Matrus*) 06
 - Étude innovante de la tonte robotisée en vergers cidricoles (*INNOROB*) 08
 - Vers des SYstèmes ciDRicoles Agroécologiques (*SYDRA*)
État d'avancement à mi-parcours 10
- ② **Axe 2**
Innovation, valorisation et qualité des produits
 - Modulation des Notes Aromatiques du Calvados (*MoNArC*) 12
 - Maîtrise de l'acidité et du pH des cidres et des poirés (*MAITRACID*) 16
 - Développement d'itinéraires techniques pour optimiser le caractère fruité des Vins et des Cidres (*DIVIN CIDRE*) 18
- ③ **Liste des autres programmes de R et D menés en 2021** 20
- ④ **La diffusion de l'information en 2021** 21

Nous remercions les acteurs de la filière qui participent ou collaborent aux essais (conseillers, producteurs, transformateurs...), les financeurs et la profession cidricole qui soutiennent ces projets.

AXE 1

DURABILITÉ ET COMPÉTITIVITÉ DES SYSTÈMES DE PRODUCTION ET DES PROCÉDÉS

La création variétale dans la filière cidricole

Objectifs de la création variétale

La création variétale a pour but de créer de la diversité génétique en vue de s'adapter au changement des conditions de production (baisse des intrants, modification du climat ...) mais aussi aux demandes de l'aval de la filière pour la transformation des pommes à cidre (saveur, teneur en sucre, arômes, couleur ...). Cette approche est complémentaire du travail également réalisé par l'IFPC sur l'évaluation de variétés déjà existantes (variétés issues d'autres programmes de sélection, variétés locales ...) qui est un processus plus rapide mais pour lequel la génétique, et donc les propriétés des variétés, est totalement fixée.

Pour la filière Pomme à Cidre, la création est effectuée par l'Institut Technique de la filière, l'IFPC, en collaboration avec l'INRAE (FIGURE 1). En amont des croisements, les objectifs du programme de création doivent être fixés. Les parents (géniteurs) sont ensuite choisis pour réaliser la meilleure combinaison génétique en vue des objectifs fixés.

Partenaires et financeurs

Partenaires : INRAE IRHS, partenaire scientifique avec expertise sur la création variétale et la méthodologie en fruits à pépins, IFO, Chambre d'Agriculture de Normandie et de Bretagne (partenaires techniques pour les observations), CEP-INNOVATION (partenaire commercial).

Financeurs : CAS DAR, UNICID.

Du croisement à la sortie de la variété

Création variétale Pommier à Cidre, cas du programme débuté en 1987

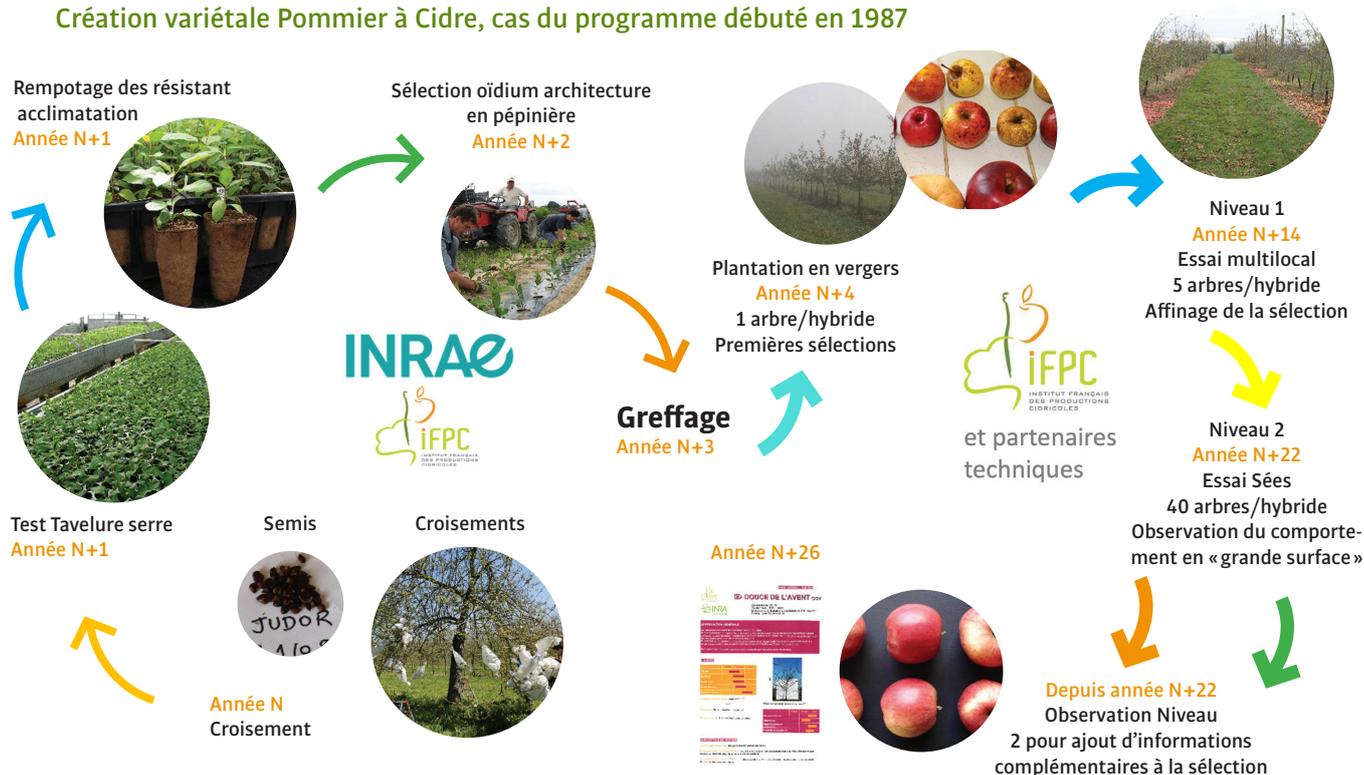


FIGURE 1 : Les différentes étapes de la création variétale : de la réalisation du croisement à la sortie de la variété, exemple de la variété Douce de l'Avent_{cov} issue du programme de création débuté en 1987 dont l'objectif était l'amélioration des variétés douces à amères.

La création d'une nouvelle variété prend entre 25 et 30 ans (FIGURE 1), de l'hybridation jusqu'à la sortie commerciale de la variété. Par exemple, les dernières créations variétales de l'IFPC sorties entre 2014 et 2019 (Douce de l'Avent_{cov}, Frequinette_{cov}, Kerramère_{cov}, Saireline_{cov} et Tréladine_{cov}) sont issues d'un programme de croisement débuté en 1987. Du fait de la durée du processus de création variétale, les objectifs des

croisements doivent être très prospectifs ; ils engagent l'avenir de la filière sur une longue période. À chacune des étapes décrites dans la FIGURE 1, des évaluations sont réalisées permettant ainsi de retenir au final les variétés les plus intéressantes. Les objectifs initiaux qui orientent le choix des géniteurs pour les hybridations fixent également les critères d'évaluation, ainsi que leurs seuils (rejet ou acceptation).

🕒 Travaux déjà réalisés et en cours

La création variétale constitue un fil rouge dans les travaux de l'IPFC avec des pics d'hybridation et des phases d'observation et de sélection du matériel végétal. Le tableau ci-dessous reprend l'historique des programmes de création variétale issue de la collaboration entre l'INRAE et l'IPFC.

Périodes d'hybridation	Objectifs	Croisements réalisés	Pépins récoltés	Hybrides implantés (après tests tavelure et oïdium)	Variétés en niveau 1	Variétés en niveau 2	Nombre de variétés éditées
1987-1990 « Programme 87 »	Amélioration des variétés douces à amères	53	35 319	3 310	89	31	5
1999-2000	Régularité de production & Résistance aux bio agresseurs	4	1 996		23	4	-
2007-2011 « Innovacidre »		53	25 826	3 657	67 (2007-2009)	Non débuté	-
2018-2022	Potential aromatique ou colorant	6	1 700 (2018-2021)	Pépins en attente de test	Non débuté	Non débuté	-

En 2021, le travail réalisé a porté sur :

- **Hybridations 2018-2022** : Réalisation de 6 croisements orientés sur l'aromatique et la couleur des fruits.
- **Hybridations 2007-2011** : Poursuite des observations (agronomiques et analyses sur fruits) et travail de sélection des individus en vue de l'implantation en niveau 1 des premières tranches 2007-2009.
- **Hybridations 1999-2000** : Poursuite des observations en niveau 1 et passage de 4 variétés en niveau 2.

🕒 Perspectives

Le travail de création variétale réalisé par l'IFPC a pour objectif l'obtention de variétés productives et tolérantes aux principales maladies du pommier : tavelure, oïdium et chancre. Au-delà de ces critères indispensables qui constituent et continueront à être un prérequis, l'IFPC a lancé, en 2022, une large consultation de la filière cidricole pour identifier et hiérarchiser les qualités des variétés cidricoles de demain afin d'orienter plus précisément les croisements à effectuer pour les prochaines années.

L'adaptation au changement climatique et une plus forte tolérance aux bioagresseurs semblent, sans surprise, constituer le socle de l'orientation des futures hybridations. Cette orientation pose également des questions sur la mise au point de dispositifs de criblage variétal rapides et performants de ces nouveaux critères.



Introduction du parasitoïde exotique *Mastrus ridens* pour lutter contre le carpocapse des pommes *Cydia Pomonella* en France (Bioccyd Matrus)

Contexte

Depuis quelques années, la pression du carpocapse s'accroît dans tous les bassins de production de pomme, y compris en arboriculture cidricole. Une piste prometteuse pour améliorer le contrôle de ce ravageur repose sur le déploiement d'une lutte biologique. Cette stratégie repose sur l'introduction délibérée dans l'environnement d'un auxiliaire spécifique d'origine exotique, en vue de son établissement pérenne et d'un contrôle durable du ravageur (Borowiec et Sforza, 2020). L'INRAE a étudié et démontré la spécificité d'un parasitoïde du carpocapse des pommes dans nos conditions françaises. C'est donc cette piste de lutte biologique par acclimatation qui est explorée dans le cadre du projet BIOCCYD *Mastrus* (2019-2022).

Objectif de l'étude

L'étude vise à effectuer en France des primo-introductions au verger de *Mastrus ridens* dans le but de contribuer à la régulation des populations de carpocapse.

Partenaires

INRAE (pilote), IFPC, CTIFL, Station La Pugère, GRCETA Basse Durance

Financeurs

FranceAgriMer, UNICID.

Matériels et Méthodes

Le parasitoïde *Mastrus ridens*

C'est au cours de prospections menées au Kazakhstan et en Chine en 1995 qu'un agent potentiel de lutte biologique a été identifié. Il s'agit d'un parasitoïde : *Mastrus ridens* (Horstmann, 2009) (FIGURE 1). *Mastrus ridens* est un ectoparasitoïde idiobionte (i.e. avec une interaction limitée dans le temps avec son hôte vivant) et grégaire (plusieurs parasitoïdes pouvant se développer sur un même hôte). La femelle pond ses œufs sur la cuticule du dernier stade larvaire ou sur les pré-pupes du carpocapse. En s'attaquant uniquement aux larves au stade « cocon », *M. ridens* présente un potentiel intéressant pour réduire les populations du carpocapse notamment les individus diapausants qui

contribuent aux infestations précoces l'année suivante. À la suite de sa découverte au Kazakhstan, *Mastrus ridens* a été introduit délibérément en Californie (1998), en Argentine (2003), au Chili (2006), en Nouvelle-Zélande (2013) et en Australie (2015) où il s'est établi avec succès. En 2015, des collaborations entre l'INRAE et le Plant and Food Research Institute (Nouvelle-Zélande) ont permis d'importer une souche de *Mastrus ridens* en France. Les tests de laboratoire menés ont confirmé la spécificité de *Mastrus ridens* vis-à-vis du ravageur ciblé et, en 2017, un arrêté des Ministères de l'Agriculture et de l'Environnement a été délivré, autorisant les introductions de *Mastrus ridens* dans l'environnement.

Élevage de carpocapses et *Mastrus ridens*

Les élevages de *Mastrus ridens* ont été constitués grâce à l'importation d'individus provenant de trois sources génétiques. Les élevages sont maintenus à l'INRAE dans un bâtiment de quarantaine en conditions contrôlées. Les adultes de *Mastrus ridens* sont élevés dans des cages « insect-proof » approvisionnées en nourriture (eau + miel) à raison de 50 femelles et 40 mâles par cage. Chaque semaine, 4 nouvelles cages sont constituées

(individus âgés de 5 à 10 jours) dans lesquelles on place un lot de 50 cocons de *C. pomonella* diapausants. Ces cocons sont laissés en place pendant une semaine pour permettre aux *Mastrus ridens* femelles de pondre. Ils sont ensuite retirés et placés dans une nouvelle cage. Au bout d'environ 20 jours, les individus émergents de ces cages sont récupérés, sexés puis utilisés pour les élevages et/ou pour les lâchers de terrain.

Dispositif de lâchers et recapture au verger

La sélection de sites de lâcher s'opère selon plusieurs critères. Le premier concerne le niveau des populations de carpocapse, qui doit être suffisamment élevé pour a priori limiter la dispersion de *Mastrus ridens* et ainsi favoriser sa recapture. Le second critère de sélection concerne l'itinéraire cultural, les parcelles devant être conduites en Agriculture Biologique et les traitements potentiellement préjudiciables à l'établissement du parasitoïde (*Spinosad* par exemple) devant être limités voire proscrits. Le troisième critère important est la distance minimale entre les sites (au moins 7 kilomètres), de façon à assurer, au moins pendant un temps, une indépendance entre les sites.

Préalablement à tout lâcher, chaque site fait l'objet d'une évaluation des communautés de parasitoïdes associés à *C. pomonella*. Pour cela, des bandes pièges cartonnées sont placées en début d'été. Ces bandes sont placées à la base des troncs et seront utilisées par les larves de carpocapse lorsqu'elles tisseront leur cocon.

Ces bandes sont retirées au moment des lâchers, puis ramenées au laboratoire pour observation. Toutes les larves de *C. pomonella* suspectées d'être parasitées sont placées individuellement dans des boîtes insect-proof. Les adultes de parasitoïdes émergents sont placés en alcool 96° pour analyses morphologique et moléculaire ultérieures.

Les recaptures de *Mastrus ridens* sont basées sur deux méthodes. La première est l'utilisation de bandes pièges cartonnées placées à la base des troncs, selon les mêmes modalités que celles décrites ci-dessus. La seconde méthode est l'utilisation de larves « sentinelles ». Pour cela, des larves de carpocapse de dernier stade sont prélevées dans les élevages et placées dans des bandes de carton puis maintenues en conditions diapauses jusqu'à utilisation sur le terrain. Pour l'exposition au champ, les bandes sont accrochées au niveau des troncs. Au bout de 10 jours, les bandes sont retirées et placées au laboratoire pour suivre les émergences.

⊙ Principaux résultats et perspectives

Lâchers de *Mastrus ridens*

Au total, plus de 24 000 individus de *Mastrus ridens* ont été lâchés sur 57 sites répartis sur 3 bassins de productions : pommes de table (Sud-Est et Val de Loire) et pommes à cidre (Bretagne et Normandie). L'IFPC assure le suivi de 12 parcelles réparties du Morbihan à la Seine-Maritime en passant par l'Orne (FIGURE 2).

Campagnes de recapture

En 2021, 31 sites (dont 3 sites cidricoles) ont fait l'objet d'une campagne de recapture de *Mastrus ridens* pour vérifier l'établissement du parasitoïde. Sur ces 31 vergers, 4 ont fait l'objet d'une recapture de *Mastrus ridens*, ce qui constitue un résultat très prometteur. Les vergers sont en effet répartis depuis la baie du Mont-Saint-Michel jusqu'à la vallée du Rhône, indiquant donc une capacité d'adaptation de *Mastrus ridens* à diverses conditions climatiques et itinéraires culturaux. Les 57 sites vont faire l'objet de suivis post-lâchers à partir de 2022.



FIGURE 1 : Deux adultes de *Mastrus ridens* au moment du lâchers au verger : à gauche un individu mâle, à droite un individu femelle (avec ovipositeur allongé).

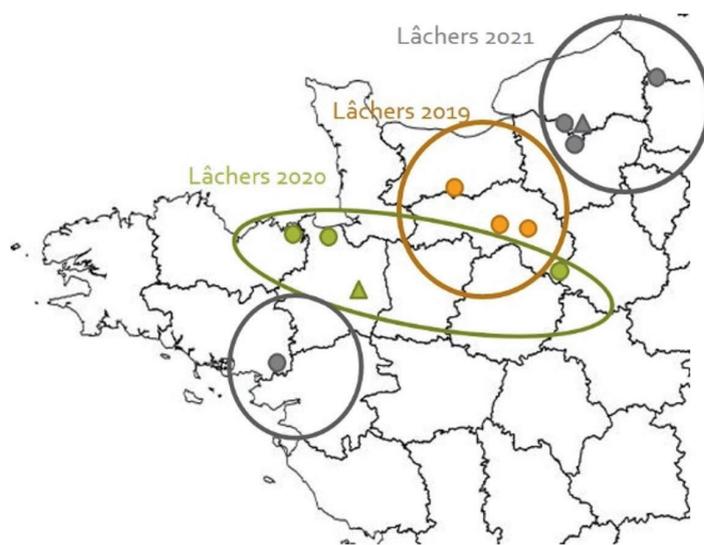


FIGURE 2 : Les douze sites cidricoles pour les lâchers de *Mastrus ridens*. Les sigles triangulaires signalent des parcelles en pomme de table.

Étude innovante de la tonte robotisée en vergers cidricoles (Innorob)

Contexte

Les vergers cidricoles couvrent environ 9000 ha, principalement situés dans le nord-ouest de la France. Cette production est caractérisée par un faible niveau d'intrants rendu possible grâce à la tolérance des variétés aux principaux ravageurs et maladies, et l'absence d'exigences esthétiques sur les fruits, contrairement aux pommes de table. La très forte demande sociale pour une production plus respectueuse de l'environnement et la situation des producteurs confrontés à des impasses techniques dues au retrait de nombreuses molécules du marché, nécessitent de reconsidérer l'utilisation des pesticides et de proposer d'autres alternatives. L'agriculture biologique représente aujourd'hui environ 30% de la production de cidre. Le sol des vergers cidricoles est recouvert d'herbe (mélange de fétuque rouge rampant, de fétuque élevée et de ray-grass anglais), avec une étroite bande restante sur le rang de plantation. Le sol sur le rang doit rester

propre pour permettre la récolte mécanique des fruits. Dans les vergers en conventionnel, les producteurs utilisent principalement des herbicides pour lutter contre les mauvaises herbes. Celles-ci réduisent en effet considérablement la productivité des arbres par leur concurrence pour les nutriments du sol et l'eau. En agriculture biologique, les producteurs utilisent des outils mécaniques ou de fauchage pour maintenir un bon état du rang. Ces méthodes sont coûteuses et nécessitent beaucoup de temps au producteur par rapport aux applications d'herbicides.

Dans ce contexte, l'utilisation de la tonte robotisée constituerait une innovation agronomique dans l'entretien du rang. L'utilisation d'herbicides sur le rang de plantation et la consommation de carburant fossiles pourraient être remplacées grâce à une technique plus flexible fournie par des robots de fauchage autonomes.

Objectif de l'étude

Le projet a pour objectif principal d'étudier la tonte autonome comme alternative aux herbicides et aux techniques de broyage de l'enherbement. Ce projet vise à rassembler et coordonner les acteurs de l'expérimentation et du développement de la filière cidricole autour de la tonte autonome afin de travailler en réseau sur l'acquisition de nouvelles références. Cette étude traduit ainsi la volonté d'innovation des exploitations dans la transition écologique, dans la mutation des systèmes de culture, et dans l'usage des technologies numériques au service de l'agriculture.

Partenaires

IFPC (chef de file), INRAE Clermont Ferrand, Chambre d'Agriculture de Normandie.

Financeurs

Région Normandie (FEADER), UNICID.



☉ Matériel et méthodes

Quatre parcelles d'essais cidricoles ont été choisies en Normandie pour tester des robots. Pour chaque parcelle, une superficie minimale de 4000 m² est allouée pour chaque modalité de tonte. Pour l'ensemble du réseau de parcelles, une modalité « producteur » sert de référence comparative pour les différents robots testés. Deux types d'observations sont réalisés :

OBSERVATIONS QUALITATIVES

Ces observations sont directement liées aux caractéristiques du matériel testé :

- **Guidage du robot** : câblage souterrain, guidage GPS ou technologie LIDAR
- **Puissance** : type d'énergie utilisée, temps de charge avant réutilisation
- **Déplacement** : analyse de l'adaptation du système de locomotion (type de roue, voie)
- **Découpe** : système rotatif ou alternatif, type de couteau et facilité de remplacement

OBSERVATIONS QUANTITATIVES

Des mesures régulières de la hauteur de l'herbe seront faites sur le rang et l'inter-rang. Le diamètre des touffes laissées par les robots autour des troncs sera également mesuré, ainsi que la proportion entre les graminées et les dicotylédones.



☉ Principaux résultats et perspectives

Une quinzaine d'entreprises ont été contactées pour tester leur équipement. Parmi eux, 5 ont répondu à des sollicitations : Husqvarna, Honda, Stihl, Wall-Ye et Vitirover. La crise de la COVID-19 a perturbé de nombreuses chaînes d'approvisionnement et certaines entreprises n'ont pas été en mesure de fournir, en 2021, les robots nécessaires à l'expérimentation. Ainsi, seuls trois modèles de robots ont été testés : Honda Miimo 3000, Husqvarna Automower 535 AWD et Automower 550 H (FIGURE 1).

Les premiers résultats ont révélé que les robots autonomes testés ne sont pas adaptés à la configuration du verger, quel que soit le modèle considéré. La densité des arbres (environ 900 arbres par hectare) et l'inégalité du sol ne sont pas encore gérées par les machines testées en 2021. Le petit diamètre des roues utilisées pour l'avancement des robots est la principale raison de la mauvaise circulation du robot sur l'herbe et entre les arbres.

D'autres modèles de tondeuse autonome seront testés en 2022. De plus, des discussions sont en cours avec les fabricants pour améliorer la capacité des machines en fonction des caractéristiques des vergers.



FIGURE 1 : Un robot de tonte autonome en fonctionnement dans une parcelle de la Station Cidricole de l'IFPC.

Vers des SYstèmes ciDRicoles Agroécologiques (SYDRA) État d'avancement à mi-parcours

🕒 Rappel des objectifs et enjeux

Le projet SYDRA (2019-2024) propose de concevoir, tester, évaluer et transférer cinq systèmes de vergers cidricoles agroécologiques, permettant de réduire fortement l'utilisation des produits phytosanitaires (entre -50% et -100% des IFT selon les familles de pesticides). Il concerne le verger cidricole biologique et conventionnel. Pour atteindre ces objectifs ambitieux, il est nécessaire de repenser le verger cidricole dans son

ensemble. L'enjeu est de reconcevoir le « monosystème » verger en diversifiant l'espace de production lors de la plantation tout en combinant différentes stratégies de lutte alternatives contre les bioagresseurs. Les résultats permettront également de trouver de nouvelles pistes agroécologiques applicables au 9000 hectares de vergers cidricoles déjà implantés pour lesquels les possibilités de reconception sont plus limitées.

🤝 Partenaires & Financeurs

Partenaires : IFPC (chef de file), Chambre d'Agriculture de Normandie, exploitation agricole du Lycée Professionnel Agricole du Pays de Bray et 3 producteurs.

Financeurs : Ecophyto, OFB et UNICID.

🕒 Finalisation des systèmes à expérimenter et implantation du réseau expérimental achevée

Pour rappel, le projet s'appuie sur un dispositif expérimental multisite de 5 vergers implantés en contexte réel de production chez des cidriculteurs (dont 3 certifiés en AB). Le réseau compte 3 nouvelles plantations (2021 et 2022, dont une sur la station expérimentale de Sées) et 2 vergers adultes (2011 et 2012).

Chacun des 3 nouveaux vergers a fait l'objet d'ateliers afin de définir les combinaisons de leviers et leur agencement spatial pour tenter d'atteindre les objectifs de réduction d'IFT propre à chaque site, tout en tenant compte de leur cadre de contraintes (contexte pédoclimatique, pression bioagresseurs in-situ, matériel disponible sur l'exploitation ...). Ces ateliers de « co-conception » ont mobilisé une grande diversité d'acteurs et d'actrices, diverses compétences et filières agricoles (pomme à cidre, arboriculture fruitière, viticulture, cultures fourragères, horticulture, agroforesterie). Ils ont permis d'aboutir à des prototypes de vergers à implanter. Une fois les vergers implantés, les stratégies d'interventions et les observations ont été définies par les partenaires du projet. Ces « règles de décision » sont éventuellement réadaptées tous les ans en fonction des résultats agronomiques et techniques. Ce travail de formalisme a également été réalisé pour la gestion des 2 anciens vergers (tableau 1 page ci-contre).

Sur le site de Sées est expérimenté un mélange variétal sur le rang et pommier à cidre/poirier à poiré entouré de haies pour limiter la propagation de la tavelure et du puceron cendré avec un objectif de « 0 traitement » (FIGURE 1). Divers nichoirs (mésanges, rapaces, chauve-souris) et bandes fleuries ont été implantés pour maximiser la biodiversité fonctionnelle. La localisation des bandes fleuries au centre de l'inter-rang combinée à l'utilisation de porte-greffe et/ou variétés plus vigoureuses et l'implantation d'un précédent cultural à base de luzerne visent à assurer la bonne mise en place du verger en limitant la concurrence hydrominérale induite par le « 0 herbicide ».

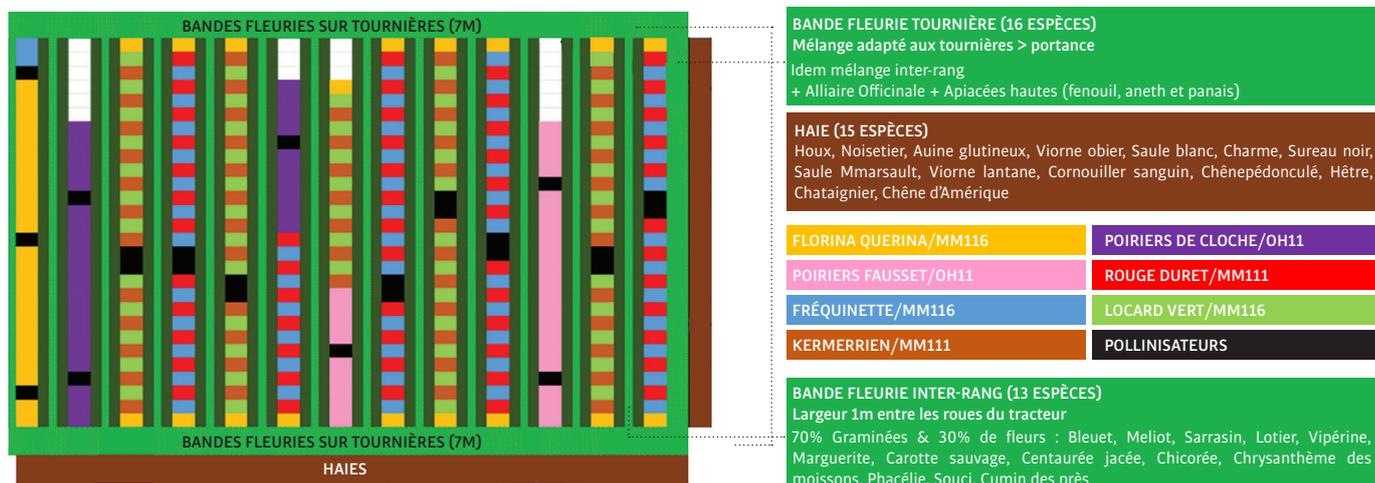


FIGURE 1 : Schéma du dispositif de Sées.

Un autre exemple de levier innovant est la diversification des inter-rangs pour remplir différentes fonctions. Sur le site de Domjean (P50), trois types d'inter-rangs différents (FIGURE 2) sont implantés : luzerne pour favoriser l'autonomie azotée, « luzerne + semis de bandes fleuries au centre » pour favoriser la régulation naturelle, « luzerne + semis de tagète au centre » à des fins répulsives du puceron cendré. D'autres plantes de service de type répulsives sont aussi testées : menthe sur la ligne de plantation (site P27-22) et patches de romarin, lavandin et de menthe (site P50).



FIGURE 2 : P50 avec 3 types d'inter-rangs différents.

Bioagresseurs/ Thématiques	Types de leviers	Détails du levier / stratégie testée	P27-11	P76	P50	P61	P27-22
Tavelure	Utilisation d'un OAD	Raisonnement de la lutte chimique à l'aide du modèle tavelure RIM Pro, de l'inoculum tavelure de l'année n-1et de la sensibilité variétale	X	X	X	X	X
	Utilisation de produits de biocontrôle ou à moindre impact (ex. : lactoserum, soufre, arnicarb)		X	X	X	X	X
	Levier génétique	Levier génétique : Utilisation de variétés tolérantes	X	X	X	X	X
	Diversification/ réagencement spatial du verger	Diversification/réagencement spatial du verger par mélange variétale et/ou d'espèces fruitières				X	X
Introduction de moutons et effet prophylactique attendu du piétinement sur la dégradation de la litière foliaire(réduction inoculum)			X				
Tous ravageurs anthropodes	Lutte biologique par conservation	Implantation de haies	X	X	X	X	X
		Implantation de bandes fleuries	X		X	X	X
	Lutte biologique par conservation	Favoriser l'activité de chasse des chauve-souris en implantant des gîtes adaptés au sein du verger			X	X	
		Favoriser l'activité de chasse des mésanges en implantant des nicheris au sein du verger	X	X	X	X	X
Utilisation de produits de biocontrôle ou à moindre impact (lactoserum)			X				
Puceron cendré	Utilisation de produits de biocontrôle ou à moindre impact selon comptage d'arbres atteints et de la faune auxiliaire des foyers		X		X	X	
	Diversification/ réagencement spatial du verger	Utilisation des plantes de services (répulsives de pucerons et attractives des auxiliaires)			X	X	X
		Diversification/ réagencement spatial du verger par mélange variétale et/ou d'espèces fruitières					X
Carpocapse	Utilisation de produits de biocontrôle ou à moindre impact (infradose de sucre)		X				
	Diversification	Introduction de moutons et effet prophylactique par ingestion des fruits véreux		X			
Anthonyme	Utilisation de produits de biocontrôle ou à moindre impact (diffuseurs ou applications d'huiles essentielles)		X	X			
Hoplocampe	Diversification	Introduction de moutons et effet prophylactique par ingestion des fruits véreux		X			
	Utilisation de produits de biocontrôle ou à moindre impact en ultime recours si dépassement des seuils atteint (ex. savon noir, huiles essentielles, quassia amara...)		X				
Campagnols	Lutte biologique par conservation	Favoriser l'activité de prédation des rapaces en implantant des aménagements adaptés au sein du verger et de l'exploitation (perchoirs, nicheris)			X	X	
	Lutte physique	Désherbage mécanique du rang			X	X	X
	Diversification	Introduction de moutons et effet prophylactique par piétinement		X			
Adventices rang	Lutte physique	Désherbage mécanique du rang			X	X	X
		Mulching issu de la tonte de l'inter-rang			X		
		Enherbement total (spontané ou semé)	X	X			
	Levier génétique	Limiter la concurrence hydro-minérale du 0 herbicide par l'utilisation de porte-greffes alternatifs au MM1106 et adaptés à la vigueur variétal			X	X	X
	Diversification	Utilisation d'une plante de couverture (menthe)					X
		Choisir un précédent cultural boostant la fertilité du sol				X	X
Choisir un couvert inter-rang boostant la fertilité du sol				X			
Entretien de l'enherbement	Diversification	Introduction de moutons (pâturage du rang et de l'inter-rang)		X			
	Lutte biologique par conservation	Fauche différée	X			X	

TABLEAU 1 : Leviers expérimentés dans chaque système afin de réduire les intrants phytosanitaires (leviers de type efficacité, substitution ou reconception).

🕒 Premiers résultats et perspectives

Il est encore trop tôt pour conclure sur les nouveaux vergers qui entrent en 2^{ème} feuille. Les observations sont à poursuivre jusqu'à la fin du projet afin d'évaluer les performances globales de chacun des systèmes selon différents critères : faisabilité technique des combinaisons innovantes testées (forces, faiblesses et réflexions sur comment les surmonter), performances économiques, agronomiques et environnementales.

L'objectif de cette évaluation est de conclure quant à la faisabilité (ou non) de produire des fruits à cidre avec quasiment 0 intrant phytopharmaceutique. L'évaluation permettra également de dégager les combinaisons les plus prometteuses pour donner des pistes d'innovations à d'autres cidriculteurs et ainsi les accompagner dans leur transition agroécologique.

AXE 2

INNOVATION, VALORISATION ET QUALITÉ DES PRODUITS

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

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 : ARAC.

Financeurs

Région NORMANDIE, FEDER, UNICID, IDAC.

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

Dans le cadre de ce projet un travail de fond a déjà été mené dans le but d'acquérir des connaissances 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*). De plus, l'intérêt de la conduite de fermentation dirigée avec différentes levures a également été montré (cf. *rapport d'activité 2019*).

Les derniers travaux concernent l'étude de leviers permettant d'augmenter les quantités en esters d'acétate, marqueurs considérés comme étant responsables d'une partie du fruité des cidres de consommation. Pour ce faire, l'impact de la nutrition des levures a été abordé sur la génération des composés volatils. Les hypothèses sous-jacentes étaient les suivantes :

- Le type de complément azoté impacte la génération des composés volatils (EXPÉRIMENTATION 1).
- Le moment d'ajout a une incidence sur la génération des composés volatils (EXPÉRIMENTATION 1).
- Une supplémentation en azote sous forme d'asparagine (acide aminé majoritaire des moûts pommes) permet de moduler les concentrations en composés volatils (EXPÉRIMENTATION 2).
- L'apport d'oxygène en cours de fermentation a un impact sur la génération d'arômes (EXPÉRIMENTATION 3).

1 _ Supplémentation en azote sous forme d'autolysats de levures

Cette expérimentation a concerné deux souches levuriennes de type *Saccharomyces cerevisiae* (Sc) et *Saccharomyces uvarum* (Su), dans le contexte cidricole. Les souches de levures utilisées dans le cadre de cette expérimentation sont, une souche vinicole issue d'un premier screening (code Sc B) en comparaison avec une

souche cidricole témoin (Su 200), toutes deux connues pour leurs caractères remarquables en termes de génération d'arômes. Trois compléments nutritionnels ont été testés : Fermaid K, Fermaid C et Fermaid C nature. Ces compléments contiennent des ressources azotées et des facteurs de croissance.

Ils ont été ajoutés en fin de phase de croissance des levures (FIGURE 1). Ce point correspond théoriquement au moment optimum pour la génération des arômes. Les deux souches ont été testées en présence de chacun des trois compléments à concentration de 40 g.hL⁻¹. Un témoin sans complément a été mis en œuvre pour chaque souche.

La masse volumique initiale du moût était de 1054 kg.m⁻³ (FIGURE 2). Les fermentations ont été menées à sec en 38 jours pour les cidres inoculés avec les levures Su200, et en 45 jours pour les levures ScB. Les fermentations ont pu être arrêtées à des masses volumiques comprises entre 998 et 999 kg.m⁻³. Cette différence de vitesse de fermentation est cohérente au regard de l'évolution des populations levuriennes. Les masses volumiques atteintes au moment des ajouts de compléments nutritionnels étaient similaires, ce qui permet d'observer le comportement des levures ayant des états nutritionnels comparables.

Pour les deux souches (Su200 et ScB), il semble que l'ajout de compléments nutritionnels ait induit une accélération de la fermentation. Nous avons également suivi la formation des composés volatils par HS-SPME-GCMS.

Dans les conditions testées, les souches Su200 et ScB ont généré de l'acétate d'éthyle (descripteur solvant / colle scotch) dans des concentrations qui sont du même ordre de grandeur. Les teneurs finales des deux cidres témoins se situent autour des 6 mg.L⁻¹ alors que les teneurs des cidres supplémentés sont comprises entre 8 et 12 mg.L⁻¹. Les compléments nutritionnels semblent donc induire une augmentation de la production de ce composé mais cela reste compatible avec la qualité organoleptique des Eaux-de-vie pouvant être produite à partir de tels cidres.

Un effet souche est observé sur la formation d'acétate d'isoamyle (FIGURE 3) mais encore plus sur celle du 2-phényléthanol et de l'acétate de 2-phényléthyle (FIGURE 4).

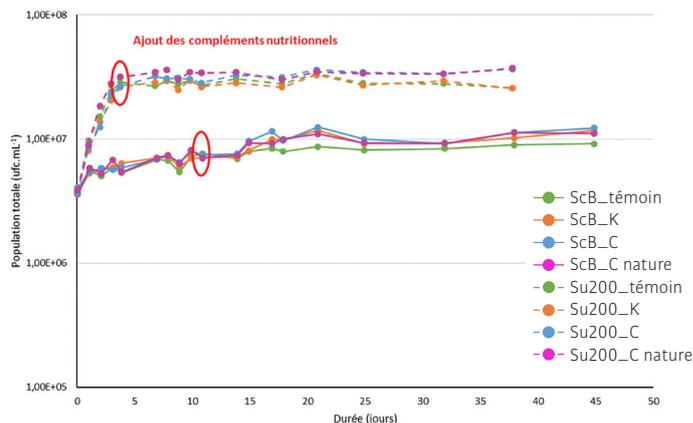


FIGURE 1 : Évolution de la population totale de ScB et de Su200.

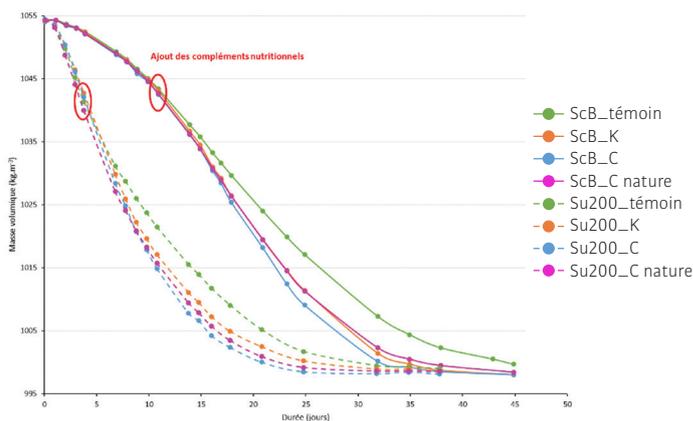


FIGURE 2 : Évolution de la masse volumique dans les fermenteurs inoculés avec ScB et Su200.

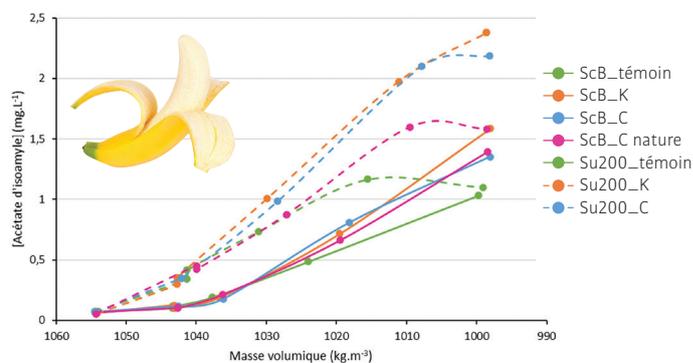


FIGURE 3 : Évolution de la teneur en acétate d'isoamyle produit par ScB et Su200.

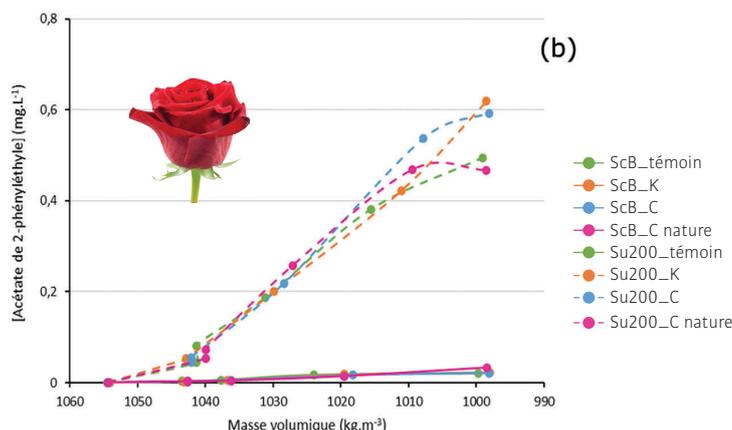
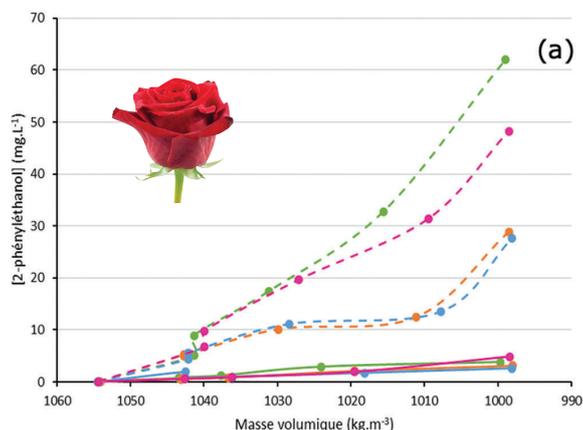


FIGURE 4 : Évolution des teneurs en 2-phényléthanol (a) et en acétate de 2-phényléthyle (b) produits par ScB et Su200.

Ainsi, la souche cidricole (Su200) produit des quantités plus importantes du couple 2-phényléthanol / et acétate de 2-phényléthyle, probablement du fait d'une population plus importante et d'une meilleure adaptation aux conditions cidricoles que la souche d'origine viticole. La production est ainsi 25 fois plus importante pour l'ester et 12 fois plus importante pour le 2-phényléthanol (FIGURE 4).

L'effet des compléments nutritionnels est plus marqué pour la souche Su200 que pour la souche ScB. Dans le cas du Fermaid K, qui semble être le complément le plus intéressant, son ajout permet d'augmenter de 60% la production en acétate d'isoamyle par ScB (1 mg. L⁻¹ pour le témoin contre 1,6 mg. L⁻¹ avec Fermaid K) alors que la production est plus que doublée dans le fermenteur inoculé avec Su200 (1,1 mg. L⁻¹ pour le témoin contre 2,4 mg. L⁻¹ avec Fermaid K).

Ces travaux confirment la forte capacité de production de 2-phényléthanol de la souche cidricole (Su200) en comparaison de la souche vinicole (ScB). Cependant, dans les fermenteursensemencés avec Su200, l'ajout des compléments nutritionnels a induit une répression de la génération de 2-phényléthanol, principalement pour les compléments C et K. Les teneurs finales en présence de ces deux compléments (environ 28 mg.L⁻¹), sont, en effet, 2 fois plus faibles que pour le témoin (62 mg.L⁻¹).

En ce qui concerne l'acétate de 2-phényléthyle, l'ajout des compléments C et K semble induire une augmentation de sa teneur finale (environ 0,6 mg.L⁻¹), par rapport au témoin et au complément C nature (environ 0,5 mg. L⁻¹).

2 _ Supplémentation en asparagine et apport d'oxygène

En complément de l'expérimentation précédente, nous avons testé l'effet d'ajouts d'asparagine dans le moût sur la synthèse de composés volatils. L'impact de l'asparagine est étudié car c'est un acide aminé qui constitue une forme d'azote assimilable par les levures mais aussi car c'est la forme d'azote majoritaire

provenant de la pomme. D'autre part, on sait qu'en agissant sur la nutrition azotée du pommier, il est possible d'impacter fortement la teneur en asparagine de la pomme et donc du moût.

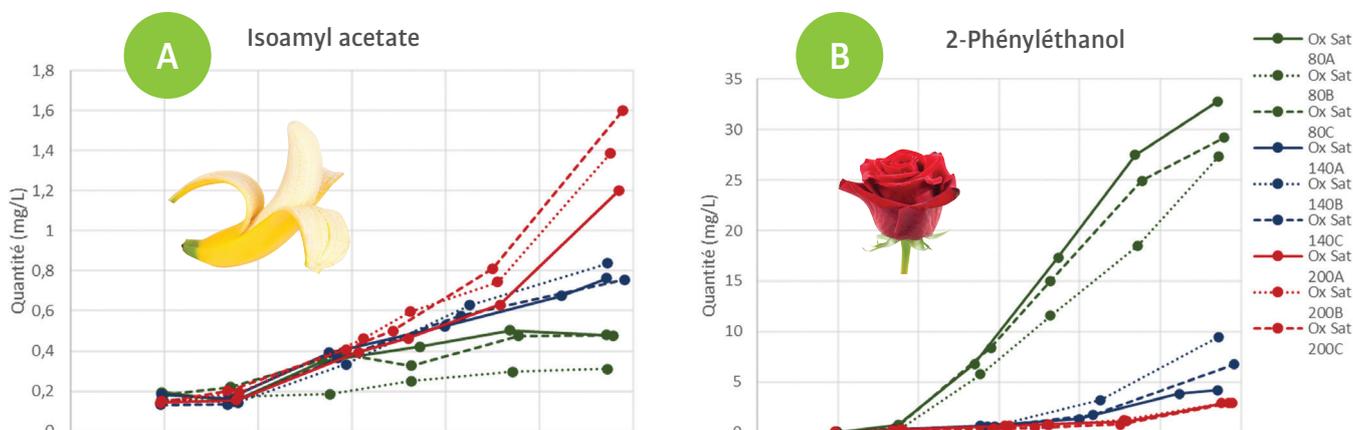


FIGURE 5 : Évolution des teneurs en acétate d'isoamyle (a) et en 2-phényléthanol (b) produits par Su200 en fonction du taux d'azote ajoutée sous d'asparagine et du niveau oxygène initial.

Les principaux résultats issus de ces essais sont en accord avec les observations faites dans l'expérimentation 1. La production d'acétate d'isoamyle (FIGURE 5 A) augmente significativement avec la quantité d'azote initiale. Ainsi, il est possible d'observer un passage d'environ 0,4 mg/L pour une concentration de 80 mg/L en azote à environ 1,4 mg/L pour 200 mg/L d'azote, soit trois fois plus de cet ester, apportant des notes de banane.

Un comportement inverse est observé pour la production de 2-phényléthanol (FIGURE 5 B). Ainsi, ce composé est formé en concentration trois fois plus importante

pour une valeur de 80 mg/L d'azote (valeur moyenne pour les moûts de pommes en France). Dès que l'on ajoute de l'asparagine au moût, une diminution de la génération de cet alcool est observée. Ce composé est caractéristique de la souche de *Saccharomyces uvarum* (VOIR FIGURE 4), dans les conditions de fabrication des cidres français (basse température, peu d'azote), et explique en partie sa spécificité.

Il semble donc possible de moduler le profil aromatique des cidres en faisant varier le niveau d'asparagine initial du moût, niveau pouvant être piloté par la fertilisation de l'arbre au verger.

3 _ Impact de l'oxygénation en cours de fermentation

L'objectif était d'évaluer l'impact d'une micro-oxygénation sur l'évolution de la population levurienne et sur la génération de composés volatils.

Deux modalités ont été comparées : une fermentation témoin sans ajout d'oxygène et une fermentation avec micro-oxygénation. Ce travail a été réalisé avec la souche cidricole Su200 à une température de 10°C. Pour la modalité oxygénée, deux ajouts d'1 ppm ont été réalisés : en fin de phase de croissance, puis quinze jours après la fin de phase de croissance.

Au terme de la phase de croissance à une masse volumique d'environ 1055 kg.m⁻³, le fermenteur témoin a atteint son niveau maximum de population viable

de 1,3.10⁷ ufc/mL (FIGURE 6). La viabilité des levures a ensuite diminué jusqu'à atteindre une valeur nulle lors de l'arrivée à sec. Le fermenteur oxygéné a atteint un niveau de population similaire au fermenteur témoin à la fin de la phase de croissance (1,4.10⁷ ufc/mL). Après la première micro-oxygénation, la population du fermenteur oxygéné a atteint 1,8.10⁷ ufc/mL, soit un gain de population viable de 40% en fin de fermentation, par rapport au témoin. Le pourcentage de population viable dans le fermenteur oxygéné est resté supérieur de 10 à 40% au fermenteur témoin selon le stade de fermentation.

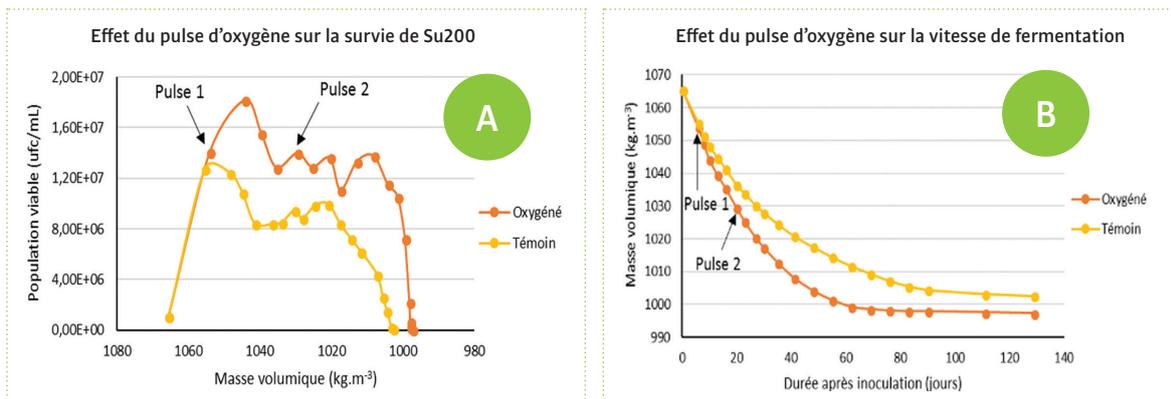


FIGURE 6 : Évolution de la population en Su200 (a) et la masse volumique (b) en fonction de l'apport d'oxygène.

La meilleure viabilité de la population de Su200 induite par la micro-oxygénation s'est traduite par une fermentation plus rapide (FIGURE 6). Les ajouts d'oxygène ont permis d'atteindre une valeur inférieure à 1000 kg.m⁻³ au terme de 62 jours alors que l'expérimentation témoin a été arrêtée au bout de 90 jours, avant l'arrivée à sec (1002,7 kg.m⁻³), en raison

d'une stagnation de la fermentation.

La micro-oxygénation induit donc une augmentation de la croissance et de la viabilité des levures, permettant de mener la fermentation à sec plus rapidement qu'en absence d'oxygénation. Cependant, aucun effet sur la teneur en composés volatils n'a été observé, dans les conditions testées.

⊙ Conclusion

Sur le plan fermentaire, les compléments nutritionnels azotés n'ont pas montré d'effet marqué sur la croissance des populations, ni sur la réduction de la durée de fermentation. Ces expérimentations ont, en revanche, confirmé la possibilité de modifier la génération des arômes en faisant varier le facteur « azote ». Sur le plan aromatique, les compléments nutritionnels semblent permettre d'obtenir des teneurs supérieures en acétate d'isoamyle (notes de banane). Par contre, il est à noter une diminution du 2-phényléthanol, qui contribue au fruité des cidres par ses notes florales mais également en tant que précurseur de l'acétate de 2-phényléthyle. L'impact de l'ajout d'oxygène en cours de fermentation a montré un impact sur la croissance et la viabilité des levures et donc sur leur capacité fermentaire. En revanche, aucun effet n'a été observé sur le plan des composés volatils.

Au cours de cette étude, l'effet souche a un impact important sur la population atteinte, les cinétiques fermentaires et les profils aromatiques des cidres à distiller. La souche de *Saccharomyces uvarum* (Su200), d'origine cidricole, a démontré de meilleures capacités à se développer, à fermenter et à générer des composés d'intérêt en contexte cidricole.

⊙ Perspectives

L'intérêt de la conduite de fermentation dirigée a été montré pour les cidres à distiller. Ainsi, les souches levuriennes d'origine cidricole montrent un intérêt particulier car, de façon logique, mieux adaptées. De plus, il est possible de jouer sur les apports nutritionnels en azote pour moduler les caractéristiques organoleptiques.

Il sera intéressant de réaliser des essais pilotes en atelier afin de valider la faisabilité en volumes plus grands et en travaillant les itinéraires technologiques tout en prenant en compte l'association de levures, *Hanseniaspora valbyensis* et *Saccharomyces uvarum*, caractéristiques des cidres français.

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

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/acidité. 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/acidité. Cela peut aussi être le cas de produits manquant d'acidité, ayant fait leur FML, par exemple, 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/acidité, la maîtrise de l'acidité peut aussi permettre de moduler la perception de l'astringence dans les produits. Ainsi, 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 a comme objectif principal 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 SO_2 . 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 avait pour objectif finalisé de mettre à disposition des cidriers des outils et connaissances leur permettant de mieux gérer le pH et l'acidité de leurs produits.

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 ACTIA Nova²Cidre

Financeurs : FranceAgrimer, CASDAR, UNICID

Résultats

Des travaux réalisés en fermenteurs pilote ont permis d'acquérir des connaissances sur les variations de pH et d'acidité totale au cours de la fermentation :

→ Une baisse de pH est observée en début de fermentation. Ce phénomène est davantage marqué pour les produits à haut pH initial qui possèdent un pouvoir tampon plus faible que pour ceux à pH initial faible.

→ Une augmentation de l'AT est observée en début de fermentation de l'ordre de +0,3 g/L H_2SO_4 . Jusqu'à 5 points de chute de masse volumique. Une augmentation importante (+0.5 à +0.75 g/L H_2SO_4) peut également être observée à partir de mi fermentation (MV ~ 1030 kg/m³) dans le cas de moûts carencés en azote (< 50 mg/L). Dans le cas de moûts riches en azote (100 à 150 mg/L), cette augmentation est faible (< 0.5 g/L H_2SO_4) à négligeable.

→ Les deux souches de levures principalement rencontrées en fermentation cidricole (*Saccharomyces uvarum* et *Hanseniaspora valbyensis*) ont des comportements similaires vis-à-vis de l'évolution du pH et de l'acidité totale.

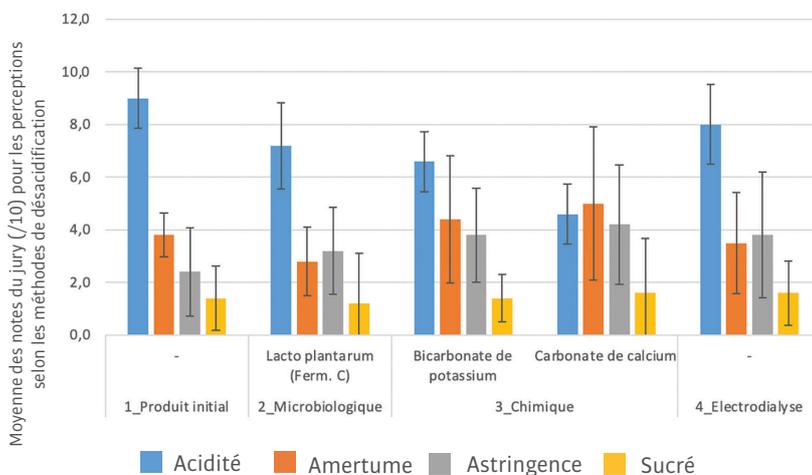
→ L'impact de l'éthanol sur le pH des cidres a également été mesuré. Ainsi, l'éthanol contribue à l'augmentation du pH à hauteur de +0,015 UpH / % vol. L'alcool étant produit tout au long de la fermentation alcoolique, son impact pourrait expliquer, au moins en partie pour les moûts les plus acides, la remontée du pH observée au cours de la fermentation.

Concernant la fiabilisation de la TML dans les produits cidricoles acides, des essais ont permis de confirmer à l'échelle pilote l'intérêt d'utiliser une souche de bactérie lactique d'origine œnologique (*Lactobacillus plantarum*) pour réduire l'acidité des cidres. Ces essais ont confirmé la forte capacité de cette bactérie lactique à diminuer l'acidité totale des produits cidricoles de produits initialement très acides (AT >8 g/L H_2SO_4).

Enfin, ce projet avait également pour objectif de comparer différentes solutions de modulation de l'acidité totale et du pH des cidres. Différentes techniques ont été évaluées.

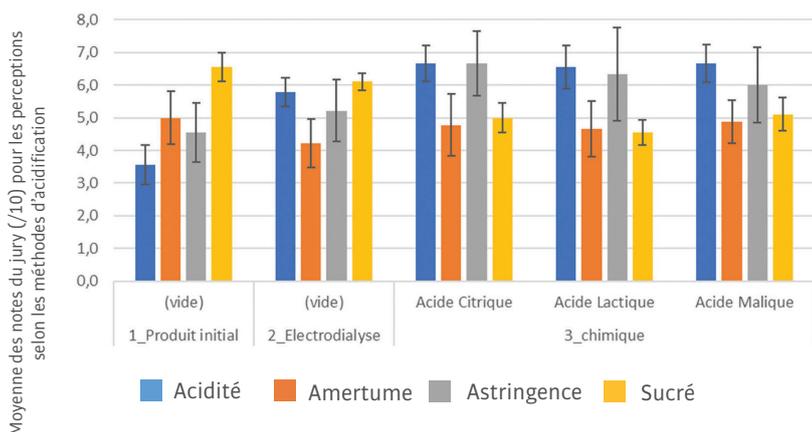
Méthodes	Acidifications testées	Désacidifications testées
Ajout additif	Acide malique Acide lactique Acide citrique	Carbonate de calcium Bicarbonate de potassium
Technique membranaire	Electrodialyse	Electrodialyse
Microbiologique		Réalisation d'une TML

→ Quatre méthodes de désacidification ont pu être évaluées sur le plan organoleptique pour une diminution de l'acidité totale de 2,9 g/L H₂SO₄ (passage de 8,1 à 5,2 g/L H₂SO₄).



L'analyse sensorielle de ces produits montre bien une diminution de la note moyenne perçue par le jury pour la saveur « acide » par rapport au produit initial (Figure ci-contre). Cette baisse d'acidité n'impacte pas la saveur « sucrée ». L'analyse statistique de ces données n'a pas fait ressortir de différence significative concernant l'amertume et l'astringence pour les différentes modalités. Sur le plan aromatique, une baisse de la note moyenne de la perception « fruité » est aussi observée par rapport au produit initial (données non présentées).

→ Quatre méthodes d'acidification ont pu être évaluées sur le plan organoleptique pour une baisse de pH égale à 0,5 unité pH (passage de 3,9 à 3,4).



L'analyse sensorielle des produits montre que le jury a bien perçu une augmentation de l'acidité des produits acidifiés par rapport au produit initial pour l'ensemble des modalités, que ce soit après acidification par voie chimique ou par électrodialyse.

On ne constate pas de différence concernant l'amertume et l'astringence entre les différents acides organiques utilisés.

Conclusion et perspectives

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. Des travaux en atelier sont encore nécessaires pour valider l'utilisation de cette souche de bactérie lactique dans les produits cidricoles.

Développement d'itinéraires techniques pour optimiser le caractère fruité des Vins et des Cidres (DIVIN CIDRE)

Contexte et Objectifs

Pour les cidres, l'arôme est un élément important dans l'appréciation des produits par les consommateurs et ensuite dans l'acte de réachat. Ceux-ci recherchent globalement pour les cidres un profil aromatique « fruité », avec bien évidemment une régularité de cette caractéristique. La maîtrise de la qualité aromatique des cidres, et la capacité à proposer une offre segmentée sur le plan sensoriel, font partie des demandes importantes de la filière. Différentes études scientifiques ont déjà porté sur l'effet de facteurs nutritionnels contenus dans les moûts et impactant la production d'arômes « fruités » par les levures. Mais, ces études se limitent généralement à la prise en compte d'un seul facteur nutritionnel et d'une seule famille de molécules (esters ou arômes variétaux de type thiols). L'approche originale proposée dans le projet DIVIN CIDRE (2019-2023) est de prendre en considération plusieurs facteurs nutritionnels (azote, lipides) de la composition des moûts pour mieux expliquer la génération des différents composés aromatiques marqueurs du « fruité ». Dans le cadre de ce projet, différents objectifs finalisés sont poursuivis :

- Comprendre l'impact de la composition des moûts sur la génération des arômes responsables du « fruité »
- Evaluer l'impact du choix de la matière première (variété, maturité...) et des opérations pré-fermentaires (mode de pressage, clarification...) sur les critères clés de la composition des moûts
- Définir des stratégies de pilotage du « fruité » par la maîtrise préalable de la qualité des moûts
- Développer ces solutions de pilotage à disposition des filières cidricole et viti-vinicole.

Partenaires et financeurs

Partenaires : IFPC (pilote), Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV), INRAE Centre de Montpellier - Unité Science Pour l'œnologie (SPO), Laboratoire NYSEOS, UMT NOVA²CIDRE

Financeurs : CASDAR, UNICID

Résultats

Caractérisation de la composition des moûts de pommes

Des moûts contrastés ont été collectés par l'IFPC au cours du millésime 2019. Les moûts provenaient, soit de différents opérateurs de la filière, soit de fabrications en conditions pilotes contrôlées sur la base d'itinéraires supposés comme favorisant la diversité. Cette collecte a servi à la fois à l'analyse de la diversité des moûts en termes de composition, mais aussi à fixer le niveau des différents facteurs pour les essais de fermentation planifiés.

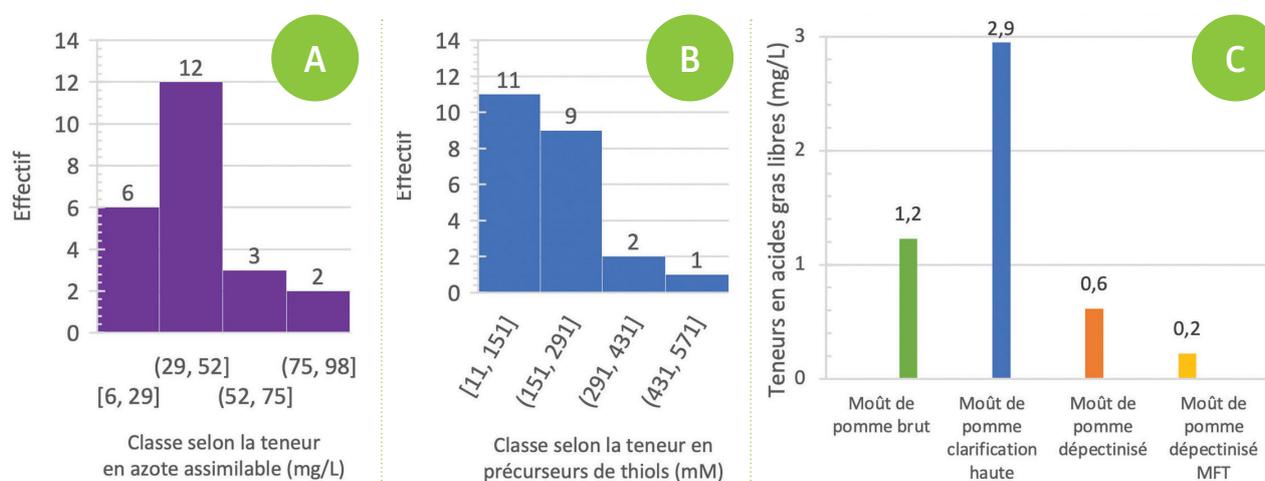


FIGURE 1 : Distribution des effectifs en fonction de la teneur en azote assimilable (A), en précurseurs de thiols (B) ; Teneurs en acides gras libres selon le type de produits (C)

La FIGURE 1 A présente la distribution des moûts en azote assimilable. La teneur moyenne en azote assimilable des moûts collectés est d'environ 42 mg/L, ce qui est relativement faible. A noter qu'il faut généralement ajouter une quinzaine de mg/L d'azote non assimilable pour obtenir la valeur en azote totale potentielle.

La FIGURE 1 B fait apparaître la distribution des moûts en précurseurs de thiols. Une partie de ces précurseurs est à l'origine de thiols variétaux qui sont connus pour leur contribution à la composante aromatique « fruité » des cidres. Des expérimentations sont en cours pour mieux comprendre l'impact de la maturité des pommes et des conditions préfermentaires sur la génération de ces composés.

La FIGURE 1 C illustre la teneur en acides gras libres (AGL) dans différents types de moûts. Les moûts obtenus par clarification haute ont des teneurs moyennes en AGL plus importantes que ceux des moûts dépectinisés ou dépectinisés microfiltrés. Il est probable que la clarification haute favorise l'extraction des lipides provenant des bourbes.

Identification des facteurs nutritionnels clés dans la composition des moûts favorisant la production des composés volatils « fruités »

Dans le cadre d'un plan expérimental mené conjointement avec l'INRAE SPO, nous avons évalué les effets de l'azote assimilable (organique ou minéral) et des bourbes (qui sont la source principale d'apport de lipides).

L'analyse des données fait ressortir le rôle prépondérant des **nutriments azotés** dans la **synthèse des arômes fermentaires**. Cette étude met notamment en évidence : **l'effet très positif de l'azote initial sur la formation d'esters d'acétate et d'esters éthyliques**. Cette observation constitue un résultat d'intérêt pour la filière cidricole, car ces esters contribuent de manière importante à la composante aromatique « fruité » des cidres.

La FIGURE 2 illustre bien l'effet positif de l'azote sur la génération d'esters d'acétate. La teneur en acétate d'isoamyle est multipliée par un facteur 9, entre la modalité à faible teneur initiale en azote (45,7 mgN/L) et celle à forte teneur (144,4 mgN/L). Un effet positif de l'azote est également observé sur la formation d'autres esters d'acétates dont l'acétate d'hexyle avec un facteur 7 (données non présentées).

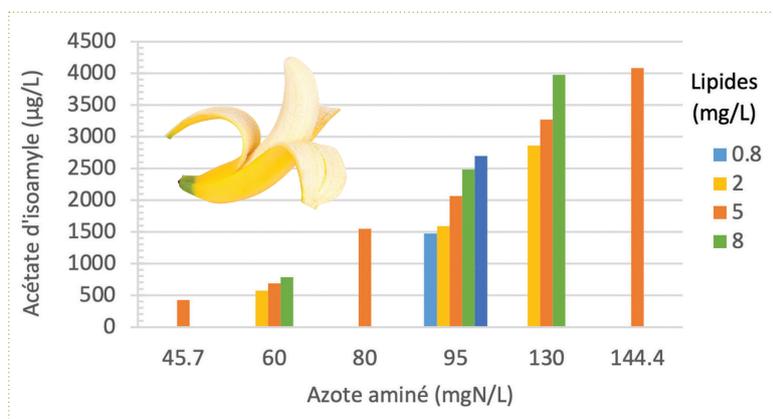


FIGURE 2 : Teneurs en acétate d'isoamyle en fonction de la teneur initiale en nutriments azotés et lipidiques (apportées par les bourbes) dans les moûts de pomme

La FIGURE 2 montre également un effet positif des lipides apportés par les bourbes sur la génération acétate d'isoamyle. Ceci est en contradiction avec ce qui est connu pour les fermentations des moûts de raisin, mais cela provient probablement des différences dans la composition nutritionnelle des bourbes et aux conditions fermentaires particulières en contexte cidricole.

🕒 Conclusion et perspectives

En conclusion, l'azote apparaît donc comme le nutriment clé à contrôler en conditions cidricoles pour optimiser la teneur en arôme dans le produit final. Il est intéressant de noter que la teneur en bourbes a également un effet plutôt positif en conditions cidricoles.

Au-delà de ces résultats qui font ressortir l'intérêt du levier azote pour gérer la composante aromatique « fruité », il est important de prendre en compte la nécessité de bien faire en sorte que l'ensemble de l'azote soit consommé en fin de fermentation, afin d'éviter une trop forte reprise de fermentation en bouteille, en particulier pour les produits non pasteurisés.

Liste des autres programmes de R&D menés en 2021

Thèmes et objectifs	Partenaires techniques et scientifiques
<p>POMEVAL : Évaluation et caractérisation de matériel végétal performant, durable et adapté aux besoins de la filière cidricole (FranceAgriMer – CAS DAR)</p> <p>→ Évaluer 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</p> <p>→ Évaluer des porte-greffes sélectionnés dans des programmes étrangers afin de déterminer leur tolérance au phytophthora et leur niveau de vigueur</p>	<p>IFPC (pilote), Chambre d'Agriculture de Normandie et de Bretagne, Les Cidres de Loire, pépinières Dalival, INRAE IRHS Angers, producteurs, UMT Nova²Cidre, partenaires étrangers</p>
<p>Pommes à cidre et à jus : Connaissance, promotion et diffusion de variétés oubliées dans les terroirs normands (Région Normandie – FEADER) NOUVEAU PROJET</p> <p>→ Élargir la gamme variétale à disposition des producteurs afin de leur permettre d'accéder à une différenciation de leur production par des saveurs et typicités nouvelles</p>	<p>Association du Domaine de Merval (pilote), IFPC, CICD, Chambre d'Agriculture de Normandie</p>
<p>Dépérissement en jeunes vergers cidricoles (CAS DAR)</p> <p>→ Rechercher les causes de dépérissement d'arbres de jeunes vergers cidricoles et identifier les moyens de lutte curatifs ou limitant la propagation du phénomène</p>	<p>IFPC (pilote), Chambre d'Agriculture de Normandie et de Bretagne, Les Cidres de Loire</p>
<p>ENFIN ! : Développement d'un nouveau concept dans la protection des plantes appliqué à la tavelure du pommier (ANR Ecophyto Maturation) NOUVEAU PROJET</p> <p>→ Offrir aux arboriculteurs un itinéraire technique de rupture réduisant fortement l'usage des fongicides sur la base de deux inventions brevetées</p>	<p>INRAE centre Pays de Loire Nantes (pilote), IFPC, CTIFL, INRAE Versailles Grignon</p>
<p>ABA PIC : Accélération du Biocontrôle et des Agroéquipements pour la Protection Intégrée des Cultures (Ministère de l'Agriculture – DGER – Mesure 18) NOUVEAU PROJET</p> <p>→ Renforcer la capacité de la recherche appliquée de travailler les solutions innovantes de biocontrôle et l'association biocontrôle/agroéquipement, en appui aux entreprises du secteur</p>	<p>ACTA (pilote), IFPC, plusieurs instituts techniques</p>
<p>Poires à poiré</p> <p>→ Améliorer les modes de conduite du poirier et la qualité des poirés</p>	<p>Chambre d'Agriculture de Normandie (pilote), IFPC, Labeo Frank Duncombe</p>
<p>Gestion et modélisation de la tavelure en verger cidricole (CAS DAR)</p> <p>→ Étudier les performances d'outils de modélisation de la tavelure</p>	<p>IFPC (pilote), techniciens de la filière cidricole</p>
<p>Étude des résidus phytosanitaires</p> <p>→ Réaliser une veille et constituer une base de données pour les professionnels</p>	<p>IFPC (pilote), Chambre d'Agriculture de Normandie et de Bretagne, Les Cidres de Loire, entreprises, FNPFC/UNICID</p>
<p>AgroEcoPérennes : Vers des systèmes de cultures pérennes agroécologiques (appel à projet CAS DAR)</p> <p>→ Conception de systèmes de production agroécologiques en culture pérenne</p>	<p>IFV (pilote), IFPC, INRAE, ITAB, GRAB, AgroCampus Ouest, Montpellier Sup Agro</p>
<p>Conduite de l'arbre et éclaircissage mécanique en verger cidricole (CAS DAR)</p> <p>→ Optimiser les techniques d'éclaircissage mécanique</p>	<p>IFPC, AGRIAL, Chambre d'Agriculture de Normandie</p>
<p>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)</p> <p>→ 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</p>	<p>CTIFL (pilote), IFPC, ARVALIS, IFV, ASTREDHOR, INRAE, entreprises privées</p>
<p>OPTIPRESS : Optimisation des rendements d'extraction (Régions Bretagne et Normandie)</p> <p>→ 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</p>	<p>IFPC (pilote), INRAE BIA Le Rheu, Université de Bretagne Sud, Les Celliers Associés, ECLOR, UMT Nova²Cidre</p>
<p>JINNOV : Développer des Jus de pommes INNOVants (FranceAgriMer – CAS DAR)</p> <p>→ 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</p>	<p>IFPC (pilote), ESA UR GRAPPE, UMT Nova²Cidre, INRAE BIA Le Rheu</p>
<p>C2S : Cidres sans sulfites (FranceAgriMer – CAS DAR)</p> <p>→ Produire des cidres sans addition de sulfites</p>	<p>IFPC (pilote), UBO (Université de Bretagne Occidentale)</p>
<p>ASCOCID : ASsemblage de COnnaisances sur le CIDre (INRAE et Région Bretagne)</p> <p>→ Construire un livre électronique de connaissances sur l'élaboration du cidre</p>	<p>INRAE BIA Le Rheu (pilote), IFPC, UMT Nova²Cidre, INRAE Bordeaux</p>
<p>E-DISC : Évaluation de la Durabilité des systèmes InnovantS de Culture : des indicateurs aux utilisateurs (Ecophyto – OFB) NOUVEAU PROJET</p> <p>→ Développer un outil pour évaluer la durabilité des systèmes de culture</p>	<p>INRAE (pilote), IFPC, plusieurs partenaires</p>
<p>PATRISK : Réduction du risque de patuline grâce à une gestion intégrée et durable de la production de pommes et produits dérivés (ANR)</p> <p>→ Réduire la contamination des pommes par la patuline grâce à des actions préventives lors de la récolte et des opérations de post-récolte</p>	<p>Université Montpellier (pilote), IFPC, INRAE, CTIFL, plusieurs partenaires</p>

La diffusion de l'information en 2021

🕒 Outils pratiques pour la filière

L'IFPC a diffusé les prévisions de récolte pour la filière en septembre 2021. 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 Bulletin de Santé du Végétal (BSV) Arboriculture fruits transformés de Bretagne, Normandie, Pays de Loire (19 numéros en 2021) en effectuant de nombreuses observations dans les vergers (stades phénologiques des principales variétés, pression maladies et ravageurs, présence des principaux auxiliaires).

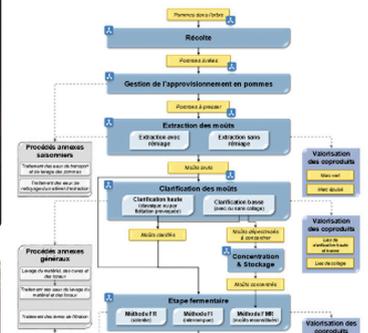
Parmi les outils pratiques pour la filière, l'IFPC a diffusé la nouvelle fiche variétale « Rouge de Ruiz », variété à chair rouge destinée à l'élaboration des cidres rosés.

L'IFPC a également contribué au guide pratique « PulvArbo, pour une utilisation efficace et adaptée des pulvérisateurs en arboriculture » édité par le CTIFL, guide issu du programme d'expérimentation « Pulvarbo ».

Enfin, une fiche de synthèse sur les bioagresseurs a été réalisée conjointement par l'IFPC et la Chambre d'Agriculture de Normandie à l'issue du programme d'expérimentation « CidrAgroEco ».

🕒 Les colloques et journées techniques

En 2021, les Entretiens Cidricoles ont eu lieu sous forme de webinaire. Ils avaient pour thème : « Maitrise de la qualité organoleptique des produits cidricoles : les nouvelles avancées ». Ce webinaire a rassemblé 80 personnes. Au cours de ces entretiens, le projet « Maitracid » a été présenté. Ce projet a permis d'explorer différents leviers pour moduler le pH et l'acidité des cidres. Ensuite, les premiers résultats du projet « Monarc » ont permis de disposer de premières pistes pour augmenter le fruité des calvados. Enfin, le projet « JINNOV » a permis de recueillir les attentes des consommateurs et de proposer une diversification des saveurs de jus de pommes. Pour conclure, ce webinaire a été l'occasion de présenter le livre électronique des connaissances du cidre qui a pour vocation de diffuser les acquis obtenus par la recherche et l'expérimentation ces dernières années.



Après une première édition en 2020, l'IFPC a participé au salon CidrExpo 2021 connecté. De nombreuses conférences et Masterclasses se sont déroulées. L'IFPC a participé à la conférence « Du pommier au verre (comprendre du verger à la cave) ».



Une journée portes-ouvertes sur l'étude du matériel végétal a eu lieu à la Station Cidricole de Sées le 10 septembre 2021 avec des ateliers portant sur les thématiques suivantes :

- Les études portant sur les porte-greffes
- La création variétale et l'évaluation de variétés locales
- Les variétés européennes avec atelier de dégustation de cidres mono variétaux
- Les variétés à chair rouge
- Les variétés de table à destination du jus de pommes

Cette journée organisée dans le cadre de Champ d'Innovation a rassemblé 60 personnes.



Enfin la réunion technique annuelle du 2 décembre 2021 avec les conseillers et techniciens de la filière cidricole a été consacrée au bilan météorologique de l'année, aux actualités sur la réglementation des produits phytopharmaceutiques, au bilan du suivi biologique tavelure et aux résultats d'essais sur la tavelure et à la présentation d'un bilan de l'étude sur le dépérissement des arbres. Concernant les insectes ravageurs, les résultats du programme « BIOCCYD » ont été présentés, ainsi que les résultats d'un essai effectué en Agriculture Biologique sur l'anthonome du pommier. Une présentation des résultats obtenus dans les essais portant sur la maîtrise de la charge a également été effectuée.

🕒 **Articles techniques et scientifiques**

Deux articles techniques ont été rédigés, dont un en collaboration avec la Chambre d'Agriculture de Normandie et la FREDON, sur les solutions de biocontrôle en verger cidricole et un autre article sur les pommes à chair rouge.

L'IFPC a également participé à la rédaction de 5 articles scientifiques parus dans Food Chemistry (2), Journal of Fungi, Journal of Chromatography et dans Food Science and Technology.

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

Un pitch sur les pommes à chair rouge a été réalisé dans le cadre du forum annuel Champs d'Innovation. De plus, l'IFPC a co-réalisé une communication orale pour la 12^{ème} conférence internationale sur les ravageurs et auxiliaires en agriculture (CIRAA), ainsi qu'à la XXX^{ème} conférence internationale sur les polyphénols. Un poster a également été réalisé lors de cette conférence internationale.

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

Formation d'étudiants en M2 à l'Institut Agro Rennes-Angers dans le cadre d'un module pédagogique autour de la conception de systèmes de culture innovants en cultures pérennes. Les étudiants ont notamment réalisé un atelier de co-conception sur un cas pratique et concret impliquant un des systèmes du réseau d'expérimentation « SYDRA ».



ORGANISATION

Président	Denis ROULAND • denisrouland@orange.fr
Directeur	Jean-Louis BENASSI • jl.benassi@cidre.net
Directeur Scientifique et Technique	Rémi BAUDUIN • remi.bauduin@ifpc.eu
Responsable de la Halle Technologique du Rheu	Hugues GUICHARD • hugues.guichard@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 Patrice BREUIL Laurent GUILLET Marc HILLENWECK Guillaume JAN Alain LE PAGE Corinne LEFEBVRE Nathalie LEGAVRE Xavier DE SAINT POL Corinne LEFEBVRE Philippe MUSELLEC	Représentants des producteurs 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 Gilles ROELENS Michel TRETON	Représentant des pépiniéristes Bruno ESSNER
Représentant de FranceAgrimer Le Directeur Général ou son représentant	Représentant de l'INRAE Le Président-Directeur-Général ou son représentant

INVITÉS DE DROIT (VOIX CONSULTATIVE UNIQUEMENT)

Contrôleur Général économique et Financier Jacques DELORME	Commissaire du Gouvernement Valérie PIEPRZOWNIK
--	---

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) Frédéric CHARRIER (IFV) Pascale GUILLERMIN (Institut agro Rennes, Angers)	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

UNICID / IFPC
123 rue Saint Lazare
75008 PARIS
Tél : 01.45.22.24.32

Site de Sées (siège social)

Station Cidricole
La Rangée Chesnel
61500 SEES
Tél : 02.33.27.56.70

Site du Rheu

Laboratoire Cidricole
Domaine de la Motte
35650 LE RHEU
Tél : 02.23.48.52.04

PARTENAIRES FINANCIERS



PARTENAIRES PROFESSIONNELS



PRINCIPAUX PARTENAIRES RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT



Siège social : Station cidricole
La Rangée Chesnel
61500 SEES
Tél. 02 33 27 56 70

www.ifpc.eu - expe.cidricole@ifpc.eu

