

Amélioration des rendements d'extraction des jus de pomme à cidre (projet de R&D OPTIPRESS)

L'extraction du moût de pomme par pressage est une opération importante lors de l'élaboration de cidre. De sa bonne réalisation, estimée par le rendement d'extraction, dépend une part de la rentabilité des cidreries, surtout pour celles effectuant du séchage de marc et de la concentration de jus qui constituent des opérations fortement consommatrices d'énergie. L'optimisation des rendements permet aussi de mieux exploiter la ressource en fruits à cidre et de concourir ainsi à améliorer la performance économique et environnementale de la production des pommes ramenée au volume de moût valorisé. Les rendements d'extraction en moût se situent généralement entre 60 et 80 %. Plusieurs facteurs sont connus pour expliquer cette variabilité :

- le matériel (type de presse utilisée) ;
- les caractéristiques du fruit (variété, maturité...) ;
- les paramètres de pressage (râpage, vitesse de pressage...).

La période réduite de récolte et de pressage des fruits (2 à 3 mois), la qualité de conservation des fruits après récolte, variable selon les années, et le dimensionnement souvent limité du matériel d'extraction (qui s'explique par la difficulté à amortir du matériel utilisable seulement sur une courte partie de l'année), font que les conditions techniques et organisationnelles du pressage ne sont en général pas complètement maîtrisées par les transformateurs.

Dans le cadre du COREC (Collectif Ouest pour la Recherche Cidricole), l'IFPC et le Pôle Agronomique de l'Ouest, ont construit et piloté le projet de recherche collaboratif OPTIPRESS visant à améliorer les rendements d'extraction. Dans un premier temps, cette étude a été axée sur la compréhension des déterminismes du rendement d'extraction, qui est apparue indispensable avant de chercher à améliorer les rendements en agissant sur les facteurs limitants. Le projet OPTIPRESS 1 (2012-2014) était constitué de plusieurs actions :

- I) recueillir le savoir-faire des cidriers ;
- II) identifier les méthodes d'étude pertinentes pour comprendre les limites du pressage (sélection d'outils de caractérisation multi-échelle depuis le fruit jusqu'à la cellule en passant par les tissus du fruit) ;
- III) se doter d'un outil d'observation, une presse instrumentée.

Pour ce projet, l'IFPC a associé plusieurs partenaires : INRA BIA (l'équipe Polyphénols Réactivité et Procédés Le Rheu dans le cadre de l'UMT Novacidre, l'équipe « Paroi végétale et polysaccharides pariétaux » et le plateau « Conception, Réalisation d'Accessoires et d'Instruments Scientifiques » de Nantes), Agrocampus Ouest Angers, IRSTEA de Rennes, et UTC de Compiègne pour leurs compétences sur des outils de caractérisations, ainsi que le COREC.

Ce projet a reçu les financements des régions Basse-Normandie, Bretagne, Pays de la Loire, du CasDAR et de l'Unicid.

Un autre objectif plus général était de faire émerger des hypothèses sur les limitations de rendements à partir des premiers résultats obtenus, de façon à dimensionner la seconde partie du projet (OPTIPRESS 2) qui débutera fin 2016. Ce second projet portera sur la recherche de solutions pour augmenter les rendements.

1. Savoir-faire des cidriers concernant le pressage

Le recueil du savoir-faire des cidriers a été réalisé dans le cadre d'un stage de master II co-encadré par l'INRA BIA PRP (Le Rheu) et l'UMR INRA AgroParisTech Génie Microbiologique des Produits Alimentaires (Paris). Cette étude a été réalisée auprès d'un panel représentatif de cidreries de différentes tailles et a montré que la conduite du pressage résulte d'un compromis entre trois objectifs partiellement contradictoires : le rendement d'extraction, le débit de fruits traités et la qualité des jus (comme par exemple la teneur en pectines qui conditionne la réussite de la clarification haute). Ainsi, selon les conditions d'approvisionnement, le compromis retenu sera différent, soit en faveur d'un rendement élevé lorsque le débit d'approvisionnement est faible, soit en faveur du débit de traitement lors des périodes de risque d'engorgement des silos.

La **texture de la pomme** et, en conséquence de la râpuration obtenue, est perçue comme l'élément central qui conditionne la recherche du compromis entre les trois objectifs. Cependant, le niveau d'explicitation de cette notion de texture reste succinct. S'il est possible de prévoir les cas extrêmes de rendements d'extraction, **il reste encore difficile de prévoir le comportement à l'extraction de la majorité des pommes.**

2. Choix des outils d'étude pour les prochains travaux

Le travail de sélection d'outils de caractérisation multi-échelle (fruit, râpuration, tissus, cellules et jus) a été réalisé sur des situations les plus représentatives de la diversité des fruits d'origine cidricole. La sélection a été faite sur la pertinence de ces outils pour la compréhension des mécanismes d'extraction devant être traitée dans OPTIPRESS 2.

Par exemple, différentes techniques d'imagerie (IRM, histologie, microtomographie...) et analytiques ont été évaluées.



Les outils retenus sont compilés dans le tableau 1, et permettront d'étudier les tissus des fruits, la composition et la structure des fruits, râpures, moût et marcs, ainsi que les propriétés mécaniques des tissus.

Tableau 1 - Analyses retenues pour le projet OPTIPRESS 2

Objet analysé	Analyse
Fruit	Régression de l'amidon
	Propriétés mécaniques
	Biochimie des parois
	Mesure de l'eau cellulaire (psychrométrie)
	Solubilité des pectines
	Capacité d'absorption d'eau des parois
	Test de cohésion cellulaire
	Relaxométrie bas champ
Râpure	Hétérogénéité râpure par analyse d'image
Moût	Masse volumique
	Viscosité
	Pectines ou Matières Insolubles à l'Alcool (MIA)
	Couleur
	Polyphénols
	Aptitude à la clarification
Marc	Rendement d'extraction par tranche pressage instrumenté
	Valeur pectinique

3. Construction d'un outil d'observation

Une presse pilote instrumentée (*photo 1*) a été réalisée suivant un cahier des charges défini par l'IFPC et l'INRA BIA. Cet outil, d'une capacité de 1 litre, permet la mesure et l'enregistrement simultanés avec un échantillonnage temporel fin de différentes grandeurs :

- force exercée par le piston ;
- pression du liquide interstitiel à 5 niveaux du gâteau de pressage ;
- vitesse d'avancement du piston ;
- volume résiduel de la chambre de pressage ;
- poids de liquide expulsé.

La régulation du pressage peut s'effectuer par palier, celui-ci étant fixé par une durée et un critère de régulation (force maximale du piston, pression interstitielle maximale, vitesse d'avancement ou volume résiduel de chambre de pressage). Les rendements d'extraction obtenus par la presse instrumentée ont été comparés

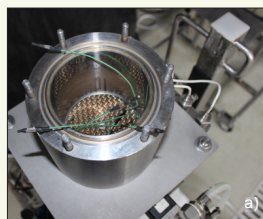
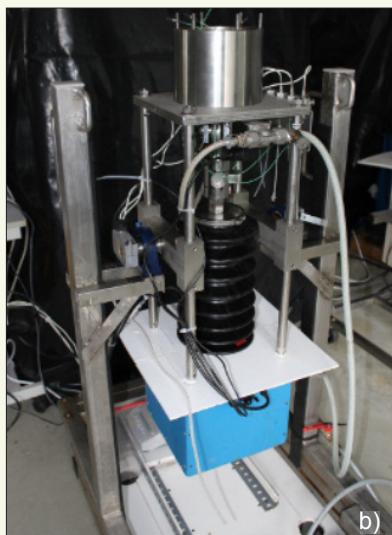


Photo 1 a) et b)
Photographies détaillant la presse instrumentée.
a) détail de la chambre de pressage avec trois capteurs de pression de liquide interstitiel ;
b) vue générale de la presse.



avec ceux obtenus avec une presse de référence. Ils sont toujours **significativement inférieurs** à ceux obtenus sur la presse de référence mais suivent les mêmes évolutions. Le décalage de rendement peut s'expliquer par la géométrie défavorable de la presse instrumentée qui possède une surface de drainage faible par rapport au volume à presser.

4. Premiers résultats obtenus à l'aide de la presse instrumentée

Les premiers résultats obtenus à l'aide de cet outil confirment que la maturité des fruits est, avec la **variété**, un des facteurs qui influencent fortement le rendement : pour une même variété, les fruits les plus mûrs se pressent moins bien, c'est-à-dire avec un rendement plus faible. Cependant, cet effet de la maturité est plus ou moins important selon les variétés.

Ces observations globales (rendement final) n'apportent pas vraiment d'éléments nouveaux mais montrent néanmoins que cette presse donne des résultats cohérents avec les connaissances antérieures.

Ainsi, entre 2006 et 2008, une étude a été réalisée par l'IFPC avec l'INRA et Agrocampus Ouest Angers sur l'impact des conditions de récolte et de la maturité des fruits sur la qualité des fruits à transformer et des produits finis. Dix variétés ont été étudiées : Douce Coëtligné, Avrolles, Kermerrien, Douce Moën, Fréquin Rouge, Petit Jaune, Locard Vert, Judor, Binet Rouge et Bedan. Elles ont été choisies pour leur diversité de période de maturité, de saveur et leur importance significative d'utilisation dans la filière. Parmi les déterminants de la qualité considérée, le rendement en jus avait fait l'objet d'observations particulières.

Les fruits ont été pressés soit au stade 15 jours avant la récolte fixée à un niveau de chute des fruits au sol de 50 %, soit 15 jours après la récolte.

L'ensemble des variétés a été réparti en 4 groupes de comportements similaires sur l'ensemble des critères de qualité observés.

Groupe A : Douce Moën et Douce Coët Ligné.

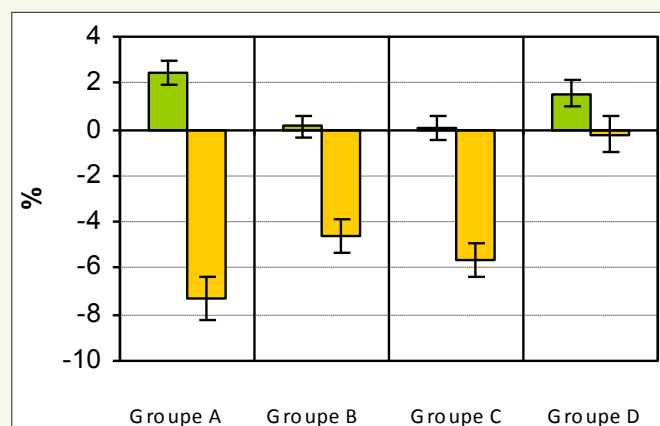
Groupe B : Avrolles et Locard vert.

Groupe C : Petit jaune et Judor.

Groupe D : Kermerrien, Fréquin Rouge, Binet Rouge et Bedan.

Globalement, toutes les variétés voient leur rendement en jus baisser avec la maturité, même si le groupe D semble moins sensible que les autres (*figure 1*). En parallèle, la teneur en sucre des moûts évolue à la hausse mais dans des proportions plus ou

Figure 1 - Rendement en jus des groupes variétaux en fonction de la maturité exprimé en % par rapport au stade de la récolte (en vert : 15 jours avant récolte, en jaune 15 jours après récolte)

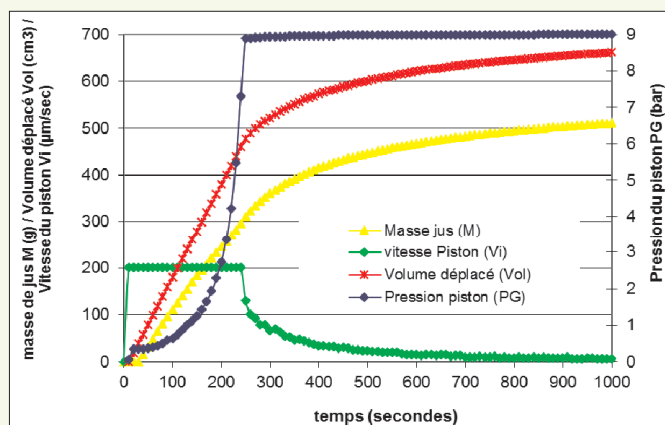


moins importantes selon les groupes de variétés, en fonction notamment de la déshydratation des fruits, et à un degré moindre de l'évolution de la régression de l'amidon en sucres solubles. Vous pouvez retrouver l'ensemble des résultats de l'étude dans les numéros 27 et 28 de la revue Pomme à cidre sur le site www.ifpc.eu à la rubrique « infos techniques ».

Dans cette étude, le rendement constitue la seule observation pour caractériser l'extractibilité du jus, mais ne permet pas de comprendre les phénomènes sous-jacents. La mesure simultanée de différentes grandeurs que permet la nouvelle presse instrumentée conçue dans le projet Optipress est une innovation car cela n'avait jamais été réalisé jusqu'à présent sur le pressage de pommes à cidre.

Ces données mettent en évidence que, dans la plupart des cas, plus de la moitié du jus est expulsée avant la phase de montée en pression (figure 2). Ce résultat est en décalage avec les modèles de pressage existants pour lesquels le liquide est expulsé principalement au cours de phase de maintien en pression. Ce décalage s'explique probablement par la faible rigidité du gâteau de pressage (par rapport à un gâteau de tourteaux d'oléagineux par exemple). Le volume de jus extrait sans pression et le moment de la montée en pression dépendent des caractéristiques des fruits pressés : pour les fruits qui se pressent facilement (rendement élevé), la montée en pression a lieu tardivement et le volume de jus extrait sans pression est important alors que pour les fruits difficiles à presser (bas rendements), la pression monte rapidement et le volume expulsé sans pression est plus faible.

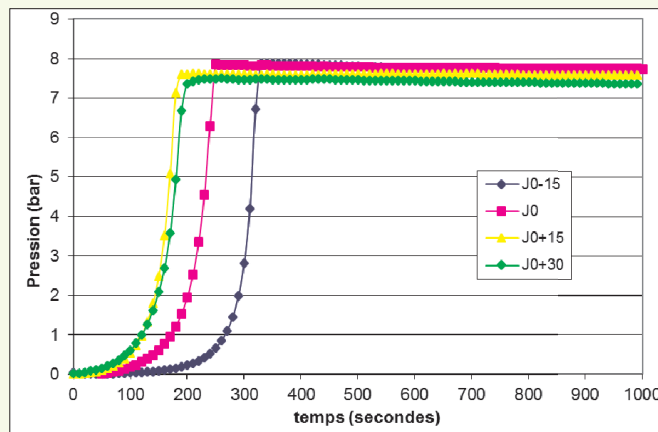
Figure 2 - Evolution de la pression du piston, de la masse de jus, de la vitesse du piston et du volume déplacé au cours du pressage par la presse instrumentée pour la variété Petit Jaune à maturité



Une série de données complémentaires acquises sur la variété cidricole Petit Jaune (figure 3) montre une évolution intéressante du profil de montée en pression du piston (PG) en cours de pressage pour différentes maturités. On remarque que le délai entre le début du pressage et la montée en pression diminue significativement avec l'avancement de la maturité (passage de « J0-15 » soit 15 jours avant la récolte à 50 % de fruits au sol à « J0+30 » soit 30 jours après la récolte). Cela signifie que la sortie de jus sans pression, uniquement liée à l'avancement du piston, est plus vite limitée au cours du pressage pour les pommes en sur-maturité. Une conséquence est la diminution du rendement en jus avec l'avancement de la maturité.

Les données parallèlement acquises sur la texture des fruits montrent une diminution de la rigidité des tissus avec l'avancement de la maturité. Une hypothèse probable est donc qu'en sous-ma-

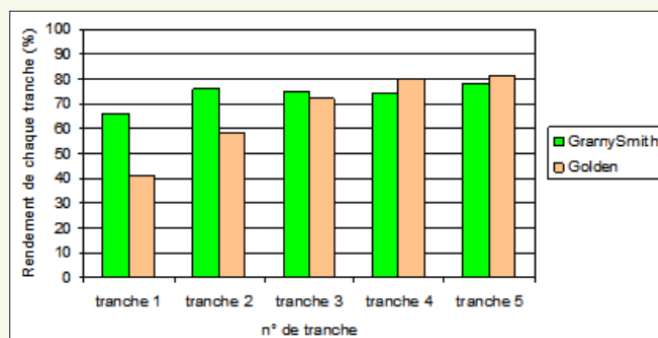
Figure 3 - Profil de montée en pression de PG au cours du pressage par la presse instrumentée pour diverses maturités de la variété Petit Jaune



turité, la rigidité des tissus permet de ménager un drainage efficace du jus plus longtemps qu'en sur-maturité.

Enfin, nous avons réalisé des pressages pour lesquels cinq compartiments (tranches de 2 cm d'épaisseur) ont été matérialisés en plaçant des toiles à forte porosité pour séparer les tranches. La mesure des rendements d'extraction de chaque tranche (figure 4), a permis de mettre en évidence une autre différence de comportement entre une variété à fort rendement (Granny Smith) et une à faible rendement (Golden mûre). Le choix de travailler sur ces deux modèles de variétés est liée à l'époque de la réalisation de cette partie de l'étude qui s'est déroulée en juin. Pour la variété Golden, le rendement varie du simple au double (40 à 80 %) entre la tranche proche de la sortie du jus (tranche n°5) et la tranche la plus éloignée (tranche n°1). Inversement, pour la variété Granny Smith, les rendements des différentes tranches sont nettement plus homogènes. Par conséquent, pour les variétés difficiles à presser, ce sont les parties les plus éloignées du drainage qui provoquent le faible rendement.

Figure 4 - Rendement d'extraction « par tranche » pour les variétés Golden et Granny Smith



L'interprétation que l'on peut faire de ces premiers résultats sera utile pour établir les expérimentations à venir. Ainsi, la mise en pression du gâteau de pressage (augmentation de la force exercée par le piston) serait due :

- d'une part à une résistance qu'exerce le gâteau de marc à la compression, en se consolidant lors de l'avancement du piston ;
- d'autre part, à une augmentation de la pression hydraulique au niveau du gâteau, correspondant, sur la presse instrumentée, à la mesure des pressions du liquide interstitiel.

Cette pression hydraulique serait consécutive à l'établissement d'une perte de charge (dissipation de l'énergie mécanique sous

17 · 18 · 19

JANVIER 2017

ANGERS · FRANCE

SALON INTERNATIONAL DES TECHNIQUES DE PRODUCTIONS VÉGÉTALES

CAP

SUR L'AVENIR

DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES SPÉCIALISÉES

CIDRICULTURE

OFFRE

Plus de 600 exposants en matériels et services pour toutes les productions végétales et notamment pour les producteurs de cidre.

PROSPECTIVE

Un lieu d'échange et d'information pour toutes les cultures spécialisées.

- Jeudi 19 janvier: Les Entretiens Cidrcoles organisés par l'IFPC. Thème 2017 - Biocontrôle et biodiversité fonctionnelle, intérêts et perspectives pour la filière cidricole.
- Conférences, Forum : plus de 60 interventions dédiées aux problématiques de la production et de la prospective.

INNOVATION

Une plateforme innovante au service des productions de demain.

- Concours SIVAL Innovation - Crédit Mutuel avec notamment le prix de l'Innovation Variétale.
- Concours Agriem Startup.
- Pôle Jeunes Entreprises.

PROGRAMME ET BADGE GRATUITS SUR www.sival-angers.com

RETROUVEZ-NOUS SUR [Sival_angers_festival](https://twitter.com/Sival_angers_festival)

forme de chaleur) qui s'oppose à la sortie du liquide. Le pressage en tranche montre que cette perte de charge se situe principalement au voisinage du drainage pour la sortie de liquide. La vitesse à laquelle cette perte de charge s'établit, dépendrait de la perméabilité résiduelle du gâteau qui dépendrait elle-même de la fragilité et de la cohésion des assises cellulaires du tissu de pomme c'est-à-dire de la texture des fruits mis en œuvre.

Or, la maturité des fruits va avoir un fort impact sur la texture, de différentes façons selon la variété. Certaines variétés peuvent devenir farineuses tandis que d'autres peuvent flétrir par perte d'eau, conduisant à des effets différents de la maturation sur le pressage. Ces hypothèses devront être vérifiées et confirmées au cours des travaux à venir. Ainsi, les critères de pressage seront à mettre en relation avec la caractérisation multi-échelle des tissus et de la râpuration, afin de comprendre les raisons de perte de la capacité drainante du gâteau de pressage et au final en déduire un traitement correctif approprié pour les différentes caractéristiques de fruits.

5. Conclusions

- Les données acquises lors du projet OPTIPRESS 1 ont permis :
- I) de recueillir les paramètres actuels guidant les choix de pressage (rendement, débit de fruits traités et qualité des jus) ;
 - II) de sélectionner des outils pertinents de caractérisation multi-échelle ;
 - III) de développer un nouvel outil adapté au besoin du projet (presse instrumentée) ;
 - IV) d'avancer dans la compréhension macroscopique du pressage de la râpuration de pomme, notamment de l'influence de la maturité sur les rendements en lien avec la variété.

6. Perspectives

Le projet OPTIPRESS 2 (2016-2019), débutera en octobre 2016. Ses objectifs sont :

- I) améliorer la compréhension des différents phénomènes limitant les rendements d'extraction ;
 - II) proposer et valider des leviers technologiques en adéquation avec les caractéristiques des fruits à presser ;
 - III) diffuser les résultats avec la réalisation d'essais en cidrerie.
- L'Université de Bretagne Sud intégrera le consortium des partenaires pour des compétences en modélisation du pressurage (Laboratoire d'Ingénierie des Matériaux de Bretagne).

RÉMI BAUDUIN, YANN GILLES, HUGUES GUICHARD, JEAN-MICHEL LE QUÉRÉ

Le projet Optipress a été réalisé avec le concours financier de :



Entretiens cidricoles du SIVAL

Les entretiens cidricoles qui se dérouleront dans le cadre du SIVAL à Angers le jeudi 19 janvier 2017 au matin auront pour thème le biocontrôle et la biodiversité en verger.

Le programme sera communiqué prochainement et sera disponible sur le site internet de l'IFPC : www.ifpc.eu