

# Compte-rendu d'activité

## Bilan des 5 dernières années



Juin 2008

L'IFPC est membre de Terres d'Innovation, de l'ACTA et membre associé de l'ACTIA



## EDITO

Au moment où nous préparons la contribution de l'IFPC au contrat d'objectif des Instituts et Centres Techniques Agricoles (ICTA) pour la période 2009 – 2013, il est important de s'arrêter un peu pour dresser le bilan des travaux conduits depuis 5 ans.

Comment l'IFPC a-t-il répondu aux objectifs définis par le Conseil d'Administration en 2003 ?

Vous trouverez dans ce rapport les principaux résultats présentés par objectif. Je n'aurai pas la prétention de les résumer en quelques lignes, je voudrais mettre l'accent sur des points, qui me paraissent fondamentaux pour l'avenir de notre filière.

Stabilisé en surface depuis 10 ans, le verger entre dans une phase de renouvellement. Le verger de demain devra répondre aux attentes quantitatives et qualitatives des transformateurs ainsi qu'aux attentes de la société, tout en garantissant la viabilité économique pour le producteur. Le programme d'amélioration génétique initié en 1987, à la demande de l'ANIEC, arrive à son terme : 2 variétés nouvelles seront disponibles en 2010, 5 autres sont en fin d'évaluation.

Dès à présent, il nous faut penser à l'avenir et au verger de 2020-2050 ; c'est pourquoi nous avons souhaité la mise en œuvre d'un nouveau programme d'amélioration génétique. Il se concrétise par le projet « Innovacidre ».

Pour des raisons techniques (matériel végétal peu sensible) et économiques, dès les années 1980, la cidriculture a pris en compte les enjeux environnementaux. Cela s'est traduit par l'élaboration, en 2001, d'un cahier des charges technique « Production cidricole en PFI ». Aujourd'hui, il est nécessaire d'aller au-delà, par exemple, en s'inspirant plus largement des techniques « Agro-Bio ». Tel est l'objectif du programme initié en Normandie en 2007.

Boisson de partage par excellence, le cidre a des qualités que ses concurrents n'ont pas, mais aussi, il faut le reconnaître, quelques faiblesses. Peu alcoolisé, ayant un PH élevé et contenant du sucre résiduel, le cidre est un produit fragile, difficile à maîtriser. Pour fidéliser les consommateurs et en conquérir de nouveaux, nous devons présenter des produits typiques, stables et de qualité constante.

Le défi technique est ardu, mais les travaux déjà engagés sur l'impact organoleptique des polyphénols (modulation de l'amertume et de l'astringence) et sur le potentiel fermentaire apportent des éléments de réponse. La phase de transfert est en cours.

Les travaux sur la fermentation principale ne sont pas en reste avec le projet « flores mixtes » : à terme, l'ensemencement par une ou (des) flore(s) connue(s) permettra des gains significatifs en régularité des produits. Classé prioritaire par les professionnels, ce programme qui nécessite des travaux de recherche amont a fait l'objet d'un appel à projet Cas Dar labellisé en septembre 2006.

Comme vous pouvez le constater, tous ces travaux ont un objectif commun : mettre à la disposition des professionnels les « outils » pour maîtriser les étapes techniques de la pomme au cidre (sans oublier les autres produits) et obtenir le type de produit recherché, tout en prenant en compte la protection de l'environnement, la rentabilité de la filière et les exigences sociétales. Vaste programme qu'il ne serait pas possible de conduire sans une collaboration étroite entre tous les acteurs techniques de la filière - je tiens à les remercier pour leur contribution - et qui doit se poursuivre !

L'avenir de la filière passe plus que jamais par la recherche, je pense que tout le monde en est convaincu !

**Yannick KERAUDY**

Président de l'IFPC

## SOMMAIRE

<b>OBJECTIF 1</b>	<b>VERS UN MATÉRIEL VÉGÉTAL MIEUX ADAPTÉ</b>	
Thème 1	Amélioration génétique des variétés cidricoles	p 2
<b>OBJECTIF 2</b>	<b>ADAPTER LES ITINÉRAIRES TECHNIQUES DE PRODUCTION</b>	
Thème 2	Conduite du pommier à cidre	p 6
Thème 3	Le carpocapse	p 10
Thème 4	Itinéraires techniques et composition du jus	p 13
<b>OBJECTIF 3</b>	<b>CONSERVER ET OPTIMISER LE POTENTIEL DES FRUITS À TRANSFORMER</b>	
Thème 5	Qualité des fruits à transformer	p 18
<b>OBJECTIF 4</b>	<b>MAÎTRISER LES PROCÉDÉS DE TRANSFORMATION</b>	
Thème 6	Stabilité des produits non pasteurisés	p 22
Thème 7	Les altérations organoleptiques	p 26
Thème 8	Maîtrise des fermentations en flores mixtes	p 29
<b>ORGANISATION</b>		p 32
<b>PARTENAIRES</b>		

# Objectif 1

## Vers un matériel végétal mieux adapté

Les variétés cidricoles se distinguent des autres pommes par la composition des fruits (richesse en polyphénols et/ou forte acidité), mais aussi par leur comportement agronomique : très forte alternance de production et faible sensibilité aux maladies. L'amélioration génétique demeure la voie à privilégier pour « corriger » le caractère alternance. Un programme spécifique de croisement a donc été engagé en 1987 (INRA – IFPC – UNICID\*).

La plantation du verger spécialisé (années 80-90) s'est accompagnée d'un resserrement de la gamme variétale disponible pour la transformation (15 variétés dominantes). De ce fait, de nombreuses variétés « renommées » pour leur valeur cidrière (variétés citées dans la bibliographie ou par les producteurs fermiers) ont été écartées. Engagés dans les démarches de mise en place de signes officiels de qualité, les professionnels concernés ont souhaité évaluer ces variétés (travaux conduits sous l'égide de l'IDAC\*).

Suite à l'évaluation des caractéristiques agronomiques et de l'aptitude à la transformation (protocole ARAC\* – IFPC) :

- 5 variétés locales seront ajoutées à la liste des variétés « certifiées » (thermothérapie en cours)
- 2 variétés nouvelles seront disponibles à compter de 2010 ; 5 autres présélections sont en fin d'évaluation.

\* UNICID : Union Nationale Interprofessionnelle Cidricole ● ARAC : Association de Recherche Appliquée à la transformation Cidricole ● IDAC : Interprofession Des Appellations Cidricoles





## Objectif 1

Vers un matériel végétal mieux adapté



## ➤ Thème 1

# Amélioration génétique des variétés cidricoles

*La maîtrise de l'alternance de production est indispensable pour des raisons économiques évidentes, mais aussi pour des raisons qualitatives. En effet, les fruits issus d'arbres équilibrés, modérément chargés, sont systématiquement de qualité supérieure (cf. « Itinéraires techniques et composition du jus »). Mais cette maîtrise de la charge suppose la mise en œuvre de stratégies lourdes pour un résultat aléatoire ; le retour de production n'est pas systématique. Dans un contexte de réduction des intrants, l'amélioration génétique est une voie à privilégier.*

*Basée sur le semis de pépins issus de variétés connues pour leurs performances, elle permet de sélectionner des variétés peu alternantes et tolérantes aux bio-agresseurs. En raison de sa lourdeur (durée minimum d'un programme : 15 ans ; objectif : 5 à 10 variétés nouvelles pour 30 000 semis), cette voie a été peu exploitée.*

*Néanmoins, à la demande de l'interprofession, l'INRA a réalisé des séries de croisements impliquant des variétés cidricoles entre 1987 et 1990. Depuis 2001, ce programme est entré dans sa phase ultime : Evaluation dans différents contextes des 90 présélections retenues à partir de 3 groupes de critères (« prédispositions » agronomiques, type de saveur, date de maturité). Des variétés issues de ce programme seront disponibles à compter de 2010.*

## Croisements et présélections

Le plan de croisement retenu impliquait 20 variétés cidricoles et 4 « améliorateurs » agronomiques issus des collections INRA. Ce choix d'un plan déséquilibré s'explique par le faible niveau de connaissance de l'héritabilité des caractères cidricoles (richesse en polyphénols...).

Le choix des parents « cidre » a été effectué en accordant une place importante aux variétés douces-amères à amères couramment plantées. Les « améliorateurs » agronomiques étant acides ou doux, des variétés amères peu connues ont aussi été utilisées : crainte d'un glissement de la population vers des « variétés neutres ».

Après élimination des individus non résistants aux races communes de tavelure (contamination des jeunes plantules en serre), puis des individus sensibles à Poidium (observation en pépinière), 3 776 individus ont été transférés dans les parcelles d'observations d'Angers (INRA) ou Sées (IFPC).

Observations réalisées :

- Comportement agronomique : Observations sanitaires (oïdium, puceron cendré...), date et importance de la floraison, mode de fructification (aptitude à une production régulière)
- Caractéristiques du jus (sucre, acidité, polyphénols totaux)

A l'issue de ce criblage de la population, 90 individus ont été retenus. Cette sélection privilégie les saveurs douces-amères à amères (37 individus, [tableau 1](#)). De même, afin de compléter la gamme variétale existante, l'accent a été mis sur les variétés amères tardives (24 individus) et à un moindre niveau, mais ce n'était pas dans les objectifs initiaux du programme, les variétés acides précoces.



**Tableau 1 : Répartition des présélections en fonction des saveurs et de la date de maturité**

Période	Amère	Douce- amère	Douce	Acidulée à aigre	Total
Fin septembre	3	3	3	2	11
Mi-octobre	10 (1)	9 (3)	5 (2)	2 (1)	26
Fin octobre – déb. novembre	18 (1)	13 (3)	7 (2)	1 (1)	39
Fin novembre	6 (1)	5 (1)	3 (1)	-	14
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>30</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>90</b>

**(en rouge) : Variété retenues et plantées à Sées pour étudier des techniques culturales.**

La répartition des 90 présélections par rapport au nombre de descendants plantés permet d'évaluer la valeur « parent » des variétés cidricoles.

Le taux de sélection moyen est de 2,4 %. Pour la majorité des variétés, il oscille entre 1 % (Chevalier Jaune) et 3 % (Frequin Rouge). Il atteint 7,5 % pour la descendance de Kermerrien. A l'inverse et pour un nombre significatif de descendants (298), il est nul pour Egyptia : en 10<sup>ème</sup> feuille la majorité de ces individus n'avait pas fleuri.

Ces résultats sur la valeur « parent » seront mis à profit dans le prochain programme.

## Evaluation en cours

### Comportement agronomique

Entre 2001 et 2003, les 90 individus retenus ont été implantés dans 3 parcelles réparties en Bretagne, Normandie et Pays de Loire. Greffage sur Pajam 2 ; plantation à raison de 5 arbres par sélection ; présence de variétés témoins (Douce Moen, Judor, Douce Coetigné et Kermerrien).

Les notations réalisées de la floraison à la récolte permettent d'évaluer le comportement des présélections en comparaison avec les variétés témoins. Principaux critères observés : régularité de production, comportement vis à vis des bio-agresseurs, vigueur des arbres (aptitude à la culture en verger spécialisé).

Le suivi de ces parcelles a permis, en particulier, d'évaluer la sensibilité au chancre en fonction des conditions de milieu ; critère observé au cours de la première phase de sélection, mais les sites d'Angers et de Sées étaient peu favorables à la propagation de cette maladie. La sensibilité au chancre a entraîné l'élimination de 30 individus.

### Aptitude à la transformation

Cerner la part relative de la variété dans le profil organoleptique du cidre élaboré n'est pas chose aisée. En effet, le cidre est en règle générale élaboré à partir de mélanges variétaux et il est issu d'une fermentation en flores indigènes non contrôlées. De plus, les facteurs de production influençant les caractéristiques du fruit sont nombreux : itinéraires culturaux, conditions climatiques, types de sols...

Néanmoins, les caractéristiques physico-chimiques des variétés influent directement sur la saveur et la couleur du cidre. Ainsi, la saveur acide est liée à l'ensemble acidité/pH ; la saveur amère et la perception de l'astringence aux polyphénols. L'analyse physico-chimique fine du moût de pomme obtenu par un pressage dans des conditions standardisées (protocole élaboré en partenariat avec l'ARAC) permet à la fois :

- De constituer des groupes de saveurs (caractéristiques similaires en vue de l'élaboration de cidre) et de positionner les individus retenus par rapport à des variétés connues et reconnues
- Et d'évaluer l'aptitude à la transformation de chaque nouvelle variété par rapport à des variétés témoins. Les critères retenus sont :
  - la masse volumique (valeur seuil 1045 ; valeur optimale 1060)
  - le rendement en jus (valeur seuil 50 % ; valeur optimale 70 %)
  - le pH (valeur seuil 4,2 ; valeur optimale 3,6).

## Les nouvelles variétés de demain ?

Cet hiver ont débuté les pré-multiplications de 2 variétés du programme amélioration génétique initié en 1987... D'autres vont suivre. Elles ne sont pas encore dénommées. Elles vont être observées en verger commercial et feront peut-être partie des variétés du verger de demain. Il s'agit de...

### X5128 : descendant de Fréquin Rouge

#### Ses points forts :

- Variété amère à maturité début novembre
- Bonne masse volumique (1060-1070)
- Bonne conservation des fruits au sol
- Résistante à la race commune de tavelure (autres races : étude en cours)
- Fruits de beau calibre (triploïde donc alternance modérée)

#### Ses faiblesses :

- Assez vigoureuse et un bois trapu d'où arcure nécessaire avant mise à fruit
- Sensibilité faible à moyenne au chancre
- Productivité moyenne



### X5134 : descendant de Binet Rouge

#### Ses points forts :

- Bon comportement aux bio-agresseurs (oïdium, chancre)
- Résistante à la race commune de tavelure (autres races : étude en cours)
- Port pleureur naturel (vigueur modérée)
- Bonne productivité, mise à fruit rapide
- Aptitudes à la régularité de production

#### Ses faiblesses :

- Maturité de mi-nov. à début décembre (récolte mécanique)
- Poids du fruit moyen (46 à 77 g)
- Variété peu typée : saveur douce



Pour conclure...

Le suivi des 90 présélections se termine (dernières observations en 2008 sur 14 individus). A ce jour, 17 « variétés » ont été retenues afin d'être plantées sur la Station Cidricole de Sées (40 arbres par « variété ») pour poursuivre les observations et étudier les techniques culturales adaptées. Lors de cette sélection finale, une attention particulière a été accordée au double critère type de saveur – date de maturité afin d'étoffer la gamme existante.

Dans le même temps, la pré-multiplication des 2 « variétés » les plus prometteuses (encadré ci-dessus) a été engagée. Ces « variétés » seront disponibles à partir de 2010.

Ces travaux sur le matériel végétal seront prolongés à 2 niveaux :

- Des travaux similaires ont été conduits. Evaluation sous nos climats des « variétés » issues des programmes initiés dans le Nord France (Espace Naturel Régional Nord - Pas de Calais), en Asturies et en Angleterre
- Réalisation de nouveaux croisements (projet Innovacidre)

# Objectif 2

## Adapter les itinéraires techniques de production

Pour des raisons techniques (matériel végétal peu sensible) et économiques, dès les années 80, les itinéraires techniques préconisés en production cidricole s'inspiraient du raisonnement « Production Fruitière Intégrée ». Un cahier des charges technique « Production Cidricole en PFI » a été rédigé en 2001 puis validé par la FNPFC\* (Fédération Nationale des Producteurs de Fruits à Cidre). Il est actualisé chaque année.

Dans le prolongement de cette démarche, l'IFPC a initié, en 2007, en partenariat avec la CRAN\* et les GRAB\* de Normandie, un programme d'approfondissement des techniques AB et d'étude des conditions de leur transfert vers la production en PFI.

La production spécialisée de pommes à cidre s'est développée à partir de 1980. Aujourd'hui, 25 % du verger a plus de 20 ans. Les travaux sur la conduite de l'arbre visent 2 objectifs : maîtrise des temps de travaux et maintien de la productivité en vergers vieillissants. Quelle que soit la technique retenue, le rôle de la lumière est déterminant.

L'analyse des résultats émanant de l'observatoire « Itinéraires techniques de production et composition du jus » mis en place en 1999, met en évidence le rôle déterminant du nombre de fruits portés par l'arbre. Il influe fortement sur la composition du jus (richesse en sucre, polyphénols...). L'éclaircissage en pomme à cidre est ainsi nécessaire pour lutter contre l'alternance de production et améliorer la qualité des jus. En outre, la maîtrise de l'alternance permet des gains substantiels de productivité. Pour conduire les travaux sur l'évaluation de nouvelles molécules, l'IFPC participe au réseau « CTIFL\* – Stations régionales ».

\* FNPFC : Fédération Nationale des Producteurs de Fruits à Cidre • CRAN : Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie • GRAB : Groupement de Recherche en Agriculture Biologique • CTIFL : Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes





## Objectif 2

Adapter les itinéraires techniques de production

### ➤ Thème 2

## Conduite du pommier à cidre (éclairage de la haie, régularité de production)



*En verger cidricole, la taille ou plus exactement la conduite des arbres est basée sur un élagage, c'est à dire la suppression de branches entières. Ce poste représente un temps de travail d'environ 30-50 heures/ha.*

*En vergers adultes à âgés, la maîtrise du volume des arbres devient difficile, d'où des difficultés de circulation dans le verger et surtout, faute d'éclaircissement, une disparition progressive de la production dans la partie basse des arbres. Pour y remédier, deux modes de conduite, opposés par leur concept, sont mis en avant.*

*L'un (le « port pleureur ») est basé sur la physiologie de l'arbre. Les travaux initiés par l'INRA de Bordeaux et Montpellier et menés dans le cadre du groupe « MAFCOT<sup>1</sup> », ont pour but d'identifier et mieux comprendre les phénomènes responsables de la régularité de production naturelle de certaines variétés de pommes de table (ex : Granny Smith), pour les appliquer aux variétés alternantes dont fait partie une grande majorité des pommes à cidre.*

*L'autre (le Mur fruitier), inspiré de la taille « lorette » a été étudié par le CTIFL dans les années 1990 dans le cadre d'un programme sur la mécanisation de la récolte (projet Magali). Par le rognage des arbres en végétation (stade 12 feuilles), il permet de bâtir rapidement un « mur fruitier » de 0,80 m de large. Présenté en pomme de table comme la réponse aux problèmes de manque de main d'œuvre tout en réduisant les coûts de production, il nécessite une certaine technicité et de revoir l'ensemble du concept production : variétés, distances de plantation...*

## Objectifs et partenaires

Par des essais en station ou en vergers :

- Contribuer à l'étude de l'impact physiologique (régularité de production ; composition du fruit) de ces méthodes de conduite en s'appuyant sur des variétés dont les réactions sont souvent exacerbées
- Cerner leur incidence technique et économique (temps de travaux, coût des intrants et niveau de production...)

Partenaires :

- Groupe MAFCOT ; CTIFL
- CRAN-SRC, SERDA, CCLF, UNION SET

<sup>1</sup> MAFCOT (MAîtrise de la Fructification, COnccept et Technique) ; groupe de travail ayant pour but de valider les observations de l'INRA dans des contextes différents : variétés, sol, climat.

## Comparaison port pleureur – Mur fruitier

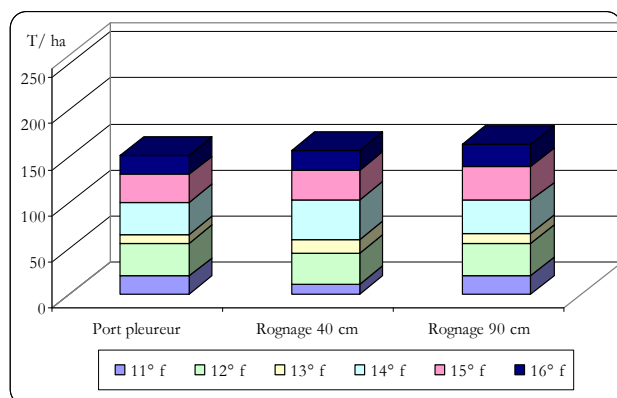
### Restructuration d'arbres adultes

Mis en place sur des parcelles en 11<sup>ème</sup> feuille, ce programme a permis de tester les réactions de plusieurs variétés (Jeanne Renard, Marie Ménard, Fréquin rouge, Kermerrien, Douce Moen...) plantées sur M 106 et sur Pajam 2. Afin de faciliter l'accès aux fruits et de garantir un bon éclairage des zones de production en pommes de table, le rognage se pratique à 40 cm du tronc. En raison de la vigueur du porte greffe utilisé en pommes à cidre et des distances de plantation, le rognage s'effectue à environ 90 cm. Les deux largeurs de haies ont été comparées.

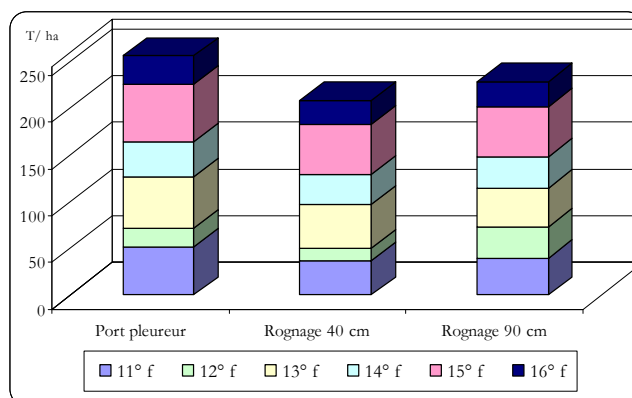
Le poids du facteur variété est déterminant. En effet, à titre d'exemple, au terme de 6 ans d'observations, la restructuration des arbres puis la conduite en Mur Fruitier n'a pas eu d'incidence sur Marie Ménard (graphique 1). Par contre, elle a entraîné une perte de production de 10 % (rognage à 90 cm), à 20 % (rognage à 40 cm) sur Fréquin Rouge (graphique 2).

Aux vues des réactions des différentes variétés observées, les écarts constatés s'expliquent par la vigueur des arbres (couleur en situation vigoureuse) et les difficultés rencontrées pour obtenir un mur végétal continu (10 000 à 11 000 m<sup>2</sup> du mur /ha contre 15 000 à 17 000 m<sup>2</sup> préconisé en pommes de table).

Graphique 1 : Variété Marie Ménard



Graphique 2 : Variété Frequin Rouge



La restructuration initiale du verger (mise au gabarit des arbres par un rognage pratiqué en hiver la 1<sup>ère</sup> année) a un effet stimulant qui se traduit par un taux d'azote plus élevé dans les feuilles et dans les jus. Cet effet s'estompe avec le temps.

Basée sur une taille mécanique en végétation (fin juin), la conduite en Mur Fruitier a pour conséquence une réduction du volume foliaire à une période importante pour l'alimentation du fruit. A titre d'exemple, le pool phénolique se constitue pour une large part dans les 60 jours qui suivent la floraison.

Les analyses réalisées pendant 6 ans sur les variétés Jeanne Renard, Marie Ménard et Fréquin rouge mettent en évidence un léger effet dépressif du rognage à 90 cm sur la richesse en sucre, la teneur en polyphénols et l'acidité des jus. L'incidence du rognage à 40 cm est systématiquement plus marquée (exemple : en moyenne perte de 5 points de masse volumique).



## Comparaisons des modes de conduite en verger jeune

Mis en place dans un verger de production et conduit en partenariat avec CSR-CCLF et UNION SET, cet essai a permis de comparer des blocs de 5 arbres conduits en Mur Fruitier (rognage à 80 cm) et des arbres conduits en forme libre.

Compte tenu de la croissance des arbres, le 1<sup>er</sup> rognage a été réalisé en 3<sup>ème</sup> feuille (intervention juin).

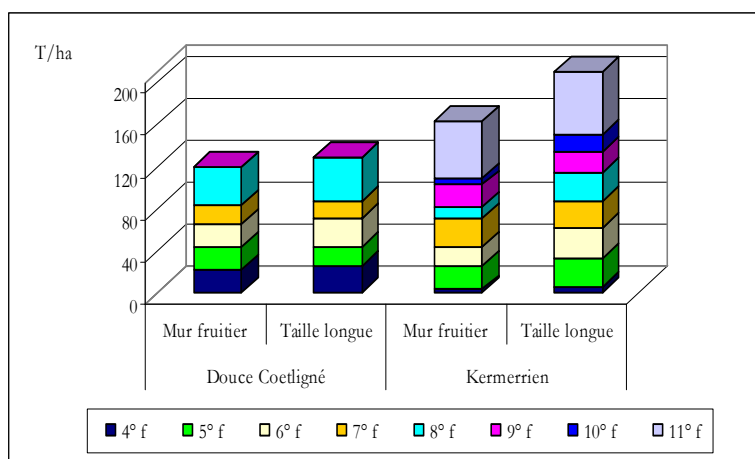
De nouveau, le facteur variété s'avère déterminant. Au terme de 6 récoltes, le mode de conduite n'a pas eu d'incidence sur la production de Douce Coetligné (graphique 3). A compter de la 9<sup>ème</sup> feuille, l'ensemble de la parcelle a alterné totalement.

Par contre, dans la parcelle Kermerrien les blocs « Mur Fruitier » ont décroché progressivement : - 19 % au terme de la 7<sup>ème</sup> feuille (4 récoltes) ; - 33 % au terme de la 11<sup>ème</sup> feuille (8 récoltes). Suite à des productions équivalentes, le retour de production est plus faible sur les séquences en Mur Fruitier.

A partir de la 8<sup>ème</sup> feuille, des suivis de floraison- nouaison ont été effectués afin de cerner les causes de ces différences de comportement. L'alternance sur les séquences Mur Fruitier ne s'explique pas par un niveau de retour à fleur plus faible ou une coulure générée par des excès de vigueur.

Par la suppression de feuilles qu'il entraîne, le rognage fin juin provoque un stress. A-t-il une incidence sur la chute physiologique qui intervient peu de temps après cette intervention ? Les analyses de feuilles (prélèvements 90 jours après fleurs) ne mettent pas en évidence de déséquilibres minéraux majeurs. Seul le taux de calcium est plus élevé dans les feuilles prélevées sur Mur fruitier.

Graphique 3 : Production cumulée



## Extinction et régularité de production

Les variétés de pommes peu alternantes (exemple : Granny Smith, Red Winter ou Rome Beauty) présentent les caractéristiques suivantes : dénudement des rameaux et production en bout de branches. De ce fait, l'arbre évolue rapidement vers un port pleureur.

L'identification des phénomènes d'autorégulation de ces variétés et l'idée d'adapter ces principes à des variétés alternantes, sont à l'origine de la formation du groupe de travail MAFCOT, initié par l'INRA. Dans le cadre de ce groupe, le travail engagé en pomme à cidre repose donc sur deux notions :

- L'arcure des branches dressées, accompagnée d'un arrachage des réitérations (pousses vigoureuses au niveau de l'arcure), afin d'en contrôler la vigueur
- La suppression ou « extinction artificielle » de boutons floraux ou faibles branches (inférieures à 8-10 mm) à proximité du tronc pour favoriser l'autonomie des bouquets restants par une meilleure porosité et répartition de la lumière à l'intérieur de l'arbre (notion de cheminée). Cette procédure est appelée extinction centrifuge

Si l'arcure est pratiquée par les cidriculteurs, l'extinction reste au stade expérimental.

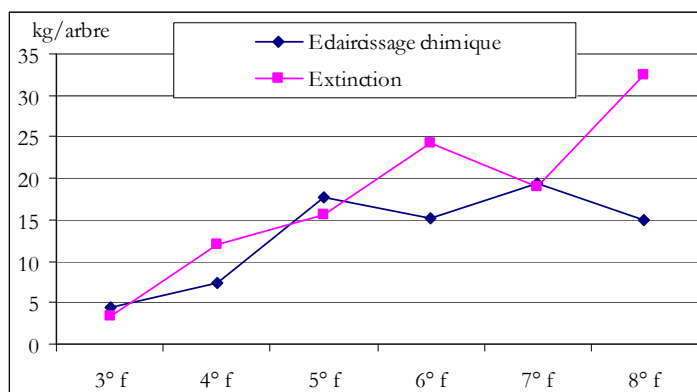
Les essais préliminaires mis en place en 1996 sur des arbres en 9<sup>ème</sup> feuille sur la base minimale de la suppression de 2 bouquets sur 3 ont mis en évidence l'efficacité de cette technique. En effet, pratiquée sur Douce Moen, Judor et Douce Coetligné cette intervention a permis non seulement d'obtenir un retour de production l'année suivante, mais aussi de réguler les arbres pendant 4 ans ; tout en maintenant ou en améliorant la productivité (+ 25 % en moyenne). Sur Petit Jaune, en raison du retour de production très élevé (110 kg/arbre), les arbres ont alterné en 1998. En 1997, une extinction complémentaire aurait été nécessaire.

Les travaux engagés depuis 2000 confirment que, pratiquée progressivement pour éliminer les supports fruitiers de mauvaise qualité, l'extinction contribue à réguler la production.



Les travaux conduits sur Binet rouge (variété alternant à 100 % et très difficile à réguler) sont à cet égard très intéressants. L'observation de la montée en production (graphique 4) montre que les séquences avec extinction sont plus productives un an sur deux. L'éclaircissage chimique permet de réduire le pourcentage d'arbres alternants. Entre la 3<sup>ème</sup> et la 8<sup>ème</sup> feuille, environ 50 % des arbres ont produit de façon significative chaque année. Par l'élimination des supports fruitiers de mauvaise qualité, l'extinction permet une croissance plus régulière de l'arbre et une augmentation de la capacité de retour à fleurs. Ceci explique les gains de production constatés en 6<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> feuille.

Graphique 4 : Binet Rouge - Introduction de l'extinction dans la conduite de l'arbre



### Mécanisation de l'extinction



Pour conclure...

La démarche expérimentale permet de cerner l'intérêt technique et les limites des différents modes de conduite étudiés. Plus difficile à appréhender, la dimension économique (temps de travail) doit aussi être prise en compte. L'ensemble des essais et des observations en verger, l'absence durable d'interventions manuelles conduisent à un vieillissement prématuré du verger. Il est impératif d'intervenir pour permettre à la lumière de pénétrer dans l'arbre jusque dans les parties basses de la haie.

Le contexte actuel confirme l'importance des travaux sur la réduction de l'alternance par voie non chimique. Certes, l'extinction (élimination des coursonnes de mauvaise qualité ; formation d'un puit de lumière) peut y contribuer, sous réserve de mécanisation des interventions. D'autres approches sont à étudier (exemple : éclaircissage mécanique en Mur Fruitier...).

## Objectif 2

Adapter les itinéraires techniques de production



## ➤ Thème 3

### Le carpocapse

*La lutte contre le carpocapse en pomme à cidre a toujours eu pour but de limiter le nombre de fruits véreux à la récolte. En l'absence de tout traitement pendant plusieurs années, le taux de fruits altérés peut atteindre 10 %. Ces derniers, chutés prématurément, occasionnent parfois des pertes de production significatives.*

*De plus, ces fruits blessés sont susceptibles d'être contaminés par des parasites de blessures dont *Penicillium expansum*. Cette moisissure synthétise la patuline, mycotoxine dont la teneur est réglementée dans les jus à 50 µg/l. Il convient donc de redoubler de vigilance en production cidricole, en particulier pour les fruits destinés à l'élaboration de produits fragiles (jus de pomme et pommé).*

*La pression carpocapse varie selon les régions (plus forte en Pays de Loire qu'en Haute-Normandie). 1 à 2 traitements spécifiques par an sont réalisés sur le premier vol (de mai à fin juillet). L'importance de l'infestation dans les vergers n'est pas toujours appréhendée à son juste niveau.*

*Un meilleur positionnement des traitements permettrait une protection plus fiable contre le carpocapse et ainsi une amélioration de la qualité de la récolte, dans un souci justifié de limiter le pourcentage de fruits véreux (objectif : moins de 3 %).*

*L'utilisation d'un modèle informatique, comme cela se fait pour la tavelure, serait une voie pour positionner efficacement les traitements tout en privilégiant les stratégies alternatives (virus de la granulose, confusion sexuelle).*

### Démarche d'étude

Depuis 2004, 3 modèles (tous expérimentaux !) ont ainsi pu être testés :

- La première version du modèle du Service de la Protection des Végétaux (SPV) date de 1978. Des modifications ont été apportées par la suite avec notamment l'introduction de paramètres régionaux (initialement pour le Languedoc)
- « INOKI », mis au point par l'INRA d'Avignon, intègre les dernières connaissances sur l'évolution du ravageur et notamment les modifications de son cycle biologique liées à l'acquisition de résistances aux produits phytosanitaires. Un groupe de travail, animé par le CTIFL et l'INRA, composé des stations régionales a été constitué en 2006
- Le modèle hollandais « RIMpro », conçu pour la modélisation de la tavelure, intègre aussi un module sur le carpocapse depuis 2005

Deux types de données sont nécessaires pour les simulations :

- Les données climatiques quotidiennes, différentes selon les modèles, mais dont la température est la donnée principale
- Un « biofix » : date de démarrage du modèle pour une région donnée, lorsque les premiers papillons sont capturés dans la moitié des pièges de la région

Au regard de ces données, les modèles fournissent des informations sur la dynamique de sorties des papillons, le rythme d'éclosion des œufs, les évolutions des populations larvaires et adultes.

Ils sont conçus pour la pomme de table et doivent être validés au contexte de la pomme à cidre : sortie des 1ers papillons tardive, formation et grossissement des fruits (appétence ?) plus tardifs, 1 seule génération par an (parfois une 2<sup>ème</sup> incomplète).

L'analyse consiste à comparer les simulations des modèles aux observations de terrain (partenariat CRAN-SRC et IFPC): piégeage hebdomadaire de papillons, suivi des attaques sur fruits, captures des larves (cartons ondulés autour du tronc à 20-30 cm du sol) et élevage.

## Résultats

Le modèle du SPV a été testé entre 2004 et 2006 puis abandonné par la suite (devenir incertain compte tenu de l'arrivée de « INOKI »). Même si le modèle n'a pas apporté une entière satisfaction, les 3 années d'étude auront permis d'apporter des éclaircissements sur le comportement du carpocapse et sur la stratégie de lutte :

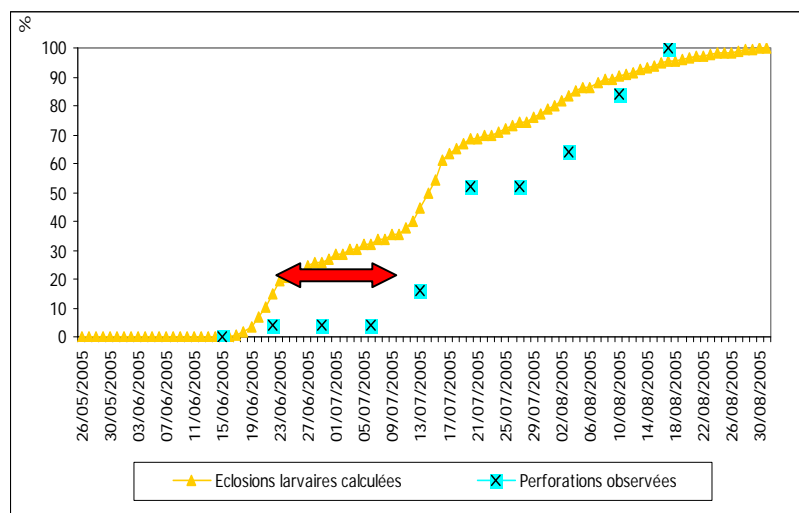
- Les dynamiques d'envols des papillons sont assez fiables à condition de bien positionner la date de début d'envol (= biofix)
- La date de début de la seconde génération, quand il y en a une, est aussi bien définie par le modèle.

Mais la concordance entre les prévisions des éclosions larvaires du modèle et les observations de fruits perforés au verger est plus délicate (graphique 1). Or, c'est le paramètre le plus important dans la lutte contre le carpocapse pour positionner les traitements. La concordance semble meilleure s'il y a deux générations... il a été conçu dans ce contexte !

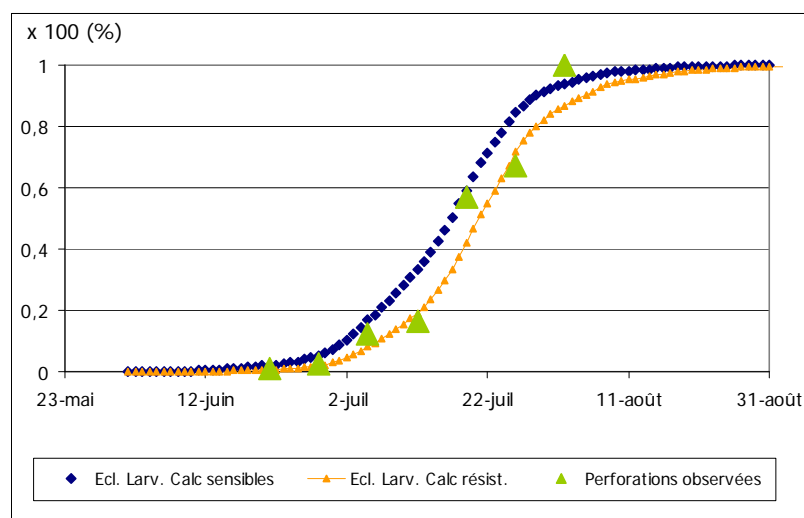
Depuis 2006, les travaux s'orientent donc principalement vers le modèle « INOKI ».

Il est encore tôt pour conclure. Les premiers résultats sont assez positifs : Les courbes de vols et d'éclosions larvaires ont des dynamiques proches des observations de terrain (graphique 2).

Graphique 1 : Sées 2005 : Modèle SPV – Comparaison des éclosions larvaires et perforations observées de la 1<sup>ère</sup> génération

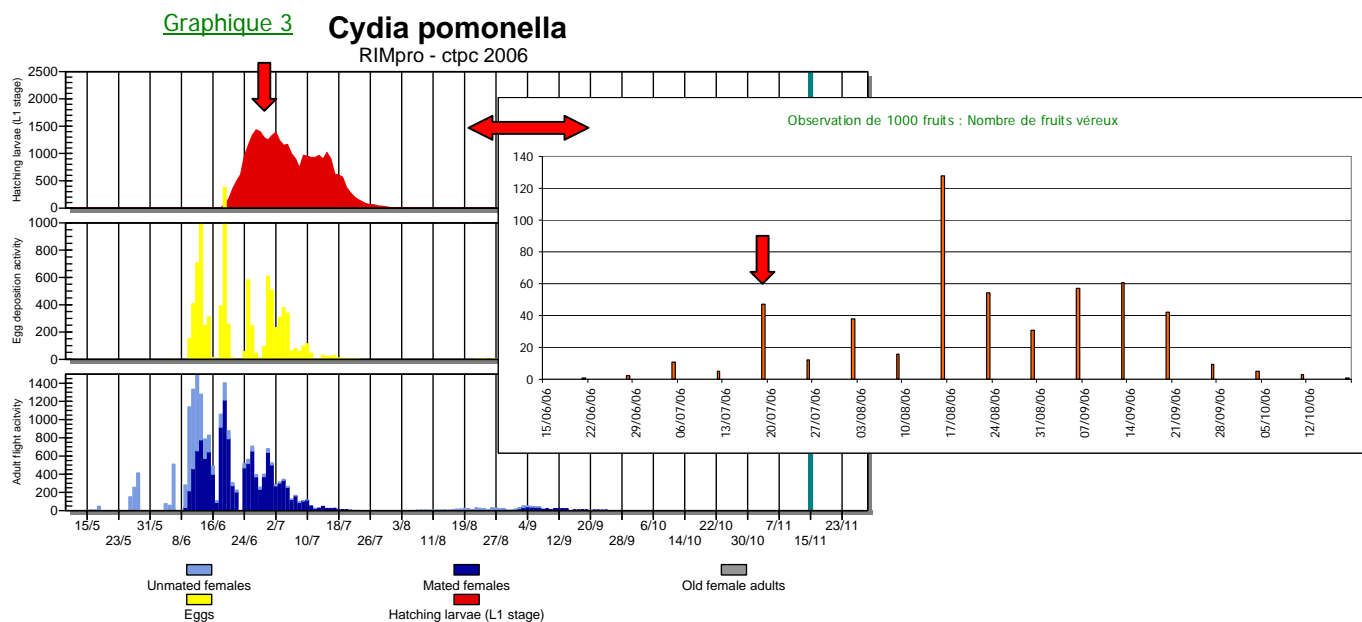


Graphique 2 : Sées 2006 : Modèle « INOKI » – Comparaison des éclosions larvaires et perforations observées de la 1<sup>ère</sup> génération





RIMpro semble, tout comme le modèle du SPV, donner des prévisions d'éclosions larvaires plus précoces. Ainsi, en 2006, les premières éclosions larvaires sont annoncées vers le 18 juin, avec un pic du 26 au 28 juin, alors que les perforations observées se situent surtout à partir du 20 juillet ([graphique 3](#)) :



Pour conclure...

Cette étude aura permis d'apporter des éclaircissements sur le comportement du carpocapse :

- Les températures favorables aux accouplements et pontes sont moins fréquentes que dans le Sud de la France, d'où un retard de l'ensemble du cycle, conduisant le plus souvent à une seule génération par an
- Les hygrométries élevées aux heures d'activité du papillon, perturbent les pontes
- Une part importante des œufs n'éclos pas (observations FREDON de Basse-Normandie) : pourquoi ?
- Les larves de G2, voire de fin de G1 certaines années, ne peuvent atteindre le stade L5, dernier stade pour l'entrée en diapause (températures insuffisantes) : Raison d'un taux de mortalité parfois élevé des larves au printemps suivant ?

Un outil de type modèle serait une aide au positionnement de traitement contre le carpocapse. Ainsi, par exemple, selon ces informations, en 2005 en Basse-Normandie, avec seulement une génération de carpocapse sur la saison, tout traitement positionné avant le 10-12 juillet (pour un ovicide) ou bien le 18-20 juillet (pour un larvicide) n'aurait eu que peu d'incidence ([graphique 1](#)) : Les résultats de l'enquête sur la pression du carpocapse dans les vergers cidricoles menée en parallèle à l'étude, vont aussi dans ce sens.

Par contre, en 2006 deux générations ont nettement été mises en évidence :

- Les fortes températures de juillet ont accéléré le cycle biologique, permettant une seconde génération à partir de la fin juillet
- Cette 2<sup>nd</sup>e génération a entraîné de nouvelles perforations de fruits assez tardives, sur septembre, voire octobre

Aussi, en 2006, deux voire trois traitements ont pu être nécessaires ([graphique 2](#)) :

- le premier mi-juin (début des pontes) avec un ovicide ou fin juin avec un larvicide.
- le second (larvicide) vers le 10-20 juillet, à environ 50 % des éclosions larvaires de la G1
- un troisième (larvicide) début août, sur le début de la G2, dans verger à forte pression !

## Objectif 2

Adapter les itinéraires techniques de production



## ➤ Thème 4

# Itinéraires techniques et composition des jus

*Le comportement du fruit à l'approche de la maturité, son aptitude à la conservation et la composition du jus obtenu sont le reflet des caractéristiques variétales. Déterminant en viticulture car il conditionne la qualité de la vendange, l'impact des facteurs de milieu (sol et climat) est certain mais mal cerné en production cidricole.*

*Les travaux entrepris par la Chambre d'Agriculture du Tarn et Garonne et du CEFEL entre 1992 et 1997 montrent qu'en fonction du contexte sol climat, des itinéraires techniques, il existe un compromis rendement - qualité.*

*Le réseau de parcelles mis en place en 1999 a pour objectif de constituer des références s'appuyant sur la spécificité de la production cidricole afin :*

- *D'évaluer l'incidence respective des facteurs sol, climat, itinéraires culturaux sur la composition du jus*
- *De tenter de corréler l'effet « millésime » à des indicateurs climatiques*
- *De croiser les informations sur la productivité et la régularité de production avec les résultats obtenus sur la composition du jus*

## Démarche d'étude

Basé sur le suivi d'un réseau de parcelles, ce programme a été conduit en étroite collaboration avec les conseillers cidricoles (CRAN SRC, Chambre d'Agriculture des Côtes d'Armor, SERDA, APPCM).

Lors du prélèvement de l'échantillon, un descriptif technique de la parcelle a systématiquement été établi (niveau de charge des arbres, état végétatif et sanitaire des arbres, éclaircissage et fertilisation pratiqués...).

Chaque échantillon a été analysé afin de caractériser le fruit (poids du fruit, fermeté, degré de maturité) et le jus (richesse en sucre, acidité, polyphénols totaux, matière azotée...).

En 2006, une caractérisation des sols (description et analyses) a été effectuée afin de disposer d'informations comparables sur la fertilité de chaque parcelle.

**Tableau 1 : Répartition variétale des échantillons analysés entre 1999 et 2005**

Années	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	TOTAL	2006	2007
Avrolles	2	2	2	4		2		12		
Bedan	3	1		2	1			7		
Douce Coëtigné	4	5	11	17	16	15	10	78	9	15
Douce Moën	11	7	9	13	11	9	4	64	5	14
Fréquin Rouge				1	3	1		5		
Judor	6	4	6	7	5	5	2	35	3	12
Kermerrien		1	5	7	8	5	6	32	8	9
Marie Ménard	1	1	1	1	2	1		7		
Petit Jaune	2	2	2	3		2		11		
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>23</b>	<b>36</b>	<b>55</b>	<b>46</b>	<b>40</b>	<b>22</b>	<b>251</b>	<b>25</b>	<b>50</b>

Ainsi, depuis 1999 plus de 300 échantillons ont été prélevés dans 25 vergers répartis dans le Grand Ouest (tableau 1). Par un traitement statistique approprié des informations collectées, il est possible de mettre en évidence les relations de type « causes à effets » entre les données observées (variétés, conditions de culture, productivité et régularité de production, caractéristiques des sols, données météo...) et les caractéristiques analytiques du fruit et du jus.

Pour établir ces relations de type « causes à effets », les techniques de traitements de données utilisées par l'INH, partenaire scientifique de ce projet, se déclinent en 2 étapes :

1. Regrouper les échantillons présentant des caractéristiques analytiques similaires et ainsi constituer des groupes définis par la richesse du jus
2. A l'intérieur de chaque groupe, observer la répartition des échantillons (exemple : pourcentage d'échantillons prélevés en 2003...) afin d'en déduire des enseignements sur l'impact de chaque facteur observé (variété, conditions de culture, climat...)

## Résultats

### Impact de la variété

Le traitement statistique de l'ensemble des données (251 échantillons analysés entre 1999 et 2005) confirme l'impact de la variété (ou du type de saveur). Ainsi :

- La totalité des échantillons prélevés sur les variétés acides (Avrolles, Judor, Petit Jaune) est rassemblée dans un seul groupe constitué exclusivement de ces variétés
- 80 % des échantillons de Kermerrien sont rassemblés dans un groupe constitué quasi-exclusivement d'échantillons de fruits de cette variété

Les autres variétés se répartissent de façon hétérogène dans plusieurs groupes. Cette dispersion a pour origine les variations de composition du jus dues aux facteurs de milieu et/ou aux conditions de production.

Réalisé variété par variété, le traitement des données permet de mettre en évidence l'incidence de ces facteurs et de les hiérarchiser en fonction de leur impact sur la composition des jus. Cette analyse est envisageable sur Douce Coëtigné et sur Douce Moën, car le nombre d'échantillons disponibles est suffisant.

Le traitement statistique des données de Douce Coetligné conduit à la formation de 3 groupes distincts par les caractéristiques du jus obtenu. Pour qualifier ces groupes, il est possible d'évoquer la richesse du jus obtenu. En effet, 2 groupes s'opposent à la fois par leur richesse en sucre et en polyphénols et leur niveau d'acidité. Ils sont dénommés « jus riche » et « jus pauvre » (tableau 2). Le 3<sup>ème</sup> groupe est intermédiaire entre les 2.

**Tableau 2 : Douce Coetligné**  
**Caractérisation des groupes constitués à partir de l'analyse des jus**

Dénomination des groupes	Jus riche	Jus moyen	Jus pauvre
Masse volumique	1062 - 1065	1058 - 1060	1049 - 1051
Polyphénols totaux	2,5 - 2,8	2,5 - 2,8	1,6 - 1,9
Acidité	2,2 - 2,4	1,7 - 1,8	1,4 - 1,5

L'analyse sur Douce Moen se traduit par des résultats similaires avec une plus grande amplitude au niveau de la teneur en polyphénols totaux. Pour ces composés, le groupe « jus riche » est différent du groupe « jus moyen ».

## **Incidence de la charge de l'arbre – Productivité et régularité de production**

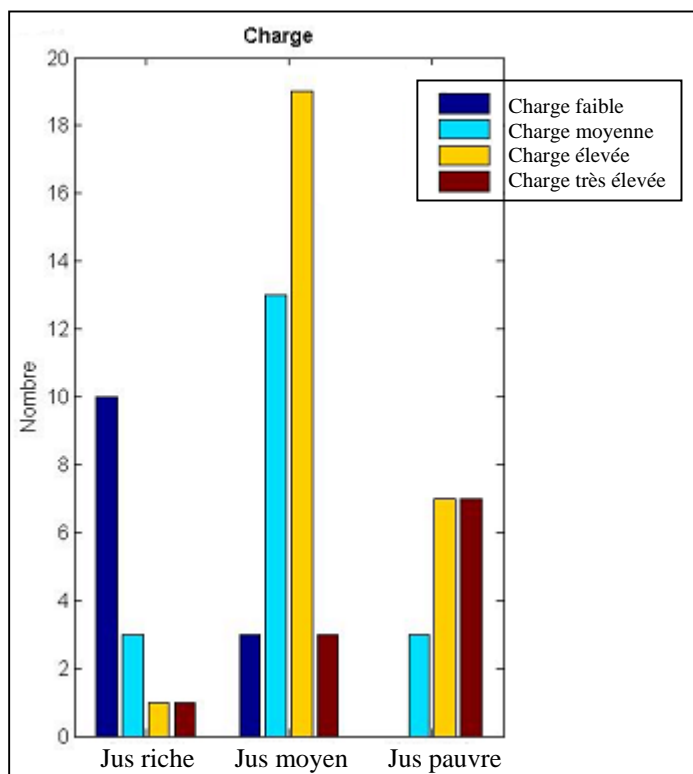
Le niveau de charge de l'arbre est défini à partir du nombre de fruits portés par l'arbre (équilibre feuilles – fruits) et de la capacité de l'arbre à produire à nouveau l'année suivante. La charge faible est insuffisante pour assurer une récolte satisfaisante. La charge moyenne est susceptible de permettre un retour de production. La charge très élevée correspond à des arbres « croulant » sous les fruits.

La répartition des échantillons de Douce Coetligné dans les différents groupes « qualité du jus » et en fonction du niveau de charge des arbres sur lesquels ont été prélevés ces échantillons, met en évidence l'impact de ce facteur (graphique 1). En effet, les jus riches proviennent essentiellement d'arbres peu à moyennement chargés ; inversement, les jus pauvres proviennent d'arbres chargés à très chargés.

Le croisement des informations sur la « qualité des jus », la productivité et la régularité de production apporte les informations suivantes : les fruits les plus riches proviennent de parcelles régulières et productives.

Le groupe qualité « moyenne » rassemble des fruits provenant de parcelles hétérogènes. Les échantillons provenant des parcelles alternantes se retrouvent majoritairement dans le groupe jus pauvre.

**Graphique 1 : Douce Coetligné – Relation entre le niveau de charge des arbres et la composition du jus**





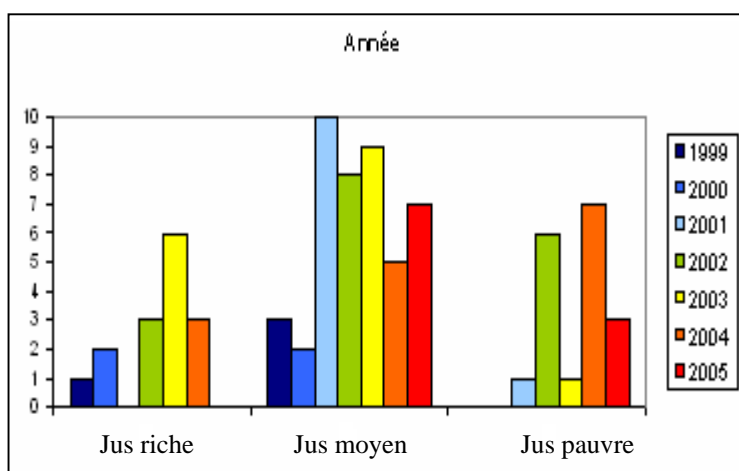
## Incidence des conditions climatiques

Cette analyse confirme l'incidence de l'année déjà observée lors du bilan intermédiaire (graphique 2).

Ainsi, aucun échantillon des années 2000 et 2005 n'a donné des « jus riches ». En 2003, 15 échantillons sur 16 appartiennent aux groupes de « bonne » et « moyenne qualité ». Par contre, en 2004, 12 échantillons sur 15 appartiennent aux groupes de « moyenne » et « mauvaise » qualité.

Pour tenter d'expliquer ces différences, une analyse des données climatiques (pluviométrie, températures, amplitudes thermiques, rayonnement) par période définie en fonction du cycle végétatif, a été réalisée.

**Graphique 2 : Douce Coetligné – Incidence de l'année sur la composition du jus**



Ainsi, l'année 2003 est caractérisée par de fortes amplitudes thermiques et une faible pluviométrie ; et l'année 2004 est marquée par une fin d'été un peu maussade et un automne plus lumineux.

Pour les tanins particulièrement, les fruits qui en sont riches proviennent de vergers bénéficiant de climats avec de forts rayonnements pendant la multiplication cellulaire et le grossissement du fruit. Les fruits pauvres en tanins ont bénéficié de pluies importantes pendant la période de multiplication cellulaire et d'un faible rayonnement en été, mais plus fort pendant la maturation du fruit.

Insuffisants pour conclure, ces éléments confirment l'existence des corrélations entre les conditions climatiques durant des périodes précises du cycle végétatif et les caractéristiques des jus.

## Incidence du sol

A partir des données des analyses physico-chimiques des sols, selon la même démarche statistique, des classes de sols ont été constituées. Dans ce classement, les éléments discriminants sont le degré de fertilité minérale (CEC), le taux d'argile et de matière organique puis la teneur en potassium, en calcium ainsi que le pH.

Difficile à établir, la relation entre les caractéristiques du sol et la composition du jus est néanmoins perceptible en se dégageant des facteurs forts (variété et niveau de charge). En effet, la répartition des échantillons de Douce Coetligné prélevés sur des arbres modérément chargés est aussi le reflet de la fertilité des sols : 45 % des fruits prélevés dans les parcelles définies « fertiles » donnent des jus de « bonne » qualité ; à l'inverse, 40 % des fruits prélevés dans les parcelles définies « à faible potentiel » donnent des jus de « mauvaise » qualité. Compte tenu de l'impact des autres facteurs, la poursuite des travaux sur les relations entre les caractéristiques du sol et la composition des jus, suppose la mise en place d'essais consacrés à l'étude de ce seul facteur.

Pour conclure...

Le suivi de ce réseau de parcelles confirme les informations connues sur l'impact du facteur variété. Il apporte des éléments importants sur l'impact du facteur niveau de charge ou maîtrise de la charge (et de son corrolaire régularité de production).

En effet, seul le facteur charge transparait dans les analyses portant sur l'ensemble des données collectées (cf. bilan intermédiaire réalisé en 2003). Après le facteur variété, c'est donc le second facteur qui influe sur la composition du jus. Au même titre que le facteur variété, il est susceptible de masquer l'impact des autres facteurs.

En outre, bien que le dispositif n'était pas conçu pour cela, les observations réalisées sur Douce Coetligné mettent en lumière la relation positive entre régularité de production, productivité et richesse du jus. En 2005, le protocole a été quelque peu modifié afin de préciser les relations entre la productivité, la régularité de production et la composition du fruit.

La poursuite des observations permettra d'enrichir la base de données et de proposer des indicateurs d'effet année. Une meilleure connaissance du potentiel qualitatif de la récolte permettra aux élaborateurs, en début de campagne, d'orienter les lots en conséquence.

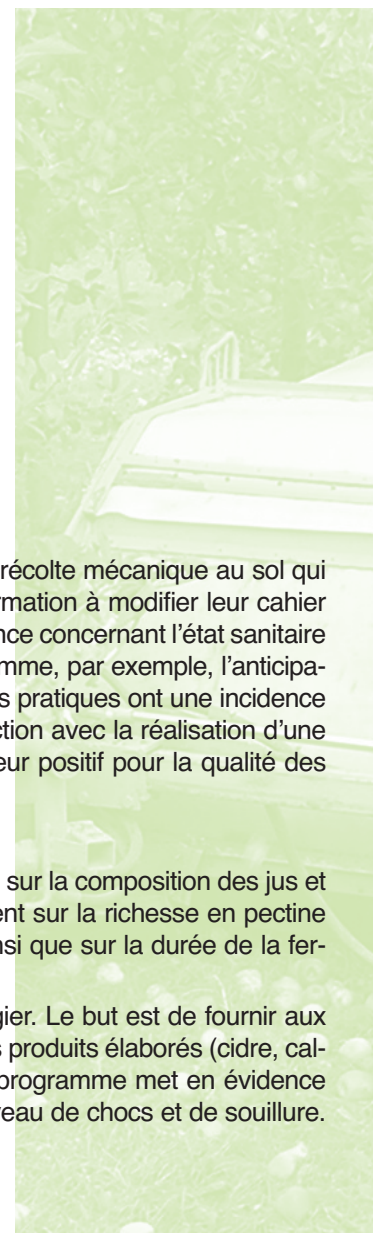
# Objectif 3

## Conserver et optimiser le potentiel des fruits à transformer

Les contraintes réglementaires sur la patuline ainsi que le développement de la récolte mécanique au sol qui limite la durée de conservation des fruits, ont conduit les entreprises de transformation à modifier leur cahier des charges d'approvisionnement de pommes. Ce relèvement du niveau d'exigence concernant l'état sanitaire et la propreté des pommes, a incité les producteurs à modifier leurs pratiques comme, par exemple, l'anticipation des récoltes (fruits sous-mûrs) et le lavage des fruits au verger. Ces nouvelles pratiques ont une incidence sur les caractéristiques des fruits à transformer. Elles sont, de plus, en contradiction avec la réalisation d'une maturation post-récolte des fruits traditionnellement considérée comme un facteur positif pour la qualité des produits.

Les travaux en cours portent sur :

- L'évolution du fruit à l'approche et après la récolte ainsi que les conséquences sur la composition des jus et sur les caractéristiques des cidres obtenus. La maturation influe principalement sur la richesse en pectine soluble et sur les performances d'extraction (facteur variété dépendante) ; ainsi que sur la durée de la fermentation.
- Les itinéraires de récolte et de conservation « de l'arbre à la râpe » à privilégier. Le but est de fournir aux acteurs de la filière des éléments objectifs sur l'impact de ces itinéraires sur les produits élaborés (cidre, calvados...) en fonction des procédés de fabrication utilisés. Initié en 2006, ce programme met en évidence une grande variation du potentiel de conservation des fruits en fonction du niveau de chocs et de souillure.



### Objectif 3

Conserver et optimiser le potentiel des fruits à transformer



## ➤ Thème 5

# Qualité des fruits à transformer

*Les contraintes réglementaires sur la patuline (mycotoxine) ainsi que la généralisation de la mécanisation de la récolte au sol qui limite la durée de conservation des fruits, ont conduit les entreprises de transformation à modifier leur cahier des charges d'approvisionnement de pommes. Ce relèvement du niveau d'exigence concernant l'état sanitaire et la propreté des fruits, a incité les producteurs à modifier leurs pratiques comme, par exemple, l'anticipation des récoltes (fruits sous-mûrs) et le lavage des fruits au verger.*

*L'ensemble de ces nouvelles pratiques a indéniablement une incidence sur les caractéristiques des fruits à transformer. Mais, actuellement il n'existe pas d'éléments techniques et objectifs permettant d'estimer les conséquences de ces nouvelles pratiques.*

## Démarche de travail

Le travail sur la caractérisation des fruits et des moûts issus de leur extraction à l'approche de la maturité a débuté en 2003 sur 2 variétés modèles. La poursuite des travaux sur 3 années a montré que ces deux variétés évoluaient de façon très différente au niveau de la texture du fruit et avaient des différences à l'extraction.

Parallèlement, une démarche plus globale sur l'incidence des conditions de récolte et de stockage sur la qualité des fruits à transformer et des produits finis a été initiée en 2006. L'objectif final est d'acquies en 2009 des éléments techniques, afin que la gestion des fruits, de l'arbre à la râpe, puisse être raisonnée sur le plan technique en fonction des contraintes liées aux produits cidricoles à réaliser : jus, cidre, eau-de-vie et apéritif à base de cidre.

## Résultats

### Caractéristiques des fruits et des moûts au voisinage de la maturité

L'étude a été réalisée sur Avrolles et Douce Coetligné avec des fruits prélevés dans l'arbre sans contact avec le sol. Ce travail est mené sur des fruits allant de 30 jours avant la date théorique de maturité et jusqu'à 30 jours de maturation post récolte.

Les 2 variétés modèles sont réputées pour avoir des évolutions à l'approche de la maturité et à la maturation très différentes. Le travail effectué en partenariat avec l'INH d'Angers a permis de confirmer ces différences en les caractérisant d'un point de vue rhéologique (fermeté, élasticité du fruit, jutosité...). Les paramètres de fermeté diminuent progressivement pour les 2 variétés, plus lentement pour Avrolles. L'origine de la perte de fermeté est différente suivant les deux variétés :

- Pour Avrolles, elle est principalement déterminée par des évolutions de la zone épidermique
- Pour Douce Coetligné, elle est essentiellement due à des évolutions de la zone parenchymateuse



Ces différences vont influencer directement les rendements d'extraction. Pour Avrolles, le rendement évolue peu sur la période observée, tandis qu'il diminue nettement pour les fruits ayant eu une maturation post récolte pour Douce Coetligné (tableau 1).

Cette observation a été validée sur une petite presse pilote et également sur des presses de type industriel. La petite presse pilote accentue la diminution de rendement, mais les conclusions restent néanmoins extrapolables.

L'effet de la maturité et de la maturation pour les 2 variétés influence peu la composition du moût. En effet, contrairement aux idées reçues, la masse volumique, le pH et la teneur en polyphénols du moût varient très peu. Toutefois, pour Douce Coetligné, la teneur en pectine soluble augmente fortement après maturation atteignant des valeurs de plus de 300 mg/L, teneur à laquelle les clarifications préfermentaires sont possibles.

La fermentation des moûts de Douce Coetligné issus de lots récoltés 15 jours avant la date de récolte (R-15), à la récolte (R) et après 15 jours de maturation (R+15), a permis d'étudier les conséquences de la maturité du fruit sur le déroulement de la fermentation.

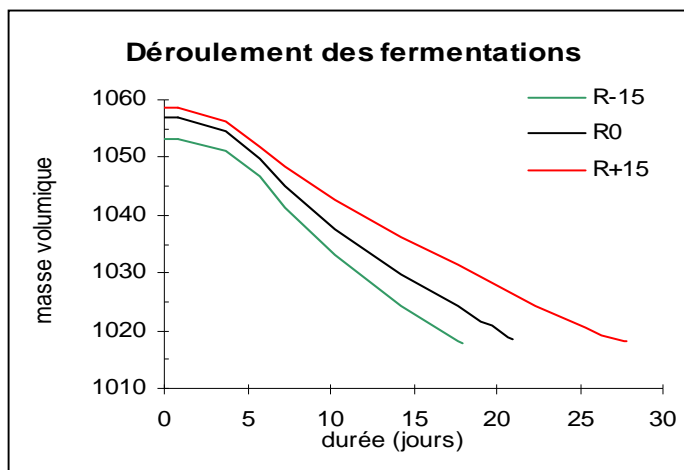
Le graphique 1 représente l'évolution de la masse volumique des fermentations des 3 moûts.

Le stade de maturité et la maturation de Douce Coetligné ont un impact sur la fermentation : Plus le fruit est mûr, plus la vitesse de fermentation ralentit entraînant un allongement de la durée de la fermentation.

**Tableau 1 : Extraction de Douce Coetligné à la récolte (R) et après stockage (R + 30 j)**

Type de presse	Capacité (kg)	Rendement en jus (%)	
		R	R + 30 j
Petite presse	10	64,1	52,1
Presse à paquet	50	67,3	58,3
Presse à bande	500	66,2	59,5

**Graphique 1**

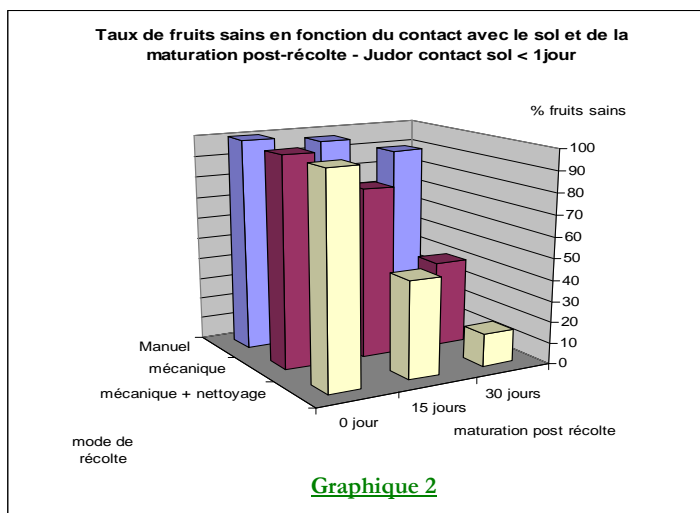


## Incidence des conditions de récolte sur la qualité sanitaire des fruits

Le graphique 2 montre, pour la variété Judor, les effets du mode de récolte du fruit et de maturation post-récolte sur l'évolution du taux de fruits sains.

Ces effets observés correspondent à ce qui était attendu compte tenu des observations terrains.

L'effet du mode de récolte peut s'expliquer par la quantité croissante de chocs et de blessures sur le fruit lorsque l'on passe d'une récolte manuelle à une récolte mécanisée suivie d'un nettoyage, les blessures sur fruits étant des portes d'entrées pour les microorganismes d'altération.



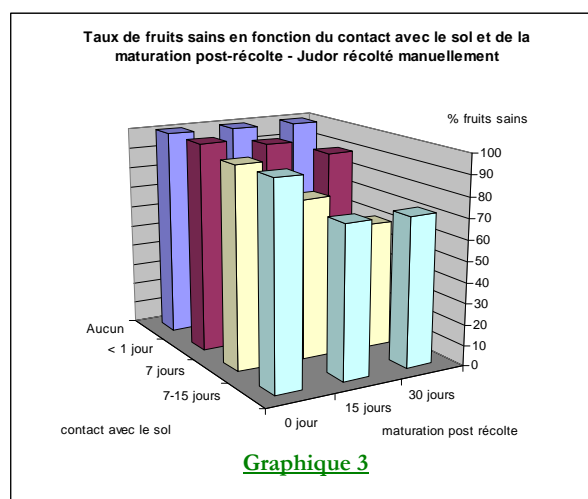
**Graphique 2**



Le **graphique 3** montre, pour la variété Judor, l'évolution du taux de fruits sains en fonction du temps de contact avec le sol et de la maturation post-récolte.

L'effet du temps de contact avec le sol peut s'expliquer par la durée d'exposition aux microorganismes d'altération d'origine tellurique. Ces données montrent l'effet du temps de contact avec le sol : plus il est important, plus l'altération des fruits est importante. Cet effet est plus marqué avec l'augmentation de la durée de maturation post-récolte.

L'effet est encore plus important pour la variété Douce Moen. Cela est à priori à rapprocher d'une texture d'épiderme très différente entre les deux variétés (relativement poreuse pour Douce Moen et cirreuse pour Judor).



## **Incidence des conditions de récolte sur la qualité sanitaire des moûts**

Les dosages de patuline effectués sur les moûts issus des pommes n'ayant pas subi de maturation post-récolte (traitement réalisé 24 h après récolte) et cela quel que soit leur état sanitaire, ne contiennent pas de patuline (concentration < 10µg/L).

Sur les moûts issus de pommes saines (pas de symptômes d'altération visibles), on ne détecte pas de patuline après 15 jours de maturation. A 30 jours de maturation post-récolte, on peut sur certains itinéraires détecter de la patuline.

Sur les moûts issus de pommes altérées à très altérées, on retrouve évidemment de la patuline en quantité significative (jusqu'à 150 µg/L) dès 15 jours de maturation post-récolte. A 30 jours, les quantités peuvent être très importantes et une petite quantité (de l'ordre de 1% de ces fruits) suffit à rendre un lot non conforme.

L'ensemble des résultats conforte les hypothèses suivantes :

- La patuline est la conséquence d'une altération de maturation en silo
- Le contact avec le sol favorise l'apparition de patuline indirectement par l'intensité des altérations par des parasites primaires, porte d'entrée pour les parasites secondaires comme *Penicillium expansum* producteur de patuline
- La récolte mécanique favorise l'apparition de patuline par la création de nombreuses ruptures d'intégrités de la paroi des fruits, occasionnées par les chocs et blessures.

Sur les deux points (état du fruit et patuline), les essais montrent que la récolte sur réceptacle donne de très bons résultats : maturation possible jusqu'à 30 jours et taux de patuline très faible jusqu'à 15 jours de maturation.

## **Incidence des conditions de récolte sur la composition des moûts**

Les analyses sur moût montrent que les composés liés à la saveur (sucres, acidité totale, pH et polyphénols) évoluent peu en fonction des différentes modalités de récolte. L'effet dominant reste celui de la maturation du fruit. Pour la pectine, nécessaire pour réaliser la défécation, on retrouve aussi l'effet dominant de la maturation.

Pour conclure...

A l'approche de la maturité et en maturation, les 2 variétés modèles montrent des évolutions différentes qui ont des répercussions technologiques : rendement d'extraction, teneur en pectines. La suite du programme est de travailler sur la caractérisation de 10 variétés (représentative de 65 % du verger basse-tige) avec l'objectif d'effectuer des groupes de comportement.

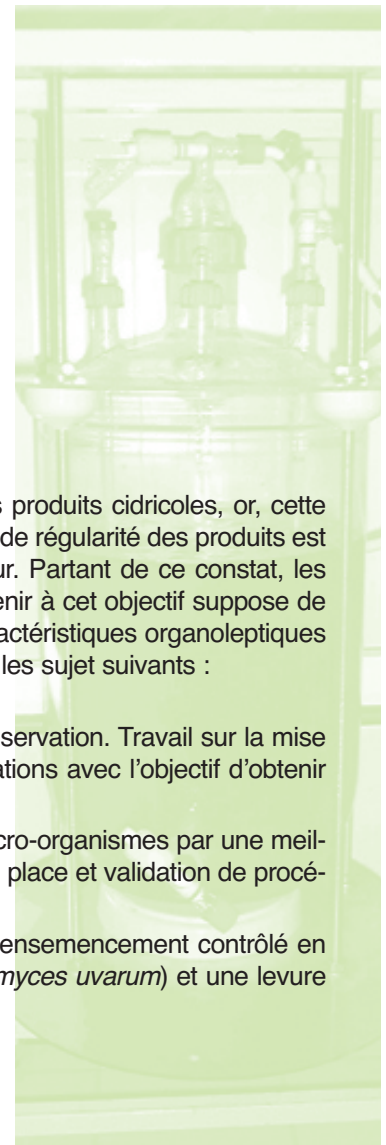
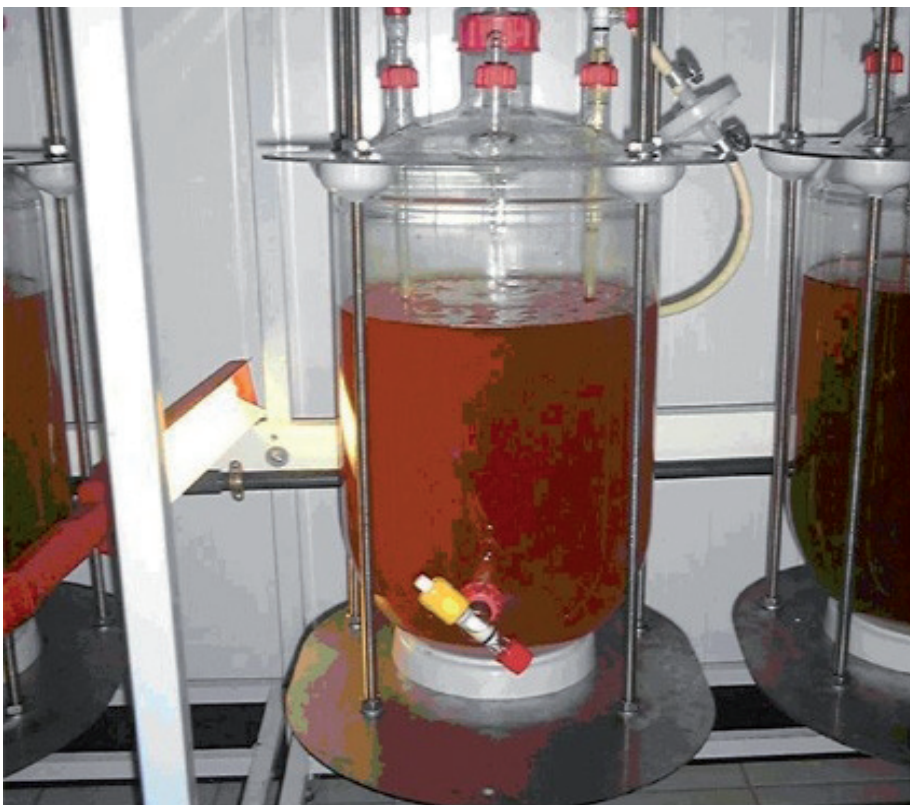
L'ensemble des résultats collectés sur les conséquences des itinéraires de récolte permet déjà de définir, pour différents produits cidricoles, les itinéraires techniques « de l'arbre à la râpe » à éviter ou à privilégier. Les essais de fermentation (2008-2009) des moûts issus de différents itinéraires techniques pré-sélectionnés à partir des résultats 2006-2007, permettront de compléter les données avec la prise en compte d'un éventuel effet organoleptique sur le produit fini.

# Objectif 4

## Maîtriser les procédés de transformation

Les enquêtes consommateurs concluent sur une bonne image du cidre et des produits cidricoles, or, cette appréciation ne se traduit pas toujours en acte d'achat. Le manque de lisibilité et de régularité des produits est souvent invoqué comme une raison ne facilitant pas le choix du consommateur. Partant de ce constat, les transformateurs souhaitent mieux maîtriser l'élaboration de leurs produits. Parvenir à cet objectif suppose de fournir des outils permettant de réaliser des produits stables, réguliers et de caractéristiques organoleptiques choisies. Les principaux travaux réalisés sur la période 2003-2007 ont porté sur les sujet suivants :

- Améliorer la stabilité levurienne des produits non pasteurisés lors de leur conservation. Travail sur la mise en place d'outils d'aide à la décision permettant de mieux gérer les fermentations avec l'objectif d'obtenir une stabilisation par carence nutritionnelle.
- Diminuer fortement la fréquence des altérations organoleptiques liées aux micro-organismes par une meilleure hygiène de l'atelier. Travail axé sur un diagnostic en atelier et la mise en place et validation de procédures de nettoyage désinfection.
- Fiabiliser la fermentation et la génération de composés aromatiques par un ensemencement contrôlé en souches levuriennes mixtes : une levure assurant la fermentation (*Saccharomyces uvarum*) et une levure aromatique (*Hanseniaspora valbyensis*).



## Objectif 4

Maîtriser les procédés de transformation

# ➤ Thème 6

## Stabilité des produits non pasteurisés



*Axe majeur de travail de l'IFPC sur la période 2003-2007 avec des acquis importants. Ces actions s'inscrivent dans le prolongement des travaux conduits par l'ARAC. Le transfert de ces acquis et outils a été soit réalisé chez des petits producteurs (test de prise de mousse) ou est en cours de validation chez les industriels (sélection de moûts et conduite de fermentations).*

### Démarche de travail

La demande initiale de la profession cidricole était l'établissement d'un test de prise de mousse permettant d'orienter les interventions technologiques au moment de la mise en bouteille. L'objectif était d'éviter les surpressions et les problèmes organoleptiques associés (trouble et dessucrage). Les produits initialement concernés étaient les cidres issus de prise de mousse en bouteille.

Dans cet esprit et suite à la mise en place et la validation du test de prise de mousse, il est apparu plus judicieux de privilégier le pilotage des fermentations et le choix de la matière première plutôt que d'avoir recours à des solutions correctives. Avec l'inclusion des cidres gazéifiés non pasteurisés, cette démarche s'inscrivait dans une problématique plus large. Créer et mettre en place les outils et méthodes permettant de produire un cidre ou poiré non pasteurisé stable et régulier.

### Résultats

#### Acquisitions de connaissances sur la stabilité levurienne

Dans le cas d'un produit non pasteurisé, ce qui va contrôler sa stabilité en bouteille c'est la quantité résiduelle d'éléments nutritifs (azote assimilable) à la mise en bouteille. Si le produit contient à sa mise en bouteille des éléments nutritifs, les levures présentes vont pouvoir se multiplier de façon importante (trouble) et avoir un effet significatif sur le produit en bouteille : dessucrage et augmentation importante de la pression.

Cette richesse en éléments nutritifs est la résultante de la richesse initiale du moût et de la consommation de nutriments réalisée lors de la fermentation.

L'ensemble des travaux réalisés sur 2004-2007 a permis d'acquérir des références au laboratoire et sur le terrain :

- Un produit est stable quand il ne possède plus d'azote assimilable.
- Les produits stables contiennent une quantité non négligeable (15 à 25 mg/L) d'azote non assimilable par les levures qui est dosé par les méthodes kjeldhal,
- Une croissance de levure consomme environ 55 mg/L d'azote assimilable,
- Une défécation consomme de 0 à 20mg/L d'azote assimilable (10mg/L en moyenne),

Grâce à ces références, il est possible de créer différentes catégories de moûts en fonction de leur potentiel nutritionnel exprimé en azote assimilable ou en azote total (tableau 1).

**Tableau 1**

	Azote assimilable du moût dépectinisé débourbé	Azote total du moût dépectinisé débourbé
Classe I	Inf à 55 mg/L	Inf à 65-70 mg/L
Classe II	Compris entre 55 mg/L et 100 mg/L	Sup à 100 mg/L
Classe III	Compris entre 65 mg/L et 110 mg/L	Sup à 110-115 mg/L

**Classe I** : potentiel faible ; pas de réduction de biomasse à prévoir (centrifugation) pour obtenir un produit stable. Attention : une réduction de biomasse peut conduire à un blocage de fermentation

**Classe II** : potentiel moyen ; une réduction de biomasse peut suffire à donner un produit stable.

**Classe III** : potentiel fort ; donc au moins deux réductions de biomasse sont nécessaires pour espérer obtenir un produit stable non pasteurisé.

## Méthode de détermination de la richesse en éléments nutritionnels du moût

L'IFPC a travaillé sur différentes méthodes de dosages du potentiel nutritionnel du moût.

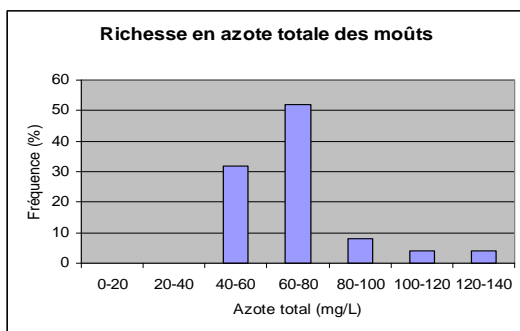
Parmi les techniques à faible coût, deux méthodes sont intéressantes : l'analyse d'azote total par kjeldal et l'analyse de l'azote alpha aminé.

Ces deux méthodes donnent une bonne approximation de la richesse en éléments nutritionnels du moût.

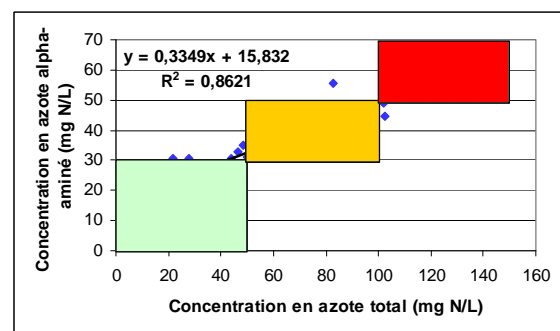
- Le dosage d'azote total est performant mais nécessite un matériel important. Il est donc généralement à faire réaliser par un laboratoire extérieur
- Le dosage par formol-titration (utilisé sur vin) permet à la fois de bien approcher le potentiel nutritionnel du moût ( $R^2=0.84$ ) et nécessite très peu de moyens (réalisable sur site). C'est l'outil qui respecte le mieux le cahier des charges initial de l'étude (rapidité et faible coût) pour l'évaluation des 3 classes de moûts.

Parallèlement, des références en ateliers de transformation ont été collectées sur 75 moûts afin de connaître la répartition de leur richesse initiale en azote total et la correspondance entre azote total et indice formol (graphiques 1 et 2).

**Graphique 1**



**Graphique 2**



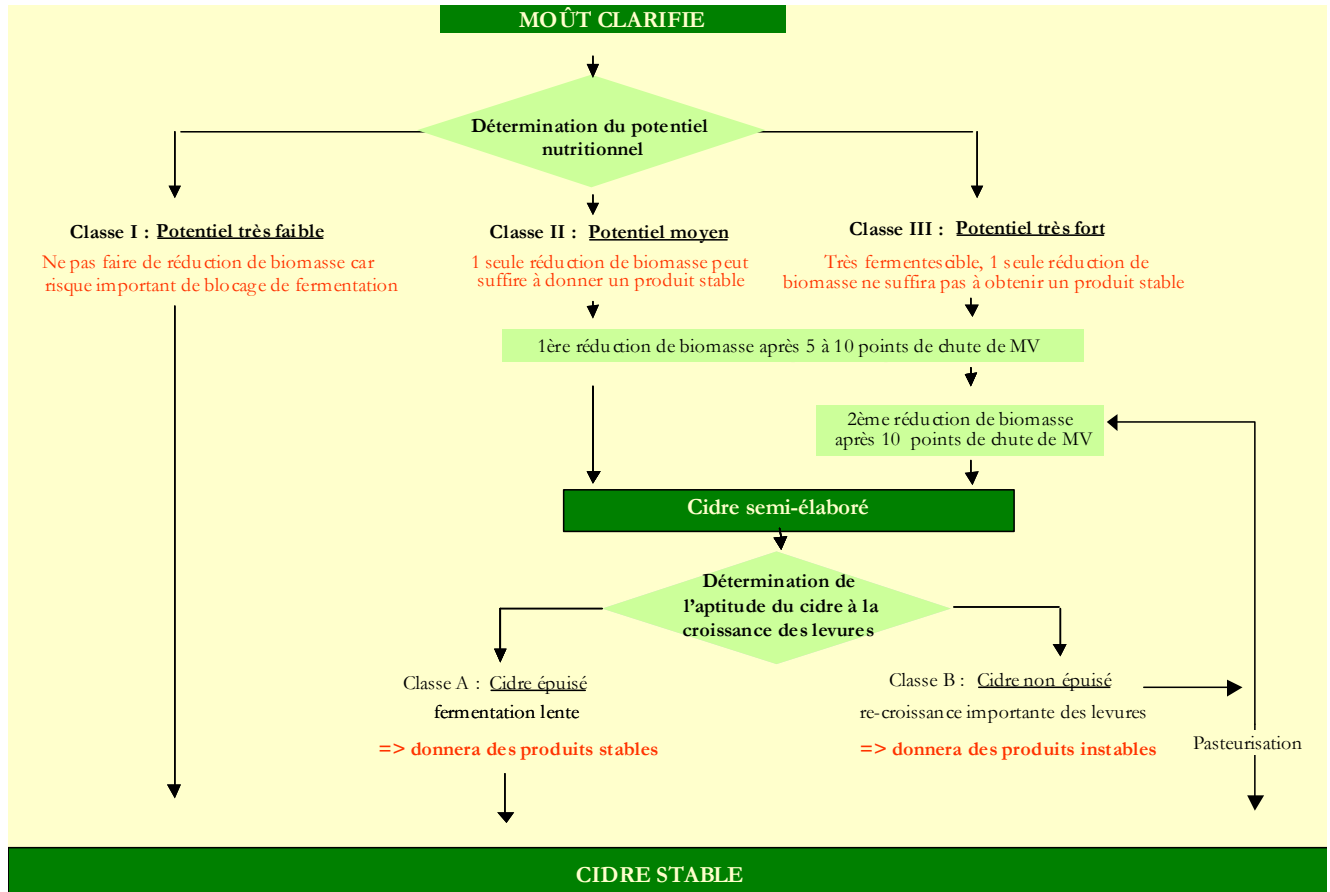
Formol-titration <30 → potentiel faible ; pas de réduction de biomasse à prévoir (azote total du moût inférieur à 50mg/L)

Formol-titration comprise entre 30 et 50 → potentiel moyen ; une réduction de biomasse peut suffire à donner un produit stable (azote total entre 50 et 100mg/L).

Formol-titration >50 → potentiel fort donc au moins deux réductions de biomasse (azote total <100 mg/L)



## Gestion des fermentations



## Libération du produit fini : test de prise de mousse



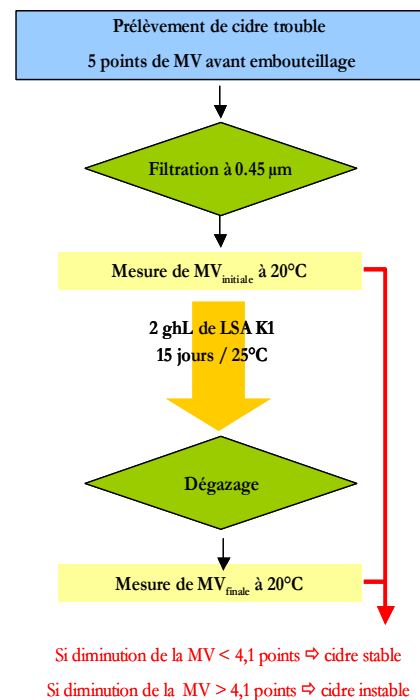
En 2003, 5 tests de prise de mousse différents ont été étudiés en laboratoire sur 70 cidres. Le test sélectionné est basé sur une prise de mousse accélérée à température élevée (15 jours, 25°C).

Le principe du test de prise de mousse est simple. On mesure la masse volumique obtenue avant et après le test. Si la différence est supérieure à une valeur seuil, le produit présente un risque d'instabilité (pression > 3 bars). Dans le cas contraire, le produit ne donnera pas de surpression (pression < 3 bars).

Idéalement, ce test est à réaliser 5 points de masse volumique au-dessus de la masse volumique de mise en bouteille, cela afin de se donner du temps pour la réalisation du test (15 jours).

Ce test a été validé par les conseillers cidricoles en Bretagne et Normandie sur 122 échantillons supplémentaires lors des campagnes 2004 et 2005. Comme lors de l'évaluation en laboratoire, le test au chaud a été comparé à une prise de mousse témoin : 3 mois/15°C.

La comparaison des résultats des tests et des prises de mousse 3 mois à 15°C confirme que le test est capable de détecter avant l'embouteillage les cidres sujets à des sur-gazéifications (> 3 bars). Il permet aussi d'identifier les cidres qui dépasseront 4 bars lors d'un stockage de 6 mois à température ambiante.



L'exploitation statistique des résultats donne une valeur seuil de 4,1 points de chute de masse volumique pour le test. Les résultats sont indiqués dans le [tableau 2](#).

Dans le cas où le test de prise de mousse est positif (i.e. pression prédite > 3 bars), cela signifie que le cidre contient encore assez de matières azotées pour permettre une re-croissance de levure. Une solution est de provoquer une re-croissance de levures en cuve en ensemençant avec des LSA et en apportant de l'oxygène.

Cette nouvelle croissance a pour objectif d'épuiser le cidre en nutriments azotés. Il est conseillé au terme de cette croissance (chute de 5 à 10 point de masse volumique) de refaire un test de prise de mousse au chaud pour s'assurer que le cidre est devenu stable.

Pertinent, mais relativement long à mettre en œuvre (filtration de 250 mL de cidre trouble), il est pratiqué sur les produits à risques (cidres doux...) et sur les grands embouteillages. A la demande des conseillers cidricoles un test miniaturisé basé sur le même principe seul le volume de cidre change (filtration de 60mL au lieu de 250 mL) a été testé par les conseillers cidricoles en 2005 et 2006.

Globalement le test miniaturisé est plus rapide à mettre en œuvre (filtration de 60 mL au lieu de 250 mL) et permet de détecter avec une assez bonne précision les risques de surpression en bouteille. Néanmoins, l'interprétation du résultat du test est sujette à un risque plus important que le test « classique » en 250 mL.

Pour conclure...

Aujourd'hui il est possible de fiabiliser la production de cidre non pasteurisé stable en isolant les produits à risque. Ayant la possibilité d'identifier ces produits à risque, les élaborateurs qui ne disposent pas de voies alternatives pourront néanmoins les mettre en marché en les orientant vers des circuits courts.

Ces travaux ont mis en évidence la relation entre le potentiel nutritionnel du cidre et l'intensité de la re-croissance des levures en bouteille et donc la stabilité des produits. En complément, les études sur les exigences nutritionnelles de *Zymomonas* (agent reconnu de la maladie du framboisé) ont mis en évidence que la maîtrise du potentiel nutritionnel est aussi un moyen efficace de limiter le risque « framboisé ».

**Tableau 2 : Test de prise de mousse**

	Diminution de la MV	< 4.1 points	> 4.1 points
Pression constatée	Pression < 3 bars	90 à 97 %	0 %
	Pression > 3 bars	3 à 10 %	100 %
	Pression > 4 bars	Inf à 0.7 %	
<b>Intervalle de confiance de 95 %</b>			

## Objectif 4

Maîtriser les procédés de transformation



## ➤ Thème 7

# Les altérations organoleptiques

*La réduction des altérations organoleptiques d'origine microbiologique (maladie du framboisé, odeurs animales, piquûres...) est une demande forte des professionnels. Ces altérations peuvent potentiellement toucher une grande quantité de produits et déprécier de façon significative et irrégulière les qualités organoleptiques d'un produit.*

## Démarche de travail

L'ensemble du travail réalisé sur le framboisé est le résultat d'un partenariat entre l'IFPC, l'ADRIA Normandie, l'ARAC et l'Unité de Recherche Cidricole de l'INRA du Rheu. L'ARAC a mis au point un test prédictif d'apparition du framboisé (test PAF) validé statistiquement par l'IFPC. Ce test a permis à l'ADRIA Normandie d'isoler plus facilement et de caractériser une bactérie (*Zymomonas Mobilis*) responsable de la maladie du Framboisé. Enfin, l'IFPC et l'URC INRA ont mis en évidence les conditions technologiques influentes sur le déclenchement de la maladie du framboisé, travaux qui ont abouti à une publication dans une revue scientifique.

Une seconde étude plus globale a été réalisée en partenariat avec les artisans cidriers Bretons. La démarche n'était pas d'étudier les conditions de développement des micro-organismes comme dans le cas du framboisé, mais de limiter les contaminations du produit en travaillant sur l'hygiène et la désinfection des points critiques.

## Résultats

### Le test « PAF »

Ce test permet de prévoir le risque d'apparition de la maladie du framboisé. Il est basé sur un « vieillissement accéléré » au chaud du cidre, ce qui permet de révéler rapidement les produits qui développeront la maladie du framboisé. La prévision du risque permet d'anticiper sur l'apparition du problème en traitant ou réorientant les produits à risque.

Initialement prévu et validé sur les cidres prêts à la mise en bouteille, ce test est aussi utilisé sur des produits en cours de fermentation. Le cidre que l'on désire tester est embouteillé et mis à une température de 25°C pendant 15 jours. A l'issue de la période d'incubation, la présence éventuelle d'un framboisé est détectée par observation et dégustation (trouble, perception d'arômes herbacés caractéristiques), ainsi que par mesure de la pression.

L'évaluation de la pertinence du test PAF (par test statistique du khi 2) donne une excellente liaison (probabilité > 99.99%) entre les résultats du test et les observations en conditions réelles. La fiabilité du test PAF a été évaluée avec un intervalle de confiance de 95 %. Cet intervalle donne la fourchette de probabilité dans laquelle on se trouvera dans 95 % des cas.

Les résultats sont synthétisés ci-dessous :

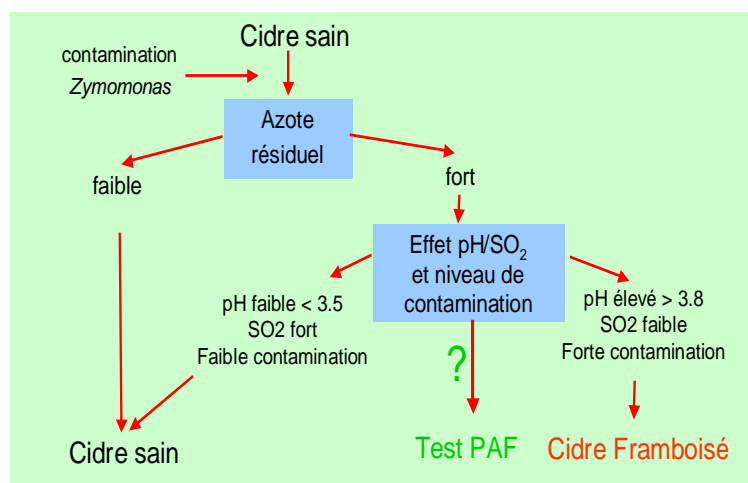
**Le test est positif à 15 j => le cidre va framboiser dans 100 % des cas**

**Le test est négatif à 15 j => le risque de framboisé est compris entre 6 % et 21 %**

## Conditions de développement de la maladie du framboisé

Les observations de terrain (INRA, ARAC, conseillers cidricoles...) avaient, depuis quelques années, permis de formuler des hypothèses sur d'éventuelles relations entre le développement de la maladie du framboisé et certains paramètres du cidre ainsi que certaines opérations. Les résultats acquis en 2002 et 2003 ont permis de confirmer ou d'infirmer certaines de ces hypothèses et de disposer d'éléments pour conduire l'élaboration du produit en évitant les pratiques à risque.

L'ensemble des résultats est synthétisé dans le schéma et le tableau suivants :



Facteur étudié	Effet
TML	Oui, mais uniquement lié à la remontée de pH
pH	Oui, les faibles pH augmentent le temps de latence
Oxygène dissous	Aucun (gamme 0-4mg/L)
SO <sub>2</sub>	Oui, uniquement sur faible population (après filtration) Effet renforcé aux faibles pH
Azote assimilable	Oui, la carence azotée permet d'éviter tout risque

## Les contaminations en microorganismes d'altérations en atelier

Des prélèvements réalisés dans une dizaine d'ateliers sur 2004-2007 ont permis de mettre en évidence sur le plan quantitatif et qualitatif des sources de contamination potentielles. Ce diagnostic a été réalisé sur les matériels (filtre à terre, micro-filtre, centrifugeuse, tuyaux, saturateur, tireuse) et les ambiances d'ateliers (air ambiant, caniveaux). Le choix a été fait de travailler sur les microorganismes liés aux problèmes de phénols volatils (Brettanomyces), piqûre lactique et perte d'acidité (bactéries lactiques). Aucun travail n'a été mené sur le framboisé car les travaux déjà effectués donnent déjà des clés sur les causes favorisant le déclenchement de la maladie.

Ce diagnostic en atelier a permis de mettre en évidence les points suivants :



- La contamination en microorganismes est faible et diffuse dans l'ensemble du matériel utilisé avant l'embouteillage ; Il n'y a pas de point de contamination flagrant dans l'ensemble des ateliers suivis avant cette étape
- Le matériel utilisé lors de l'embouteillage (saturateur / tireuse isobarométrique) est susceptible de contaminer de façon significative les premiers litres passés
- L'ensemble du matériel utilisé montre une contamination en bactéries lactiques et en Brettanomyces. Ces résultats confirment que ces microorganismes sont présents dans tous les ateliers même s'ils ne s'expriment pas dans tous
- Plus généralement, ce diagnostic a permis de mettre en évidence des différences importantes en terme d'efficacité de désinfection et des procédures utilisées
- Les suivis réalisés en cuverie montrent un développement important des flores d'altération dans les ateliers non climatisés lorsque les températures deviennent supérieures à 10-12°C



## Les procédures de nettoyage désinfection

Deux protocoles (procédure « légère » et procédure « complète ») ont été testés chez 4 artisans cidriers sur 2 matériels : le filtre à terre et l'ensemble saturateur/tireuse.

- La procédure « légère » comprend une étape de pré lavage à l'eau. Le matériel est ensuite rempli d'une solution de dioxyde de soufre à 0,20 g/l et acidifié à un pH 2 par l'ajout d'acide phosphorique alimentaire. Le matériel est laissé ainsi jusqu'à l'utilisation suivante, ce qui correspond à un délai d'environ une semaine.
- La procédure « complète » comprend également une étape de pré lavage, suivie d'un nettoyage à l'alcalin chloré (1 %, temps de contact de 30 minutes). Après rinçage de l'alcalin chloré, une désinfection est réalisée par contact pendant 20 minutes d'une solution commerciale à base de peroxyde d'hydrogène (1 %).

Les résultats reprenant les facteurs de division des populations des différents microorganismes sont figurés dans le [tableau 1](#).

**Tableau 1**

	Filtre		Saturateur et tireuse	
	« SO <sub>2</sub> » 1 semaine	Alcalin chloré + peroxyde	« SO <sub>2</sub> » 1 semaine	Alcalin chloré + peroxyde
Brettanomyces	> 1 000	10 à 100	Faible	> 1 000
Bactéries lactiques	> 1 000	> 1 000	Résultats incertains	> 1 000
Levures totales	100	100	Faible	10

La procédure complète est utilisable et donne de meilleurs résultats que les procédures actuellement utilisées par les cidriers (nettoyage-désinfection combiné). La procédure légère, moins performante, permet néanmoins d'éviter toute recontamination.

Pour conclure...

Les travaux 2003-2004 en partenariat avec l'ADRIA Normandie et l'ARAC ont permis d'acquérir des références sur les conditions de développement de l'agent responsable de la maladie. Ces acquis ont permis d'identifier les situations à risque (donc de les éviter), de raisonner les traitements curatifs et d'expliquer des observations de terrain.

Le travail 2004-2007 a mis en évidence une multitude de petites contaminations potentielles au cours de l'élaboration du produit, un problème de contamination important par le matériel de mise en bouteille (critique dans le cas de produits non pasteurisés) et l'influence de la température de cuverie dans le développement de Brettanomyces. Le travail de diagnostic en atelier fait l'objet d'un guide de recommandations (diffusion en 2008).

## Objectif 4

Maîtriser les procédés de transformation



## ➤ Thème 8

# Maîtrise des fermentations en flores mixtes

*La demande professionnelle est de parvenir à maîtriser les procédés de fabrication afin d'une part, de garantir la constance de la qualité des cidres et des autres produits cidricoles et d'autre part, de savoir orienter les fermentations pour renforcer ou créer la diversité.*

*L'équilibre des saveurs d'un cidre est surtout lié à la composition biochimique du moût, c'est à dire aux variétés de fruits mis en œuvre et également aux traitements physico-chimiques que subissent le moût et le cidre. En revanche, les caractéristiques olfactives sont davantage liées aux processus fermentaires. Il est donc essentiel pour le cidrier de savoir diriger les fermentations en choisissant les flores qui se développent et en fixant les conditions fermentaires pour orienter l'action des flores mises en jeu.*

*L'ensemencement initial du moût par un cocktail de 2 souches de levures constitue donc actuellement un véritable verrou pour poursuivre l'amélioration des procédés d'élaboration.*

*L'IFPC travaille sur la thématique des fermentations en flores mixtes depuis 2004.*

## Démarche de travail

Globalement, l'ensemble des essais pilotes réalisés de 2004 à 2006 mettent en évidence que la maîtrise des fermentations en flores mixtes nécessite un travail préalable de compréhension des mécanismes qui conditionnent les interactions entre souches. Ce travail d'acquisition de connaissances est nécessaire pour permettre de maximiser les résultats à obtenir en essais pilotes.

L'IFPC n'ayant ni la compétence, ni les moyens d'engager ces travaux de recherche amont nécessaires, la démarche choisie est d'engager un travail de thèse avec un partenariat associant l'IFPC, l'Unité de Recherche Cidricole de l'INRA du Rheu, mais surtout l'INRA de Montpellier SPO (Sciences Pour l'Oenologie) qui possède des connaissances en microbiologie.

Le projet déposé auprès du CAS DAR est porté par la filière cidricole via l'IFPC et implique aussi la filière vin. Ce travail inter-filière « cidre-vin » était aussi très important pour la filière vin qui cherche à développer les fermentations en flores mixtes pour donner plus de complexité aromatique aux produits.

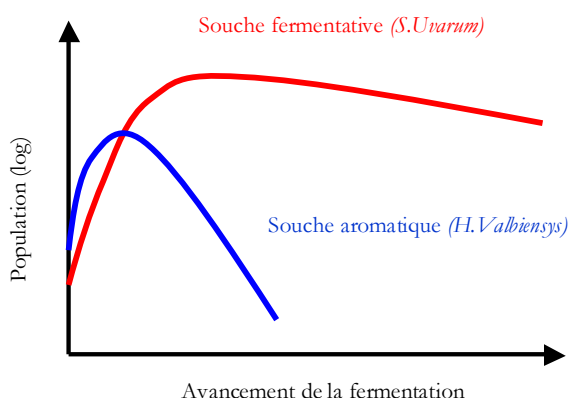
## Résultats

### Intérêt organoleptique des fermentations en souches mixtes

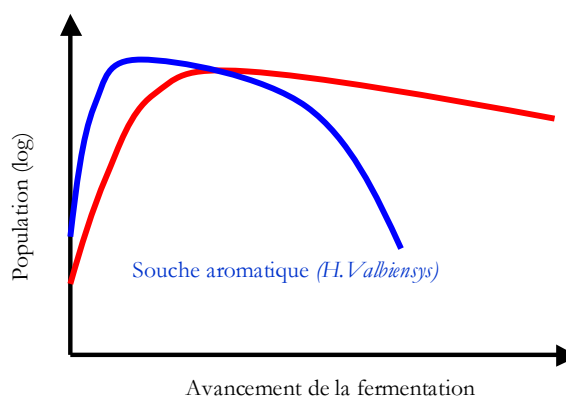
On peut observer assez souvent la succession de flores décrites dans le [graphique 1](#) où la levure qui va réaliser la fermentation (*Saccharomyces uvarum*) prédomine très rapidement dans le milieu.

Expérimentalement, il est possible d'agir sur le temps de rémanence de la souche aromatique (*Hanseniaspora valbiensis*) pour provoquer un effet organoleptique. Dans ce cas, on obtient le [graphique 2](#) où la souche aromatique est présente en quantité importante pendant un temps beaucoup plus long.

**Graphique 1 (IFPC – INRA)**



**Graphique 2 (IFPC –**

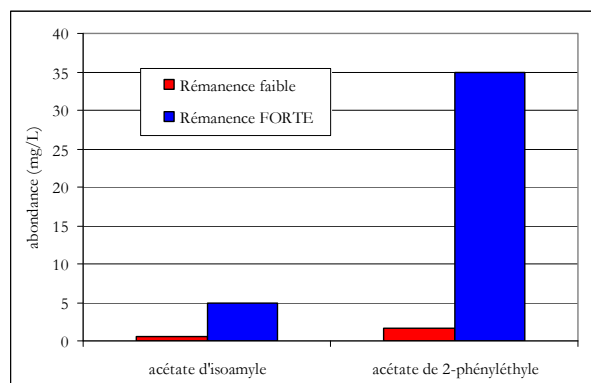


Sur le plan organoleptique, les produits sont très différents. Le produit où *Hanseniaspora* a pu se développer présente des arômes fruités, alors que le produit où *Hanseniaspora* ne s'est pas maintenu est un produit neutre, typique des produits fermentés par *Saccharomyces*.

L'analyse par GC-MS des composés aromatiques marqueurs du fruité (acétate d'isoamyle et acétate de 2-phényléthyle) confirme ces résultats ([graphique 3](#)). Les produits où la rémanence de la souche aromatique est forte sont très riches en composés marqueurs du fruité.

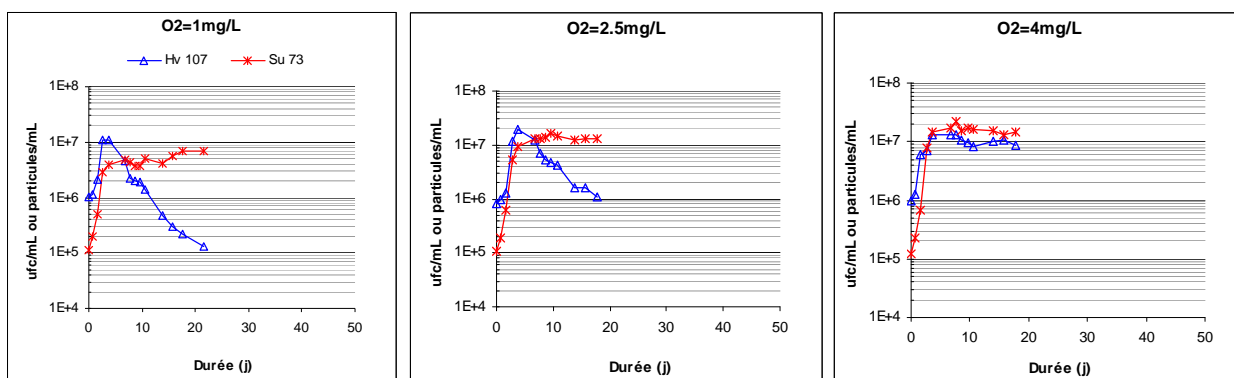
Ces essais montrent qu'il est possible, à partir d'un même moût, d'avoir des cidres différents en utilisant la fermentation en flores mixtes comme outil.

**Graphique 3 – Analyse des composés aromatiques**



### Effet de l'oxygène sur la rémanence de la souche aromatique

Les résultats de suivi microbiologique ([graphiques 4-5-6](#)) montrent que l'apport fractionné d'oxygène permet à la levure aromatique (*Hanseniaspora*) de se développer (courbe bleue) de façon d'autant plus importante que la quantité d'oxygène apportée est importante. Cela se traduit aussi de façon organoleptique.



« Champignon »

Graphique 4

« Fruité »

Graphique 5

« odeur solvant »

Graphique 6

Ce travail sur l'oxygène permet de réaliser des produits bien marqués en pilote. Néanmoins, cette technique est difficilement généralisable à d'autres moûts et des essais sur site. Il est donc nécessaire de trouver une méthode pour contrôler la rémanence de la souche aromatique ; Un travail de recherche sur les conditions de croissance et les interactions entre levures est nécessaire.

## Acquisitions de connaissances sur les souches (depuis 2007 – Projet CasDar)

Les travaux réalisés par l'INRA SPO et l'INRA URC en partenariat avec l'IFPC ont déjà permis d'acquérir certaines connaissances qui sont nécessaires à la compréhension des mécanismes d'interaction entre les deux souches de levures et la caractérisation des conditions de milieu de fermentation :

- Sur la disponibilité en oxygène dans les moûts avec l'effet de l'étape de clarification pré-fermentaire du moût,
- L'effet de la fraction lipidique des bourbes du moût qui permet en l'absence d'oxygène de permettre une croissance de la souche aromatique
- Le métabolisme des stérols

Ces travaux vont se poursuivre dans le cadre de la thèse et de la collaboration UMT cidre (tableau 1) détaillant les différentes phases du projet :

Tableau 1 : Etapes du projet « Maîtrise des fermentations en flores mixtes »

	2007				2008				2009				2010	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	
<b>Acquisition de connaissances sur les flores à utiliser</b>														
Développement des levures, besoins nutritionnels et interactions inter-espèces Métabolisme et production de composés volatils														
<b>Mise en œuvre de fermentations en flores mixtes en contexte techno</b>														
Composition des milieux fermentaires Moûts de pomme / raisin Réalisation de fermentations monflore et flores mixtes au stade pilote														
<b>Mise en œuvre de fermentations en flores mixtes en contexte techno</b>														
Mise en place de levains mixtes sous forme LSA Validation industrielle														

Pour conclure...

Sur cette problématique importante, l'IFPC a su mobiliser des partenaires intra et extra-filières possédant les compétences nécessaires pour faire aboutir le projet.

A l'horizon 2010, la filière cidre pourrait disposer ainsi d'un nouvel outil pour fiabiliser les fermentations tout en conservant l'originalité aromatique cidre.



## ORGANISATION

<b>Président</b>	Yannick KERAUDY - y.keraudy@valderance.com
<b>Directeur</b>	Jean-Marie BIDAULT - jm.bidault@cidre.net
<b>Directeur Technique</b>	Jo PRIMAULT – jo.primault@ifpc.eu
<b>Responsable « Transformation »</b>	Rémi BAUDUIN – remi.bauduin@ifpc.eu
<b>Responsable « Production »</b>	Nathalie DUPONT – nathalie.dupont@ifpc.eu

### Le Conseil d'Administration

<b>Représentants des transformateurs</b> Joël BENOIST <b>Claude BOSSARD (Vice-Président)</b> Thierry CRAMET Xavier DE SAINT POL Jérôme DELILLE <b>François GILLES (Vice-Président)</b> <b>Yannick KERAUDY (Président)</b> Stéphane LEMESLE Jean-François LOREE Magalie STAAL	<b>Représentants des producteurs</b> Eric DORE Jean-Luc DUVAL Bruno FARINE Yves FOURNIER David LETOUSEY <b>Daniel MEANCE (Vice-Président)</b> Thomas PELLETTIER <b>Denis ROULAND (Vice-Président)</b> Guy STEPHAN David TURPIN
<b>Représentant des pépiniéristes</b> Bruno ESSNER	<b>Représentants des salariés</b> Gilles ROLENS Philippe PEUCHOT
<b>Représentant de l'INRA</b> Alain BARON	<b>Représentant de VINIFLHOR</b> Le directeur ou son représentant

### Le Conseil Scientifique

<b>Experts</b> <b>Président : Guy ALBAGNAC (INRA)</b> Violaine ATHES-DUTOUR (INRA) Patrick BOIVIN (IFBM) Patrice DESMAREST Laurence GUERIN (IFV) Jean-Michel LE QUERE (INRA) Yves LESPINASSE (INRA) Jean-Claude MAUGET (INH) Catherine RENARD (INRA) Jean-Marie SABLAYROLLES (INRA) Franziska ZAVAGLI (CTIFL)
<b>Représentants du Conseil d'Administration</b> Daniel MEANCE François GILLES

### Les adresses de l'IFPC

#### Direction et comptabilité

UNICID / IFPC  
123 rue Saint Lazare  
75008 PARIS  
Tél : 01.45.22.24.32  
Fax : 01.45.22.24.85

#### Station Cidricole (Sées)

Station Cidricole (siège social)  
La Rangée Chesnel  
61500 SEES  
Tél : 02.33.27.56.70  
Fax : 02.33.27.49.51



#### Halle technologique (Le Rheu)

Laboratoire Cidricole  
Domaine de la Motte  
35650 LE RHEU  
Tél : 02.99.60.92.84  
Fax : 02.99.60.92.85



## Partenaires financiers



## Partenaires professionnels



## Partenaires Recherche et Développement





## Compte-rendu d'activité

---

Bilan des 5 dernières années

---

Juin 2008



### Siège social :

Station Cidricole • La Rangée Chesnel • 61500 SEES

☎ 02.33.27.56.70 📠 02.33.27.49.51

@ [expe.cidricole@ifpc.eu](mailto:expe.cidricole@ifpc.eu)