

UNIVERSITE DE NANTES
FACULTE DE PHARMACIE

ANNEE 2003

THESE
Pour le
DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN PHARMACIE

Par

Marine DE CROUY-CHANEL ép. DE LA MASSELIERE

Présentée et soutenue publiquement le 7 novembre 2003

DE LA POMME
AU CIDRE

Président : M. Y.F. Pouchus, Professeur de botanique, Faculté de pharmacie, Nantes.

Membres du jury : Mme C. de Laguénne, Maître de Conférence de pharmacognosie,
Faculté de pharmacie, Nantes, Directeur de la thèse.

M. O. Dedeystère, Docteur en pharmacie, Laboratoire Schering,
Gif-sur-Yvette.

Mes premiers remerciements vont vers Madame de Laguerenne, directrice de cette thèse, qui m'a encadrée et soutenue, en me faisant partager son savoir et son enthousiasme. Je la remercie de la confiance qu'elle m'a témoignée ainsi que de sa grande disponibilité.

Merci à monsieur Pouchus de s'être intéressé au sujet et d'avoir bien voulu présider ce jury.

Je remercie également monsieur olivier Dedeystère d'avoir accepté de juger ce travail ainsi que de m'avoir donné ses conseils avisés.

Merci à mes parents de m'avoir permis de faire ces études et de m'avoir soutenu et encourager tout au long de ces années.

Je remercie mon mari, François, pour sa présence et son aide dans l'élaboration de cette thèse.

<u>CHAPITRE I : LA POMME</u>	6
<u>I-1</u> <u>SYMBOLIQUE DE LA POMME</u>	7
<u>I-2</u> <u>HISTOIRE</u>	9
<u>I-2.1</u> <u>La pomme et la rose</u>	9
<u>I-2.2</u> <u>L'apparition de la pomme</u>	10
<u>I-2.3</u> <u>La diffusion de la culture du pommier</u>	10
<u>I-3</u> <u>BOTANIQUE</u>	13
<u>I-3.1</u> <u>Classification botanique</u>	13
<u>I-3.2</u> <u>Caractères botaniques</u>	14
<u>I-3.3</u> <u>La pomme à cidre</u>	17
<u>CHAPITRE II :LE CIDRE</u>	26
<u>II-1</u> <u>HISTOIRE DU CIDRE</u>	27
<u>II-2</u> <u>PRINCIPES D'ELABORATION</u>	29
<u>II-2.1</u> <u>Principe d'élaboration générale</u>	30
<u>II-2.2</u> <u>Principe d'élaboration artisanale</u>	31
<u>II-2.3</u> <u>Principe d'élaboration industrielle</u>	32
<u>II-3</u> <u>LA FABRICATION</u>	33
<u>II-3.1</u> <u>Le brassage des pommes</u>	33
<u>II-3.2</u> <u>La composition chimique du moût</u>	38
<u>II-3.3</u> <u>La préfermentation : la clarification du moût</u>	47
<u>II-3.4</u> <u>La fermentation du cidre</u>	57
<u>II-4</u> <u>LA CONSERVATION DU CIDRE</u>	73
<u>II-4.1</u> <u>Conservation en fût</u>	73
<u>II-4.2</u> <u>Mise en bouteille</u>	74
<u>II-5</u> <u>L'ANALYSE DES CIDRES</u>	75
<u>II-5.1</u> <u>La densité</u>	75
<u>II-5.2</u> <u>L'extrait sec</u>	77
<u>II-5.3</u> <u>Les sucres totaux</u>	77
<u>II-5.4</u> <u>Le titre alcoolique</u>	78
<u>II-5.5</u> <u>La mesure des acidités</u>	80
<u>II-5.6</u> <u>L'anhydride sulfureux</u>	80
<u>II-5.7</u> <u>L'aldehyde éthylique = éthanal</u>	81
<u>II-5.8</u> <u>Les matières minérales</u>	81
<u>II-5.9</u> <u>Le fer total</u>	82
<u>II-5.10</u> <u>Chromatographie des acides organiques</u>	83
<u>II-5.11</u> <u>Le méthanol</u>	84
<u>II-5.12</u> <u>Les alcools supérieurs</u>	85
<u>II-5.13</u> <u>Les acides volatils</u>	85
<u>II-5.14</u> <u>Les polyols</u>	86
<u>II-5.15</u> <u>Les matières tannoïdes</u>	86
<u>II-5.16</u> <u>Les gommés</u>	86
<u>II-6</u> <u>REGLEMENTATION ET QUALITE</u>	87
<u>II-6.1</u> <u>Reglementation</u>	87
<u>II-6.2</u> <u>Qualité</u>	90

<u>II-7</u>	<u>ALTERATIONS DU CIDRE</u>	91
<u>II-7.1</u>	<u>Les altérations physico-chimiques</u>	91
<u>II-7.2</u>	<u>Les altérations d'origine microbienne</u>	93
	<u>CHAPITRE III :LES PROPRIETES MEDICINALES</u>	98
<u>III-1</u>	<u>INTÉRÊTS ALIMENTAIRES</u>	99
<u>III-1.1</u>	<u>Apports</u>	99
<u>III-1.2</u>	<u>Importance dans l'équilibre alimentaire</u>	100
<u>III-1.3</u>	<u>Valeur hydratante</u>	100
<u>III-1.4</u>	<u>Valeur énergétique</u>	101
<u>III-1.5</u>	<u>Valeur alcalinisante</u>	101
<u>III-1.6</u>	<u>Importance biologique des vitamines</u>	102
<u>III-1.7</u>	<u>Le rôle biologique des sels minéraux</u>	107
<u>III-1.8</u>	<u>Importance biologique des oligo-éléments de la pomme</u>	108
<u>III-2</u>	<u>INTÉRÊTS THÉRAPEUTIQUES</u>	110
<u>III-2.1</u>	<u>Carie dentaire</u>	110
<u>III-2.2</u>	<u>Effets sur la digestion</u>	111
<u>III-2.3</u>	<u>Effets sur le rein</u>	114
<u>III-2.4</u>	<u>Etats asthéniques</u>	114
<u>III-2.5</u>	<u>Insomnie</u>	115
<u>III-2.6</u>	<u>Obésité et cellulite</u>	115
<u>III-2.7</u>	<u>Pollution et intoxication</u>	116
<u>III-2.8</u>	<u>Spasmophilie</u>	116
<u>III-2.9</u>	<u>Athérosclérose</u>	116
<u>III-2.10</u>	<u>Brûlures et vergetures</u>	117

INTRODUCTION

Le cidre est une boisson alcoolisée provenant de la fermentation d'un jus de pomme. Même si le principe général de la fabrication du cidre est connu, de nombreuses incertitudes demeurent pour une parfaite maîtrise de la production.

D'Hippocrate qui vantait déjà les bienfaits du vin de pommes à Jacques Prévert, un fidèle consommateur, le cidre a toujours eu de nombreux admirateurs. Au Moyen-Age, il est la boisson des rois, des princes et des guerriers. Ses propriétés énergétiques et antiscorbutiques ont également fait du cidre la boisson de prédilection des marins, pirates et corsaires. Plus tard, Gustave Flaubert, célèbre normand lui aussi, ne peut s'empêcher de louer l'un de ses breuvages favoris, "*le cidre doux en bouteilles poussait sa mousse épaisse autour des bouchons*".

Aujourd'hui, de nouveaux facteurs modifient les comportements alimentaires et jouent en faveur du cidre. En effet, la consommation d'alcool régresse ostensiblement pour laisser place aux boissons faiblement alcoolisées. Le cidre s'inscrit parfaitement dans cette tendance et est tout à fait adapté à une consommation régulière. De plus, les qualités du cidre sont incontestables, car il apporte à l'organisme certains éléments indispensables à son organisme: eau, fructose, sels minéraux, vitamines B et C, oligo-éléments... Autant d'atouts qui font du cidre une boisson en complet accord avec les nouvelles conduites des consommateurs vantant produit de qualité, nature et diététique.

Après avoir vécu une quinzaine d'années en pays normand à Rouen, j'ai voulu traiter un sujet qui est en rapport avec cette région. C'est pourquoi, j'ai choisi de développer la fabrication du cidre après avoir rappelé la symbolique, l'origine et les caractères des pommes. Pharmacien, je tenais à préciser, en dernière partie, les intérêts aussi bien alimentaires que thérapeutiques du cidre et des pommes.

CHAPITRE I : LA POMME

I-1 SYMBOLIQUE DE LA POMME

(18.20.24.29.31)

La pomme et le pommier sont d'une richesse symbolique extraordinaire. On impute à ce fruit le très fameux désastre qu'appela la gourmandise d'Adam et Eve, réputés impénitents croqueurs de pommes. En fait règne ici une ambiguïté fondamentale : jamais la Bible n'a parlé de pomme en ce qui concerne le fruit de l'arbre de la connaissance du bien et du mal ; simplement dans sa traduction latine, fruit se traduit par *pomum*, ce qui, par glissement sémantique, est devenu « pomme » ; car, en latin, pomme se dit *malum*, d'où, par un autre glissement sémantique, l'idée que cet arbre portait le mal ! Il y avait en fait au jardin d'Eden deux arbres nommément désignés par Dieu : l'arbre de vie, dont le fruit conférait l'immortalité, et l'arbre de la connaissance du bien et du mal, dont le fruit induisait la peine, la souffrance et la mort.

L'arbre de vie symbolise la connaissance intuitive, celle de l'enfant et du poète. Celui de la science du bien et du mal représente la connaissance déductive, celle du savant prométhéen, qui provoque la chute. Selon l'abbé Bertrand, le symbolisme de la pomme lui viendrait de ce qu'elle contient en son milieu, formé par les alvéoles qui renferment les pépins, une étoile à cinq branches : le « pentagramme » (ou pentacle), symbole favori des pythagoriciens. Le pentagramme exprime une puissance faite de la synthèse de forces complémentaires. C'est pour cette raison que les initiés auraient fait de la pomme le fruit de la connaissance et de la liberté : manger la pomme signifierait donc pour eux « abuser de son intelligence pour connaître le mal, de sa sensibilité pour le désirer, de sa liberté pour le faire... ». Mais, comme toujours, les symboles sont réversibles. Le fait que le pentagramme, symbole de l'homme esprit, soit niché à l'intérieur de la chair de la pomme, symbolise aussi l'évolution de l'esprit dans la matière charnelle. Bref, la pomme donne à connaître à l'homme deux directions : l'une entraîne vers une vie purement matérielle par une sorte de régression (c'est « croquer la pomme ») ; l'autre, vers une vie spirituelle qui va dans le sens de l'évolution progressive. A chacun de choisir : soit la voie des plaisirs terrestres, soit celle de la spiritualité. La pomme serait le symbole de cette connaissance de l'alternative et de la nécessité de choisir.

Si les traditions populaires du Haut-Moyen-Age ont jeté leur dévolu sur la pomme pour en faire le fruit d'Eve et d'Adam, elles en donnent pour témoignage la saillie que fait chez l'homme le premier cartilage du larynx. Séduite par l'aspect engageant de la pomme, Eve la mangea, ne laissant à Adam que le trognon : c'est ce trognon qui lui resta en travers de la gorge, formant ce qu'on appelle la pomme d'Adam.

Avant l'invasion romaine, les Gaulois avaient baptisé la pomme *aval* : Avallon est donc la ville des pommes. Mais les Anciens situaient la ville des pommes non pas dans le Morvan, mais sur une île de la Baltique d'où Apollon, dieu grec importé du Nord, était aussi originaire. C'est là que vivaient les fameux hyperboréens, ces mystérieux peuples septentrionaux qui intriguaient tant la Grèce antique. La fameuse ville d'Avallon, chère à la mythologie celtique, n'est autre, en fait, que le royaume des morts peuplé de pommiers celtes, où vivent toujours l'Enchanteur Merlin et le roi Arthur, qui viendra un jour délivrer les Bretons... Ainsi le veulent les antiques traditions celtiques : la pomme semble avoir été considérée ici comme un élixir de jeunesse, sinon d'éternité.

On lit dans le Cantique des Cantiques cet hymne de la bien-aimé à son amant : « une pomme entre les baies des arbres de la forêt, tel est mon bien-aimé parmi les jeunes gens. En mon désir, je m'étends à son ombre. Son fruit est suave à mon palais. Il m'a menée à son festin et couverte de son amour comme d'un étendard. Restaurez-moi de gâteaux et de raisins, ranimez-moi avec des pommes, je suis malade et c'est d'amour... ». Toujours dans la Bible, le Livre de Joël s'ouvre sur les méfaits d'une nuée de sauterelles : « c'en est fait de la vigne et du figuier, du grenadier et du palmier, du pommier et des autres arbres dans les champs desséchés. La gaieté s'est retirée de chez les humains ».

On notera que la pomme –et la poire encore d'avantage- évoque vaguement un cœur. Qu'Eros y décoche une flèche et voici qu'apparaît le traditionnel symbole de l'amour sculpté dans l'écorce des arbres par les amoureux transis. Amour sempiternel quand ce doux graffiti s'accompagne de formules richement inspirées comme le très prosaïque « A Lili pour la vie ».

Mais regagnons vite les sommets. Là, la pomme ronde symbolise par sa forme la Terre. La détenir c'est posséder le pouvoir. Aussi vit-on les empereurs chrétiens d'Orient, puis Charlemagne, la tenir en main, surmontée d'une croix, jusqu'à ce que les Turcs emportent et l'empereur et la pomme et la croix... Dieu merci, Napoléon vint et restaura, le temps de l'immortaliser par quelques peintures célèbres, le globe sacré, symbole de l'Empire.

Reste la mythologie grecque qui, concernant le symbolisme de la pomme, est littéralement intarissable. A commencer par les fameuses pommes d'or du jardin des Hespérides. Les Hespérides sont les nymphes qui peuplent un verger que la tradition situe à l'Extrême-Occident : Maroc, Mauritanie, Canaries, Portugal ? En tout cas au-delà des Colonnes d'Hercule (Gibraltar). Elles ont pour mission de veiller, avec l'aide d'un dragon aux cent têtes, sur le verger des dieux où pousse l'arbre aux pommes d'or. Celles-ci appartiennent à la déesse Héra et passent pour procurer l'immortalité à ceux qui les détiennent. Pour l'accomplissement de son onzième anniversaire, Hercule dû aller quérir ces pommes réputées. Après un voyage mouvementé vers le jardin des Hespérides, les traditions divergent. Selon les unes, Hercule amena par la ruse le géant Atlas, qui soutenait les colonnes du ciel à l'Extrême-Occident, à les voler à sa place. Hercule lui aurait proposé de porter lui-même le ciel cependant qu'Atlas se rendrait jusqu'au verger. Heureux de se reposer quelques instants, le géant accepta et partit à la recherche de ces fameuses pommes que les Hespérides lui confèrent sans difficulté. Mais, à son retour, il refusa de reprendre son fardeau. Hercule fit mine d'accepter, mais demanda à Atlas de tenir le ciel simplement un instant, le temps pour lui de prendre un coussin et de le poser sous sa nuque. Tandis que le géant s'exécutait, Hercule prit les pommes et s'enfuit. Grâce à ces fruits d'immortalité, il réussit avec succès sa douzième et dernière épreuve : descendre aux Enfers et en remonter vivant. Pour d'autres traditions récentes, Hercule se serait lui-même emparé des pommes après avoir tué le dragon Lagon ; il les offrit ensuite à la déesse Athéna qui l'avait protégé à plusieurs reprises au cours de sa route. Mais, prudente, celle-ci les fit rapporter au jardin des Hespérides.

On a pu voir dans ce symbole d'immortalité des oranges ; mais il s'agit là d'une grossière erreur chronologique, les agrumes n'ayant atteint le Bassin Méditerranéen qu'à l'ère chrétienne. On penche aujourd'hui pour des coings.

En fait des pommes d'or, la mythologie grecque est loin d'en rester là. Pâris, fils de Priam, roi de Troie, était un jeune homme d'une grande beauté qui vivait sur le mont Ida

où il gardait les troupeaux. Il rencontra un jour trois déesses, Héra, Athéna et Aphrodite, lesquelles se disputaient une pomme d'or qu'une autre déesse, Eris, la Discorde, avait jetée parmi la foule des dieux lors des noces de Téthys et Pelée. Cette pomme d'or portait l'inscription « à la plus belle ». Or chacune des trois déesses prétendait la mériter. Sur le conseil de Zeus, elles se rendirent sur le mont Ida pour s'en remettre au jugement de Pâris. Chaque déesse lui fit des promesses mirifiques : Héra lui offrit l'empire de la Terre entière, Athéna la sagesse et la victoire dans tous les combats qu'il livrerait, Aphrodite l'amour de la plus belle femme du monde. Pâris accorda la pomme à Aphrodite, s'attirant du même coup le courroux des deux autres. Mais Aphrodite tint sa promesse et précipita le jeune homme dans les bras d'Hélène, épouse du roi de Sparte Ménélas; et les jeunes gens connurent un amour éperdu. Les frères et sœurs de Pâris exigèrent qu'il rendît Hélène à Ménélas, mais il ne voulut rien savoir. Finalement, les Grecs, commandés par Agamemnon, frère de Ménélas, réunirent une immense armée et vinrent mettre le siège devant Troie ; celui-ci se termina par la ruine de la ville et de la lignée de Priam. Le récit d'Homère, *l'Iliade*, commence au début de la dixième et dernière année du siège de Troie...

I-2 HISTOIRE

(3.4.11.16.17.18.20)

I-2.1 LA POMME ET LA ROSE

L'aïeule de la pomme fut à l'origine une belle petite rose blanche à 5 pétales. Le pommier fait donc partie de la vaste famille des Rosacées. Il y a 80 millions d'années, les ancêtres des pommiers fleurissaient déjà sur la terre, alors qu'apparaissent les premières plantes à fleurs. Leurs vestiges, fossilisés sur des fragments de tourbe, ont pu être retrouvés par les paléo botanistes. En comparant des photographies de pollen de pomme et de pollen de rose prises au microscope électronique à balayage, on observe des similitudes importantes. Seuls des chercheurs chevronnés feront la différence, car le grossissement soixante-dix mille fois, qui laisse entrevoir sur une coupe les capillaires, ne permet pas de distinguer les variétés. Toute classification rassemblant ce qui est semblable pour l'opposer à ce qui diverge, la pomme est donc rangée dans la famille des Rosacées. Les Rosacées comprennent les roses qui donnent leur nom à cette famille des plantes aussi différentes que l'aubépine, la ronce, l'églantier, le prunier...elles englobent également les Pomoïdées qui incluent le genre *Malus*, lui-même comprenant 25 espèces botaniques.

Au début de l'ère tertiaire, un climat tempéré régnait sur une grande partie de l'Eurasie, pendant que l'Amérique s'éloignait et que l'Atlantique s'élargissait. Les premiers pommiers, les Maloïdées, profitaient du retrait de la mer pour se développer, transformant leur taille de plante en arbuste, semblable aux églantiers actuels, quoique plus petites. Seuls des restes fossiles permettraient de le confirmer. Malheureusement, on ne dispose pratiquement d'aucun fossile de fleur : la fleur étant fragile, ses restes ne se conservent pas. Seules subsistent les grains de pollen dont les épaisses parois, souvent rugueuses, permettent le vol ou le transport à longue distance. Leurs fruits étaient encore minuscules et même toxiques.

Si on classe le pommier aujourd'hui parmi les Rosacées la nature ne l'avait cependant pas créé tel que nous le connaissons. Notre pommier est, en réalité, un croisement entre **le prunier et la reine-des-prés**. En effet, le patrimoine génétique de la pomme possède 17 paires de chromosomes, dont neuf semblent provenir de la reine-des-prés et huit du prunier. Le prunier aurait apporté son réceptacle floral en coupe profonde et la reine-des-prés ses cinq ovaires.

A l'époque, les pommes étaient toutes petites, bien plus minuscules encore que celles de nos actuels pommiers sauvages. **Et elles diffèrent sensiblement du fruit du rosier**. Chez ce dernier, le réceptacle en urne profonde, au sommet duquel sont fixés les sépales, les pétales et les étamines, gonfle à la fructification et se colore souvent en rouge; à l'intérieur, chaque ovaire donne un petit fruit sec et piquant surmonté d'un style allongé, l'ensemble formant le cynorrhodon. Chez le pommier, au contraire, le réceptacle de la fleur, également en urne profonde, noie dans ses tissus gonflés les cinq ovaires; pendant la fructification il se transforme et devient la chair du fruit, cependant que les parois des ovaires subissent la même évolution, sauf la paroi interne qui durcit et devient scarieuse (en botanique, on entend par ce mot un tissu lisse, luisant, cartilagineux et parcheminé).

I-2.2 L'APPARITION DE LA POMME

La pomme que nous connaissons actuellement apparaît seulement il y a environ **deux millions d'années**. Ce qui, le hasard faisant bien les choses, correspond à peu près à l'apparition de l'homme.

Il semblerait que la première pomme soit apparue dans un triangle situé au Nord-Ouest de l'Inde, qui va du Sud du Caucase à la mer Caspienne et à la Mer Noire, donc en Turquie, au Turkestan et en Iran.

I-2.3 LA DIFFUSION DE LA CULTURE DU POMMIER

3-1 Au néolithique

A l'époque de la néolithisation, quand l'homme commence à se sédentariser et accéder à l'agriculture semi-nomade ainsi qu'à l'élevage, notre société occidentale doit presque tout au Moyen-Orient dont la civilisation s'est développée et a accompli sa transformation entre cinq et deux millénaires avant notre ère. Il s'y est donc élaboré des **techniques agricoles et horticoles qui ont permis de multiplier les variétés**. Les connaissances sur la pomme et les techniques ont été transmises grâce aux grands courants de migration et aux voies d'échange entre les groupes sociaux. Ainsi, les **premières migrations** venant de l'Est, bien avant l'avènement de l'ère chrétienne, sont

donc probablement à l'origine des transplantations de pommiers dans notre vieille Europe. Le bassin méditerranéen est également pour beaucoup dans cette diffusion. En effet, les premiers pommiers à fruits, partis de l'Asie centrale, se sont acclimatés tout au long du voyage en Egypte, en Grèce et en Italie, en passant par l'Asie Mineure. Notons que la culture du pommier à fleurs est cependant déjà connue en Asie orientale depuis fort longtemps.

3-2 Au temps des pharaons

Si le climat égyptien ne permet pas, à cause de sa rudesse, une grande diffusion du fruit, les pharaons Ramsès II et Ramsès III lui accordent cependant toute leur attention et **favorisent le développement de sa culture dans le delta du Nil**, dont on connaît la fertilité des terres. Les Hébreux y découvrent probablement la pomme lors de leur captivité. C'est sans doute ainsi que le fruit apparaît en Palestine.

Au VIII^e siècle avant notre ère, Hésiode, poète grec, rédige une thèse sur l'art de la greffe et les variétés de pommes. Au VII^e siècle avant J.C., la fondation de Marseille par les Grecs est sans doute un des points de départ de l'implantation du pommier dans le Sud de la France. Les chercheurs sont en mesure d'affirmer que la Grèce disposait déjà d'au moins six variétés de pommes trois siècles avant J.C.

3-3 Au temps des Romains

Les Romains introduisent la pomme dans **leurs pépinières d'arbres fruitiers**. C'est aussi l'occasion pour les hommes célèbres de voir leur nom attribué à une variété de pomme.

La pomme d'Api quant à elle serait sans doute d'origine grecque. C'est probablement Appius Claudius qui, la rapportant du Péloponnèse, lui donna son nom.

Les Romains n'hésitent pas à **s'approprier les techniques et les connaissances des pays conquis** et ainsi, amèneront avec eux la trentaine de variétés qu'ils connaissent. Ainsi, vers le I^{er} siècle, ils importeront en Gaule sinon la pomme elle-même, du moins les variétés qu'ils cultivent déjà. Le nom celte de la pomme, *mel* ou *mâl*, dérive sans doute de *malum*, « pomme » en latin. En Normandie, la pomme trouve un terrain favorable à son développement ; la pomme à cidre y trouvera son berceau.

3-4 Du V^e au X^e siècle

Au V^e siècle, **la loi salique** prévoyait des dispositions concernant les arbres fruitiers et des punitions pour tous ceux qui abîmeraient ces plantations. Au VI^e siècle, il est mentionné le cidre, qui à cette époque passait plutôt pour une boisson de pénitence car son goût était âcre (les pommes utilisées étaient-elles acides, ou bien ne savait-on pas encore faire du bon cidre ?).

Au IX^e siècle, la pomme est mentionnée dans le royaume de Louis II le Germanique. Charlemagne recommandait à ses intendants de faire des plantations d'arbres fruitiers ; le métier de brasseur de cidre est cité dans les capitulaires.

Avant de s'acclimater en Normandie, en Bretagne, au Pays de Galles, les pommiers à cidre sont probablement venus d'Espagne par l'intermédiaire des ports. Au Moyen Age, les moines prennent une part active au développement agricole du pays.

3-5 Du X^e au XV^e siècle

Sainte Hildegarde, **au XII^e siècle**, mentionne les bienfaits de la pomme.

Du X^e au XIV^e siècle, les moines déboisent, défrichent, cultivent, érigent des villes nouvelles et élaborent des techniques agricoles et arboricoles. Ainsi, les monastères développent l'importation et le greffage de la pomme, dont ils ont presque l'exclusivité. Des grands seigneurs les imiteront, qui posséderont leurs propres vergers et tenteront également divers greffages. Mais, les moines, continuant l'arrachage et l'aménagement des forêts, contribuent ainsi malheureusement à **la raréfaction de la pomme sauvage**. Pendant la guerre de Cent Ans, les Français introduisent des pommiers en Angleterre.

3-6 Du XV^e au XIX^e siècle

Au XVI^e siècle, les vignobles disparaissent de Normandie au profit du pommier dont la culture va se généraliser dans toute la région. On remarque que la longévité des pommiers diminue et que les pommes sont de moins en moins belles. En 1530, Charles Estienne cite quinze variétés de pommes. En 1588, Julien Le Paulmier publie un traité dont le but essentiel est de faire connaître le cidre comme une boisson hygiénique.

Au XVII^e siècle, l'Angleterre voit les premières reinettes arriver sur son sol. En 1600, Olivier de Serres publie une œuvre où il nomme trente-deux variétés de pommes. En 1628, Le Lectier décrit à son tour trente-cinq variétés de pommes. C'est également à cette époque que Guillaume Dursus contribue à l'amélioration des pommiers et de la fabrication du cidre. En 1651, Nicolas de Bonnefons décrit quatre-vingt-huit variétés de pommes.

En 1690, Jean de La Quintinie, horticulteur et directeur des jardins du roi, contribue à répandre la culture du pommier. Il favorisera les essais sur greffe des pommiers doucins et paradis afin d'obtenir des pommiers en espaliers et en cordons pour les jardins. Suivant l'exemple du Roi Soleil, les seigneurs, souhaitant que leurs fruits puissent rivaliser avec ceux de la Cour, s'empressent d'expérimenter à leur tour de nouvelles greffes et contribuent ainsi à l'amélioration des variétés existantes. Ils préfigurent ainsi le développement de ce que l'on appelle aujourd'hui les clos bourgeois du **XIX^e siècle**.

La pomme continuera ses tribulations de pays en pays, de continent en continent. Ainsi, les colons anglais du Nouveau Monde émigrent avec des plants qu'ils développeront sur le sol américain. Dans le même temps, les colons français plantent des pommiers à cidre le long des rives du fleuve Saint-Laurent. Le fameux Peter Stuyvesant se vantait d'avoir été le premier à planter un pommier américain à la Nouvelle-Amsterdam. Mais, il est vraisemblable que les pommiers existaient déjà à l'état sauvage sur le continent américain et donnaient de petits fruits peu comestibles.

3-7 Aujourd'hui

De nos jours, le pommier est **répandu** sur toute la planète où le sol et le climat lui permettent de pousser avec plus ou moins de bonheur. En France, on connaît surtout des pommes produites de manière intensive, semi-industrielle, dont l'origine est parfois étrangère. Cette origine est américaine, anglaise, australienne. Ces pommes mènent la vie dure aux fruits traditionnels de nos vergers dont on peut dénombrer de mille à deux-mille variétés ou plus pour certains.

I-3 BOTANIQUE

(3.8.10.11.16.17.20.21.23.30)

I-3.1 CLASSIFICATION BOTANIQUE

Malum signifie, en latin, « pomme ». primitivement, *malum* désignait un fruit à pépins ou noyau, de forme plus ou moins arrondie, et poussant sur un arbre –ce qui inclut la pomme, la pêche, l'abricot, le coing...

Le grec *málon*, peut-être de source caucasienne, est à l'origine du nom de la pomme en latin. En dehors de notre petite Europe Romane, la pomme avait un nom indo-européen, *abol*, qui désignait peut-être des formes sauvages ou des cultivars primitifs. *Abol* donne les formes germaniques : *apple* en Anglais, *Apfel* en Allemand. Dans les langues celtes, nous retrouvons le breton *aval*.

Le nom de Caius Matius, qui s'était distingué au Ier siècle avant J.C., par son traité d'agriculture, est resté attaché à une pomme que cite Pline, la *malum matianum*. On peut penser qu'elle était savoureuse puisqu'elle a été introduite dans la péninsule Ibérique avec grand succès, donnant son nom à la pomme : *manzana* en Espagnol.

Le pommier fait partie de la classe des Dicotylédones, dans la sous-classe des Rosidées, ordre des Rosales, famille des Rosaceae, tribu des Pomoïdes, genre *Malus*. Il existe de nombreuses espèces et de variétés mais deux types génétiques sont à l'origine de toutes nos variétés : *Malus communis Lamk* et *Malus pumila Mil.*

Il existe des critères qui permettent de définir chaque variété pour leur classement. Les dictionnaires pomologiques retiennent :

- ❑ La taille et la forme du fruit
- ❑ L'épiderme
 - Lisse ou rugueux
 - Sa couleur
 - La présence de lenticelles
- ❑ Le pédoncule et sa cuvette
- ❑ L'œil et sa cuvette
- ❑ Les pépins et leurs loges
- ❑ La chair

Cependant la pomme possède des caractères botaniques constants

I-3.2 CARACTERES BOTANIQUES

Le pommier est un arbre de dix à douze mètres de haut. Les feuilles sont alternes, stipulées et caduques. Les fleurs sont disposées en corymbe terminal. Le calice est à cinq sépales duveteux, marcescents, blanchâtres, soudés ensemble et compose l'œil du fruit. La corolle caduque est à cinq pétales blancs rosés. Il y a vingt étamines à anthères blanchâtres réparties en trois verticilles dont le dernier est dédoublé. Le pistil ou gynécée infère possède cinq carpelles. Le fruit ou la pomme est une drupe. La pomme comprend la pulpe, la peau et les pépins. Selon les variétés ces trois parties varient dans les proportions suivantes :

- ❑ Pulpe : 95,7 à 97,95 %
- ❑ Peau : 4,0 à 2,0 %
- ❑ Pépins : 0,3 à 0,05 %

Cette drupe se compose :

- ❑ **D'un endocarpe cartilagineux** formé de cinq noyaux constitués par les assises cellulaires dérivant de l'épiderme interne des carpelles. Chacun renferme deux graines aplaties et noirâtres dont les téguments entourent un embryon charnu sans albumen.
- ❑ **D'un mésocarpe** (ou pulpe ou chair) comprenant
 - Une partie extérieure charnue provenant du réceptacle floral.
 - Une partie interne correspondant à la paroi des carpelles devenus concrescents entre eux.
 - Il est composé de substances solubles qui forment le jus et de substances insolubles qui sont principalement de l'amidon, de la cellulose, de matières albuminoïdes, etc...
- ❑ **D'un épicarpe** (ou peau) résultant de la transformation de l'épiderme externe du carpelle en trois assises cellulaires. Ces cellules sont recouvertes extérieurement par une cuticule avec enduit cireux. Elles contiennent un liquide granuleux qui contribue à donner au fruit son parfum.
- ❑ **De pépins**. Ils comprennent deux parties : le tégument et l'amande. L'amande renferme une huile fixe, l'essence d'amande amère renfermant de l'acide cyanhydrique. Seuls les pépins de quelques souches sauvages renferment encore des traces de cyanure. Ce poison est en fait vital pour le pommier. Il empêche l'oxygène de détruire les enzymes chargées de la respiration. Ainsi, le pommier peut continuer à respirer et à produire de l'énergie dans un milieu froid et hostile, ce qui explique sa grande adaptabilité.

Les schémas ci-dessous illustrent les caractères botaniques décrits.

Fig.1 : schémas botaniques.

Fig 2: Pommier commun, *Malus communis* Lank.

I-3.3 LA POMME A CIDRE

3-1 Caractères

Les variétés de pommes sont classées en différentes catégories : Les pommes de table ou pommes à couteau et les pommes à cidre et/ou à jus.

La pomme de table possède des caractères facilement perceptibles, comme :

- ❑ La taille
- ❑ L'apparence
- ❑ La texture
- ❑ La saveur

La pomme à jus doit avoir :

- ❑ Une acidité suffisamment développée,
- ❑ Un parfum agréable et stable au cours de la fabrication,
- ❑ Une absence d'astringence et d'amertume,
- ❑ Un épiderme clair ne colorant pas le jus en rouge (couleur jaune pâle),
- ❑ Une chair ferme ne devenant ni spongieuse ni farineuse à maturité,
- ❑ Le rendement en jus doit être suffisant.

La pomme à cidre, par contre, possède des caractères moins évidents. On peut dire :

- ❑ Elle manque des qualités nécessaires à la pomme de table.
- ❑ Elle a trop peu d'acidité, est peu appréciée comme fruit de table où elle a trop de tanins et est désagréable de par son amertume et âcreté.

Les caractères demandés aux variétés de pommes à cidre sont rassemblés sous le vocable de « cru » ou de « pommage ». Le pommage est une combinaison subtile entre la saveur, l'arôme, la plénitude en bouche et une persistance de ses caractères au cours de l'ingestion. La saveur est une combinaison de saveurs et d'arômes. Les saveurs utilisent le sens du goût avec quatre saveurs principales : acide, amère, salée, sucrée. Les arômes utilisent le sens de l'odorat qui sont de deux types. Il y a l'arôme proprement dit par voie nasale directe et un arôme dit de bouche par la voie rétronasale.

Mais, on reconnaît aussi les qualités d'une pomme à cidre à son aspect. On considère que :

- ❑ **A un épiderme jaune** correspond généralement une dose ou une richesse saccharine élevée, un parfum fort et pénétrant.
- ❑ **A un épiderme rouge** correspond une dose ou une richesse saccharine moyenne, un parfum fin, suave.
- ❑ **A un épiderme gris roux** correspond une richesse en sucres supérieure et très peu de parfum.

Le parfum donne le fruité, le bouquet. Il est dû à la présence d'huiles essentielles et d'éthers.

En outre, quelque soit sa couleur, tout fruit dont l'épiderme est lisse et luisant est plus aqueux et plus parfumé que celui dont l'épiderme est rugueux.

3-2 Les variétés de pommes à cidre

Dans le groupe des pommes à cidre on dénombre une multitude de variétés se subdivisant en deux grandes catégories :

- ❑ La première comprend les variétés de pommes **aigres et acidulées**, essentiellement destinées à l'élaboration des jus de pommes et quelques fois des cidres doux.
- ❑ La seconde catégorie rassemble les variétés de pommes **douces, douces-amères et amères** qui sont dirigées vers l'élaboration des cidres de consommation et de distillation.

Mais il faut bien dire, qu'en théorie, rien n'interdit de laisser fermenter un jus de pomme aigre pour en faire du cidre, ni de pasteuriser un jus de pommes douces pour en faire du jus de pommes.

L'ensemble des fruits utilisés dans l'industrie cidricole est classé en sept catégories suivant la saveur des moûts de pression. Cette saveur est déterminée par l'acidité de titration et la teneur en tanins. D'autres facteurs distinctifs n'ont pas encore été retenus à leur juste valeur pour classer les différents types de fruits industriels en particulier :

- ❑ **La teneur en arômes** susceptible d'influencer la qualité gustative des jus, des concentrés et des produits de distillation (eaux de vie).
- ❑ **La texture de la pulpe** permettant de distinguer les fruits à chair ferme, dont le pressurage est facile et le rendement en jus élevé, par opposition aux fruits à chair tendre présentant des difficultés de pressurage.
- ❑ **La densité de jus** de première pressée.

La classification distingue les variétés en fonction de la saveur du moût de pression caractérisée par l'acidité de titration et la teneur en tanins.

- ❑ **L'acidité** est déterminée par titration à la soude et est exprimée en gramme d'acide sulfurique par litre de moût.
- ❑ **Les tanins totaux** : le principe de dosage est basé sur l'oxydation par le permanganate de potassium des matières tannoïdes en milieu sulfurique très fortement dilué en présence de carmin d'indigo servant d'indicateur. Une courbe établie avec l'acide tannique sert de référence.

Cette classification a permis d'établir le tableau suivant (11):

CATEGORIES	ACIDITE DE TITRATION (en g/l)	TANINS (en g/l)
DOUCE	<3	<2
DOUCE-AMERE	<3	2<tanins>3
AMERE	<3	>3
ACIDULEE	3<acidité >4.5	<2
AIGRE	>4.5	<2
AIGRE-AMERE	>4.5	2<tanins>3
AMERE-AIGRE	>4.5	>3

Les variétés des catégories douces, douces-amères et amères par leur faible acidité et surtout l'amertume apportée par les tanins ne permettent pas une consommation de table. Elles sont donc essentiellement utilisées à la fabrication des cidres de consommation et de distillation.

Les variétés acidulées et aigres ont été initialement utilisées pour la consommation de table. Par la suite, elles ont servi de matière première au jus de pommes concentrés qui nécessitent un minimum d'acidité. La fermentation des moûts conduit à des cidres acidulés ou aigres très différents des cidres traditionnels.

D'après les résultats de la station de recherches cidricoles de l'INRA à Rennes il est possible de diviser l'ensemble des fruits à cidre en deux grandes classes :

- ❑ **Les variétés à cidre** dont l'acidité de titration des moûts est inférieure à 2.5 g/l et la teneur en tanins non limitée comprennent les catégories douces, douces-amères et amères.
- ❑ **Les variétés à jus** dont l'acidité des moûts est supérieure à 2.5 g/l et la teneur en tanins inférieure à 1.5 g/l représentent la totalité des catégories acidulées et aigres.

Les variétés de pommes à cidre sont donc extrêmement nombreuses et toutes n'ont pas la même valeur cidrière.

- ❑ **Les pommes douces et douces-amères** sont riches en sucres et apporteront donc une teneur élevée en alcool.
- ❑ **Les pommes aigres** communiquent au cidre une fraîcheur améliorant la saveur tout en assurant une certaine protection contre les maladies.
- ❑ **Les pommes amères** donnent du « corps » au cidre et facilitent la formation du chapeau brun (voire page 54)

En effet, outre les sucres qui jouent un rôle primordial dans la qualité des jus, d'autres constituants de la pomme sont importants comme l'azote : un taux élevé de matières azotées rend difficile toute maîtrise de la fermentation. En plus, les tanins favorisent le noircissement du cidre. L'acidité assure une protection partielle contre les maladies.

3-3 La maturité des pommes

Expliquons la maturation de la pomme

Une fois cueillie, la pomme peut continuer à vivre plusieurs jours, voire plusieurs mois si les conditions de l'environnement sont favorables. Cet état extraordinaire de survie la distingue singulièrement des autres denrées fraîches. En plus, **des réactions biochimiques** complexes se poursuivent au sein de ce fruit, elles s'intensifient même pour parfaire sa maturation. L'homme a cherché à exploiter ce phénomène. En prolongeant la deuxième vie de ce fruit, on parvient à le conserver en bon état le plus longtemps possible.

Séparée de l'arbre, **la pomme absorbe de l'oxygène et dégage du gaz carbonique**. Par ce processus, les sucres qu'elle renferme subissent l'action des enzymes pour fournir l'énergie nécessaire à la maturation. Cette combustion silencieuse, au rendement avoisinant 100%, produit naturellement des déchets : molécules d'eau et gaz carbonique.

Cette respiration végétale dégrade aussi d'autres substances de la pulpe, notamment des acides organiques et des protéines. C'est pourquoi la mesure de l'intensité de sa respiration permet de connaître sa longévité, et par là, sa durée de vie. Un taux respiratoire élevé par rapport à l'unité de poids correspond à une durée de vie courte. C'est le cas de la *Golden*. Par contre, un faible taux respiratoire est l'indice d'une longue vie. La *Reinette* présente un biorythme étonnamment ralenti qui explique sa longue conservation.

D'autre part, le moment de la cueillette intervient également dans cette longévité : les variétés précoces respirent plus intensément que les pommes tardives. Les premières se conservent moins longtemps car les réserves accumulées sont insuffisantes.

La pomme possède de multiples hormones qui vont réguler son biorythme. En effet, **l'éthylène** orchestre l'activité des enzymes qui oeuvrent à l'épanouissement du fruit. Paradoxalement, c'est cette même substance qui déclenche la décrépitude en accélérant la perte d'eau, le changement des couleurs et de la texture, la modification du jus et du parfum, le ramollissement de la peau...C'est aussi par l'intermédiaire de l'éthylène que le fruit influence l'activité des fruits voisins.

Pendant la maturation, les pigments verts de chlorophylle disparaissent tandis que la couleur vire au rouge et au jaune grâce à la synthèse d'autres pigments : caroténoïdes et molécules anthocyaniques. Au même moment, les enzymes attaquent les chaînes de pectine et d'hémicellulose de l'écorce qui s'amollit. Les enzymes libèrent ensuite le sucre de la réserve d'amidon, brûlent les acides organiques (acide malique et acide citrique) pour produire une centaine de substances volatiles qui composent la saveur du fruit.

Dès que la maturation est atteinte, le déclin apparaît. Les enzymes entament la conversion du sucre en acide lactique, lequel détruit les protéines et le noyau des cellules végétales. **C'est le processus de fermentation qui commence.**

Ainsi, une pomme cueillie trop verte voit son processus de maturation complètement bloqué. A l'inverse, une récolte trop tardive hâte la sénescence et augmente le pourcentage de pourriture. Le choix de la période de cueillette est donc capital afin

d'éviter ce gaspillage, d'où la tentation d'intervenir artificiellement pour réaliser la maturation synchrone de toutes les pommes.

Les hormones végétales, employées dans les plantations comme **régulateurs de croissance**, influencent diversement la survie de la pomme. La gibbérelline et la cytokinine, hormones de la germination, retardent le vieillissement, modifient souvent les arômes. L'auxine, une hormone des bourgeons, stimule la croissance des pommes, mais les rend sensibles à la chaleur. Leur pulpe devient fibreuse et leur peau se ride. L'emploi d'un aminoside, utilisé pour retarder la croissance, altère la qualité du fruit ; les pommes ainsi traitées supportent mieux la conservation au froid, mais leur maturation est perturbée. Pour que les pommes mûrissent au même moment afin de rentabiliser la cueillette, on pulvérise sur les pommiers une solution d'éthephon. Ainsi, les fruits souffrant de la chaleur, perdent leur essence et deviennent ternes. On a aussi recours à l'acide vinyl-glycocholique pour contrôler la biosynthèse de l'éthylène dans le but de prolonger la durée de conservation.

Mais, tous ces produits, comme les pesticides et les insecticides, dénaturent à des degrés divers la qualité des fruits et sont même accidentellement responsables de troubles digestifs.

Comment apprécier la maturité de cueillette

❑ **La régression de l'amidon**

L'amidon va se transformer en sucres. On peut apprécier cette transformation par un test avec une solution iodo-iodurée (lugol). On coupe le fruit transversalement et on badigeonne la section avec la solution. Quand le fruit est vert la section bleuit et quand le fruit est mûr la surface bleue diminue en commençant par le centre.

❑ **La couleur des pépins**

On utilise un barème.

❑ **La coloration de l'épiderme**

Proche de la maturité, l'épiderme du fruit change de couleur. Il passe du vert au jaune ou au rouge. Mais ce test est inapplicable aux pommes rouges et actuellement, il est très développé et applicable à la pomme *Golden delicious* qui est une pomme de table. Plusieurs cartes de couleur sont éditées à cet usage.

Les pommes à cidre sont classées en 4 saisons de floraison et 3 saisons de maturité.

Les époques de floraison

Quand le pommier fleurit en avril ou au début de mai, on parle de variétés **très hâtives**. Quand la floraison s'effectue du 20 mai au premier juin, les variétés sont de floraison **hâtive**. Quand la floraison se situe en juin, les variétés sont de floraison **moyenne**. Les variétés sont **tardives** quand la floraison se passe en juillet.

Les époques de maturité

Les différentes variétés de pommes sont classées en trois catégories.

- ❑ **Les pommes de première saison**
Ce sont toujours des pommes tendres mûrissant sur l'arbre jusqu'à la fin septembre. Elles doivent être brassées aussitôt récoltées, car elles sont de conservation difficile et supportent mal le transport.
- ❑ **Les pommes de deuxième saison**
Ce sont des pommes demi-dures mûrissant sur l'arbre de début octobre à mi-novembre. Elles doivent être conservées un certain temps pour atteindre leur maturité complète de brassage. Ces variétés supportent assez bien le transport.
- ❑ **Les pommes de troisième saison**
Ce sont les pommes dures, qui, à la cueillette, n'ont pas atteint leur maturité. Elles doivent subir une garde prolongée pour atteindre leur maturité de brassage. Elles ne seront brassées qu'en décembre ou même en janvier.

Les **pommes de première saison** ne possèdent jamais une grande valeur cidrière. En effet, brassées, du fait de leur maturité précoce, à une époque où la température est encore chaude, elles donnent des moûts déféquant difficilement. Elles sont de fermentation rapide. Les cidres obtenus se désucrent rapidement, restent troubles, sont peu bouquetés et ne peuvent constituer de bons cidres. Les pommes de première saison conviennent beaucoup mieux à la distillerie qu'à la cidrerie fermière ou industrielle. Par contre, les **variétés de deuxième saison** et surtout les **variétés de troisième saison** permettent de fabriquer des moûts qui défèquent parfaitement. Les cidres se clarifient bien, se désucrent lentement, sont particulièrement bouquetés, ont une belle couleur et sont de bonne conservation.

Les facteurs influençant la maturité

Les facteurs **accéléralant** la maturité sont :

- ❑ Arbres faibles, sol médiocre, sécheresse, arbres mal soignés
- ❑ Arbres jeunes ou portant une petite récolte
- ❑ Expositions chaudes, ensoleillées
- ❑ Fruits bien éclairés, situés sur le pourtour de l'arbre
- ❑ Fruits piqués par les insectes ou portant des blessures

Les facteurs **retardant** la maturité sont :

- ❑ Arbres vigoureux, sol fertile, excès d'azote, irrigation
- ❑ Porte-greffe vigoureux
- ❑ Arbres adultes ou portant une forte récolte
- ❑ Situations froides
- ❑ Fruits à l'ombre dans la zone intérieure de la frondaison

3-4 La conservation des pommes

Importance de la conservation

Les pommes sont conservées jusqu'à leur brassage. La pomme doit être en bon état car

- ❑ **L'amidon** poursuit sa transformation en sucres et augmente ainsi l'alcool potentiel du moût.
- ❑ **La pectine** insoluble se solubilise et le moût obtenu est alors plus riche en pectine et défèque mieux.
- ❑ **Le choix de la solution** à adopter est fonction de la quantité de cidre à produire et des moyens dont on dispose.

Les conditions de stockage sont les suivantes.

La température

Il faut savoir que **le froid retarde les phénomènes de maturation alors que la chaleur les active**. Ainsi, les fruits mûrissent lentement vers 0° C et rapidement au-dessus de 15°C. Il faut veiller à ce que les fruits ne gèlent pas car les fruits gelés donnent un cidre de qualité inférieure. En fait, la température de 2 à 8°C est celle la plus recommandable.

Mais, le problème est certain quand **il faut stocker des quantités considérables de pommes** dans une chambre frigorifique car toutes les pommes n'acceptent pas le même froid. Les espèces tardives s'accommodent sans problème de nos réfrigérateurs, où règnent des températures inférieures à 8°C. Les pommes d'été sont rapidement altérées si leur séjour en chambre froide dépasse une semaine à 3°C. **Le froid** bloque définitivement leur équipement enzymatique, cause le brunissement de la peau. La pulpe s'amollit. Cette perte de consistance peut faire croire à un début de mûrissement. En réalité, les cellules de la pulpe sont paralysées par le froid. L'arrêt de leur activité enzymatique dénature complètement leurs qualités gustatives et nutritives.

Pour que la fraîcheur perdure pendant le stockage, les producteurs recourent aux **techniques d'irradiation**. Irradier un aliment consiste à le soumettre au nettoyage par un rayonnement de haute énergie constitué de grains de lumière ou d'électrons. Ce bombardement aux rayons tue les germes responsables de moisissures toxiques. De plus, l'irradiation permet de bloquer temporairement l'activité des enzymes, prolongeant ainsi le temps de conservation. Mais, il dénature la saveur des fruits. Cette méthode de conservation est moins dangereuse que l'emploi de certaines substances chimiques.

Les produits chimiques

Les producteurs ont donc employé, par trempage ou par pulvérisation, certains composés chimiques destinés à **lutter contre les maladies dues à la réfrigération** : des anti-oxydants contre l'échaudure, du chlorure de calcium ou des fongicides contre les moisissures, du 2-4-D contre le vieillissement précoce.

Des fixateurs de gaz carbonique (à base de chaux) ou d'éthylène (permanganate alcalin) sont parfois introduits dans les caisses utilisées **pour la conservation**. La surface interne de ces caisses est couverte de cire synthétique dont le but est d'empêcher le dessèchement des fruits pendant leur voyage.

Une autre **méthode de conditionnement industriel** consiste à appauvrir l'air ambiant en oxygène tout en enrichissant son taux en gaz carbonique. La diminution de l'oxygène ralentit la respiration des pommes et accroît leur durée de vie.

Une faible teneur en oxygène associée au froid réduit la production d'éthylène, elle permet surtout d'éviter les brunissements.

Une concentration élevée en gaz carbonique présente beaucoup d'avantages : elle freine les oxydations, ralentit la synthèse des pigments et des protéines, modère la perte d'acidité, de fermeté et de chlorophylle, s'oppose au vieillissement en neutralisant l'éthylène, retarde même la croissance des moisissures. Malheureusement, ce traitement entraîne parfois une fermentation active qui altère les qualités des pommes et les rend pâteuses. De plus le froid sensibilise encore plus les espèces sensibles aux effets nuisibles de ce gaz. Le manque d'oxygène accentue aussi ces dégâts.

La lumière

On constate que la maturation de la pomme est plus régulière à l'obscurité qu'à la lumière.

Les conditions extérieures

Il faut **protéger les pommes de l'humidité et du soleil**. Il ne faut pas exposer les pommes à la pluie. En effet, l'eau de pluie fait gonfler les cellules de l'épiderme, celui-ci éclate et les sucres de la pomme diffusent à l'extérieur. Le cidre produit sera de qualité inférieure et d'un degré alcoolique moindre. Si on laisse des pommes disposées en tas, non protégées sous les pommiers, elles perdent jusqu'à 3 % de leurs sucres et le cidre produit titrera 1.5 degré d'alcool de moins.

C'est ainsi que le meilleur procédé pour conserver la récolte est de la **stocker à l'abri** dans un bâtiment où les pommes seront disposées par tas distincts et classées par variété de même maturité.

On évite ainsi l'échauffement et la pourriture. Par contre, il faut proscrire le stockage en tas qui favorise le développement des moisissures. Il faut éviter l'usage des sacs en matières plastiques qui favorise la pourriture des fruits en créant une atmosphère humide et chaude. Seules les pommes mûres feront du bon cidre. Les pommes vertes pauvres en sucres donneront un moût envahi de bactéries acétiques et de moisissures. Les pommes avariées donnent des cidres peu alcooliques, chargés en lies, peu colorés, acétiques et donc impropres à la consommation. Il faut donc obtenir des pommes à maturité complète mais non dépassée.

Les différents moyens de conservation

Le plus simple moyen de conservation consiste à disposer les pommes sur une aire cimentée avec une légère pente permettant l'écoulement de l'eau. Cependant, ce type de

stockage, même s'il est fréquemment employé, peut altérer les fruits car ils séjournent longtemps sur une forte épaisseur.

Le moyen le plus sophistiqué est le silo type silo à oranges qui permet un travail en continu (remplissage par le haut, reprise par le bas).

Le moyen artisanal est la caisse palette qui permet un stockage des pommes en quantité réduite et une possibilité de surveillance des pommes stockées sur une épaisseur inférieure à 60 cm.

CHAPITRE II : LE CIDRE

II-1 HISTOIRE DU CIDRE (4.11.13.18.20)

Là où il y a des pommes, il y a du cidre.

Au 1^{er} siècle avant l'ère chrétienne, le géographe grec Strabon décrit l'abondance de pommiers et de poiriers en Gaule et mentionne le *Phitarra* au Pays Basque, un breuvage obtenu en faisant bouillir des morceaux de pomme et du miel dans de l'eau.

Un siècle plus tard, dans ses *Propos de table*, Plutarque écrit : « ceux qui aiment le vin, usent de la bière, breuvage contrefait d'orge, ou bien le cidre fait de pommes ou de dattes.. ». Pline l'Ancien traite également dans son *histoire naturelle* des vins de pommes, de poires et de cormes.

Au II^e siècle, Tertullien parle du *pomorum*.

Au VIII^e siècle, le cartulaire *De Villis imperiabilibus*, régleme les plantations royales des Carolingiens. Les intendants doivent non seulement planter et entretenir des vergers mais aussi recruter des *sicetores* qui connaissent l'art de faire un bon *pomatium* pour la table impériale. Au milieu du VIII^e siècle, la *Vie de sainte Ségolène* indique que l'abbesse de Troclar, près d'Albi, ne boit que de l'eau et du poiré.

Enfin, la *Vie de sainte Guénolé* écrite **au IX^e siècle** révèle une ancienne coutume en usage à l'abbaye de Landévenec. Le document indique qu'au V^e siècle le saint breton consommait « un mélange d'eau et de sucs de pommiers des champs ou des forêts ».

C'est encore dans un monastère, l'abbaye des bénédictins d'Admont en Autriche, qu'un document atteste **en 1074** la fabrication et la consommation de vin de pommes. **En 1163**, Enjurer de Bobon accorde à l'abbaye de Marmoutiers en Normandie la dîme des pommes des vergers et des bois. On retrouve d'autres actes de cette nature tout au long des siècles. **En 1183**, Robert, comte de Meulan, autorise les moines de Jumièges à récolter les pommes dans sa forêt de Brotonne afin de brasser un *pomacium*. Quelques années plus tard, la règle bénédictine proscrit cidre, hydromel et bière dans les monastères afin de favoriser l'utilisation du vin pour le sacrifice de la messe. Pourtant les religieux perpétuent jusqu'au XIV^e siècle la tradition de la boisson fermentée de pommes.

Un événement va marquer l'histoire du cidre **au XIII^e siècle** : l'invention de la presse. L'âge d'or du cidre commence. En 1205, on signale en Grande-Bretagne les premiers achats importants de cidre par la noblesse. En 1240, le troubadour Neidhart von Reuenthal célèbre le bon vin de pomme et de poire en Autriche. C'est tout l'Ouest et le Centre de l'Europe qui produisent et vendent du cidre. Outre-Manche, des crus de grande qualité sont ainsi attestés **au XIV^e siècle** dans les comté du Sud-Ouest.

Sur le continent, le cidre est partout, au pied du Mont-Blanc et sur les bords du Danube. Il devient la boisson commune des paysans et des gentilshommes. **En 1464**, Charles Estienne publie à Rouen *L'agriculture et la maison rustique*, un livre de conseils pour l'entretien des vergers. Lentement, le pommier poussé sur le bord des talus cède le pas à

des vergers plantés à l'abri du vent. Des variétés nouvelles sont greffées. Guillaume Dursus, seigneur d'Estré, greffe la « Bisquet » toujours recommandée par l'INRA pour la plantation du verger contemporain.

Dans son journal, le sire de Gouberville s'intéresse lui aussi à l'amélioration des pommiers et à la fermentation du cidre et mentionne ainsi et non sans fierté avoir distillé son premier cru à la date du 28 mars 1553.

Le cidre est un art de vivre **au XVI^e siècle**. Les gentilshommes plantent, greffent, pressent, servent et dégustent. Ils composent des crus de propriétaires, tels le cidre du sieur de Beuzeville-sur-le-Véry, uniquement pressé avec les variétés « *Chevalier* » et « *Pomme-Poire* » ou celui du sieur d'Aignerville qui ne brasse que des pommes de « *Gault* ». Ce qui est vrai sur le continent l'est aussi dans les îles Britanniques où la classification et le développement des pommes à cidre sont dus à une noblesse attachée aux terroirs.

Dès le XVI^e siècle, les pomologues recommandent d'utiliser les pommes aigres-douces pour presser un cidre délicat et d'y ajouter quelques pommes acides pour empêcher le noircissement. Ils distinguent et classent les cidres selon leur couleur et leur saveur : « *après les sidres rouges, tannez et orangez viennent ceux de couleur d'ambre, les plus propres de tous pour la nourriture de l'homme. Cette couleur est presque jaune et fort transparente, elle rappelle la couleur de l'ambre ou succin.* ». Le traité *De vino et pomaceo* de Julien Le Paulmier est un livre de référence. Tout y est décrit, de la qualité des pommes à la conservation des cidres.

L'Europe se libère de sa dépendance vis-à-vis des vins du Sud. Le vin de pomme devient la boisson à la mode. Les agronomes de la Renaissance retrouvent et adaptent les techniques arboricoles de l'Antiquité. **En 1600**, Olivier de Serres propose dans son *Théâtre d'agriculture* un grand choix de pommes pour presser le cidre. Philipp Jakob von Gruthal, seigneur de Zeilhern dans la province de Mostviertel, le verger de l'Autriche, loue le meilleur des cidres dans son livre de la bonne maison. **En 1676** paraît *Vinetum Britannicum* de John Worlidge qui veut être « *la meilleure méthode de faire le meilleur cidre* ». **En 1758**, Charles-Gabriel Porée, chanoine à Caen, inaugure un premier classement méthodique des pommes en fonction de leur floraison et de leur récolte. Au Pays Basque, dès le XVII^e siècle, les Fueros réglementent la nature des cidres et condamnent quiconque ose vendre du cidre coupé d'eau.

Le succès du cidre ne se dément pas jusqu'au XVIII^e siècle. Et cette consommation ne laisse pas insensible les collecteurs d'impôts. **Au XVII^e siècle**, la régie des boissons taxe le cidre à l'instar du vin. Le cidre devient avec le vin et le sel une importance source de revenu fiscal. Et le contrecoup est immédiat. L'excès d'impôts, aux frontières des provinces exemptées comme la Bretagne et dans les terres soumises à l'impôt royal, freine l'expansion du cidre hors de sa zone de production. Après l'Eglise du Moyen Age, c'est l'Etat qui réglemente et proscriit. Le ministre Colbert prend un arrêté pour interdire le cidre et l'eau-de-vie de cidre sur les vaisseaux de guerre et de commerce. Un monopole est accordé aux produits de la vigne. Rien de tel en Grande-Bretagne où le cidre est embarqué sur les navires pour prévenir le scorbut. De même au Pays Basque où au XVII^e siècle les marins font provision de cidre avant de partir pêcher la baleine à Terre-Neuve et au Groenland.

La taxation continentale est bientôt imitée Outre-Manche. En 1643, le Parlement de Grande-Bretagne impose une taxe sur chaque barrique. Un siècle plus tard, **en 1763**, une nouvelle taxe est imposée pour financer la guerre de Sept Ans...

A partir de la seconde moitié du XIX^e siècle, les notables se préoccupent de « sciences naturelles ». Ils herborisent, ils greffent, ils plantent, ils lisent les auteurs anciens et collectent les adages. Mais quoique fassent et disent les pomologues, le cidre demeure une boisson rurale fabriquée à l'ancienne. Plus que les communications savantes, ce sont les malheurs du vin qui vont contribuer à l'amélioration de la production cidricole. L'oïdium en 1848, le mildiou en 1870, le phylloxéra en 1900 ravagent le vignoble. Un énorme marché commercial s'ouvre au cidre des 36 départements producteurs. L'essentiel de la récolte estimée à plusieurs millions d'hectolitres vient de Normandie, de Picardie et de Bretagne. Elle quadruple en trente ans. De 4 millions d'hectolitres en 1870, elle atteint 14 millions d'hectolitres en 1900. et la consommation suit. A Paris, le cidre remplace le vin. De 15000 hectolitres consommés en 1854 dans la capitale française, c'est 160 000 hectolitres qu'il faut servir sur les tables et les comptoirs parisiens en 1896.

La profession préconise alors de nouvelles plantations de pommiers et une réglementation rigoureuse pour contrôler la qualité des produits. Mais **au début du siècle**, les préparatifs de guerre vont à la fois doper artificiellement et abaisser la qualité de la production cidricole française du début du siècle. Le gouvernement réquisitionne les pommiers. Il compte en effet sur les vergers pour subvenir aux besoins en alcool de l'industrie d'armement. Au lendemain de la guerre, la situation s'est détériorée et la Seconde Guerre mondiale réduit à néant les efforts entrepris. Le verger normand est ravagé. On ne compte plus que 3 000 producteurs indépendants en 1945...La production annuelle estimée à 4 millions d'hectolitres en 1945 tombe à 3 millions d'hectolitres en 1956.

Le déclin de la production cidricole française est planifié. En 1953, le gouvernement français inaugure par décret une politique d'arrachage des pommiers. En 1956, le gouvernement cesse toute politique de soutien au verger stratégique. Remembrement, exode rural et changement de mode de vie sonnent le glas d'une production fermière traditionnelle. Plus tard, la mise sur le marché d'une nouvelle gamme de boissons alcoolisées et aromatisées à base de pommes autorisées par le décret du 29 juillet 1987 et une nouvelle réglementation permettant l'utilisation des concentrés pour l'élaboration de cidre jusqu'à 50 % du volume de moûts ont relancé la production.

II-2 PRINCIPES D'ELABORATION

(1.3.11)

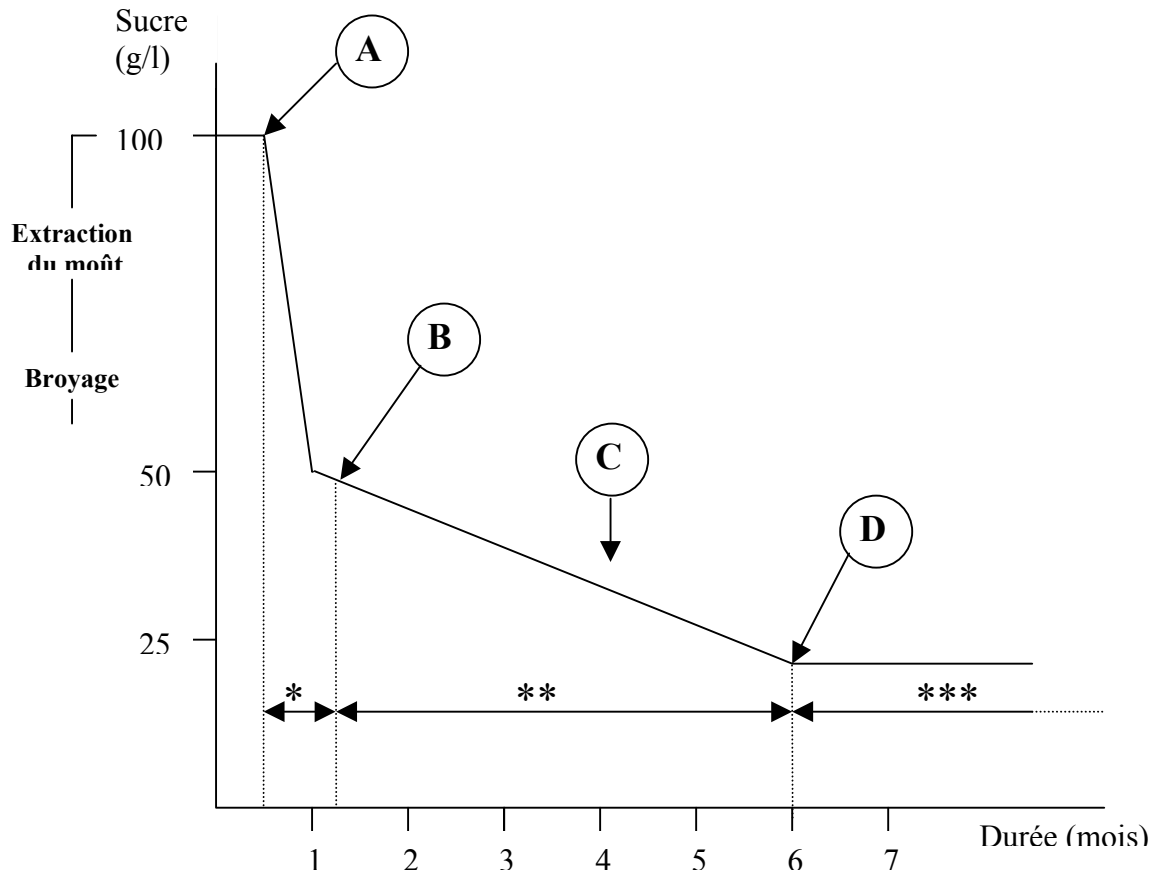
Pour suivre les détails de la fermentation du cidre, nous donnons de façon schématique les principes de sa préparation.

**II-2.1 PRINCIPE D'ELABORATION
GENERALE**

**II-2.2 PRINCIPE D'ELABORATION
ARTISANALE**

<u>PREFERMENTATION</u>		
EXTRACTION	Avec ou sans cuvage	
CLARIFICATION	Par défécation	Un milieu limpide favorise la fermentation lente.
<u>FERMENTATION PRINCIPALE</u>		
DEPART EN FERMENTATION		
ON ATTEND UNE PERTE DE DENSITE		Un trouble apparaît suite au développement des levures.
	Filtration moyenne	La fermentation est ralentie par élimination des levures.
FERMENTATION		
	Filtration moyenne	La fermentation trop rapide la rend nécessaire.
FERMENTATION		
ON ATTEND QUE LA DENSITE DU CIDRE SOIT SUPERIEURE A CELLE DE SA CONSOMMATION		
<u>MATURATION ET PRISE DE MOUSSE</u>		
	Filtration serrée	C'est nécessaire pour éliminer le maximum de micro organismes.
ON PROCEDE AU LEVURAGE	Addition de levures sèches actives ou addition de 10% du cidre prélevé avant la filtration serrée.	La flore naturelle est remplacée. L'équilibre de la flore naturelle est maintenu.
HOMOGENEISATION EMBOUTEILLAGE CONSERVATION		La légère fermentation en bouteille apportera l'effervescence désirée.

II-2.3 PRINCIPE D'ELABORATION INDUSTRIELLE



Légende :

A : Clarification :

- Insolubilisation ou solubilisation des pectines.
- Collage.
- Centrifugation.
- Filtration.
- Flottation.
- Décantation.

B : Elimination de biomasse :

- Centrifugation.
- Filtration.
- Décantation.

C : Prise de mousse :

- Standardisation.
- Filtration.

- ❑ Flore naturelle/ levurage.
- ❑ Cuve close.
- ❑ Bouteille.

D : Conditionnement :

- ❑ Standardisation.
- ❑ Clarification.
- ❑ Gazéification.
- ❑ Pasteurisation.

- * Fermentation principale.
- ** Fermentation secondaire ou maturation.
- *** Conservation en bouteille.

II-3 LA FABRICATION

**(1.2.3.4.5.7.10.11.13.14.15.16.19.
24.25.27.28.29.32.34)**

II-3.1 LE BRASSAGE DES POMMES

Le brassage des pommes se fait en quatre étapes.

1-1 Le lavage des pommes

Avant d'effectuer le lavage, il est important de trier les fruits afin d'éliminer les fruits pourris qui apporteraient levures et moisissures. Le lavage est admis par tous ceux qui sont désireux d'obtenir du bon cidre se conservant bien. En effet, broyer des fruits enrobés de terre constitue une faute grave, cette pratique introduirait dans le jus sortant du pressoir de nombreuses impuretés et des moisissures indésirables lors de la fermentation. C'est pourquoi il est nécessaire de laver les pommes dans un bac alimenté en eau courante et potable ou bien avec un convoyeur surmonté de buses. Les pommes sont ensuite égouttées.

1-2 Le broyage ou le râpage

Cette opération consiste à écraser ou broyer les fruits pour déchirer la pulpe de manière à blesser le plus grand nombre de cellules. Elle permet d'obtenir une pulpe assez fine facilitant l'extraction du jus.

Cette étape permet :

- ❑ D'obtenir une pulpe assez fine et régulière.

- ❑ De ne pas transformer la pomme en une bouillie difficile à presser par la suite car on obtiendra un jus épais long à se clarifier.
- ❑ De ne pas écraser les pépins afin de ne pas nuire à la composition ultérieure du cidre.

Autrefois, on utilisait des **tours à piler circulaires** en granit dans lesquelles tournent une ou deux meules, puis les **broyeurs** ont remplacé les tours à piler, mais ceci présentait un inconvénient : la solubilisation du fer par action de l'acide. Ce défaut avait des conséquences importantes dans les petites installations fréquemment arrêtées et mal nettoyées. Les broyeurs peuvent être classés en deux catégories :

- ❑ **Le broyeur à noix** : le broyage est effectué par la compression du fruit entre deux cylindres, un seul est actionné directement, le second reçoit son mouvement par entraînement.
- ❑ **Le broyeur à lames** : il est constitué par un seul cylindre pourvu de plusieurs rainures dans lesquelles s'engagent les lames. Les fruits sont donc écrasés contre un dossier dont l'écartement est réglable.

Il y a également les **râpes** qui sont apparues au XIX^e siècle. Elles présentent l'avantage d'un gros débit et de pouvoir être placées directement au-dessus des presses et facilitent ainsi les opérations. Elles sont choisies par de nombreux artisans. Actuellement, elles sont réalisées en alliage d'aluminium résistant aux acides. Les fruits ne sont pas écrasés, mais râpés par la paroi du tambour comme sur une râpe, les pépins indemnes traversent les perforations. Ce broyeur est assez résistant aux pierres et aux corps étrangers qui y sont introduits. Les râpes ont pour avantage de donner une pulpe plus lisse, de travailler plus vite et de fournir un rendement plus élevé.

1-3 Le cuvage de la pulpe

La macération ou cuvage est une opération qui consiste à **exposer à l'air, pendant un certain temps, la pulpe et le jus qui sortent du broyeur.**

Le cuvage était autrefois considéré comme obligatoire avant chaque pressurage. La durée du cuvage était fonction des fruits travaillés. Pour une pomme de troisième saison, qui est conservée longtemps dans un grenier, elle est très courte, par contre, pour une pomme de première saison, elle est importante. Cette pratique est devenue très rare car les broyeurs sont situés au-dessus des pressoirs, ce qui fait que les fruits sont pressés aussitôt le broyage terminé. Pourtant cette méthode facilite l'écoulement du jus de goutte. Elle augmente le rendement en moût, libère davantage de matières pectiques, ce qui permet d'obtenir une meilleure défécation. Le cuvage favorise également le développement des arômes, tandis que certaines enzymes sont libérées des parois cellulaires.

Une usine est actuellement équipée d'un bac tampon tout inox qui permet de réaliser dans de bonnes conditions une telle macération. La cuve est munie d'une vis de fond qui permet d'empêcher la pulpe de s'accumuler dans les angles morts.

Autrefois, on considérait que le cuvage pouvait augmenter le rendement d'extraction. Ce phénomène peut s'expliquer par une action enzymatique sur la paroi. Actuellement, les pressoirs sont de type hydraulique et développent des pressions importantes et l'influence du cuvage sur le rendement sera faible.

Le cuvage, s'il est réalisé, ne devra pas dépasser huit heures. Pendant la réalisation de celui-ci, il faut être vigilant et travailler dans de bonnes conditions d'hygiène afin d'éviter le développement des bactéries acétiques qui produisent de l'acide acétique en présence d'air et peut-être la cause d'un cidre de mauvaise qualité.

Le cuvage permet :

- ❑ **Une diminution notable de la teneur en tanins** de 30 à 70%.
 - ❑ **D'extraire** plus de jus au pressurage.
 - ❑ **De mieux réussir la défécation** des moûts et la montée du chapeau brun, car on augmente ainsi la libération de matières pectiques.
 - ❑ **D'obtenir des cidres** plus colorés et plus parfumés.
- Lorsque la pomme est riche en tanins, il est conseillé de procéder à un pelletage de la pulpe, qui provoque l'oxydation de ces composés polyphénoliques et leur insolubilisation sur la pulpe.
 - ❖ Les flavonoïdes (catéchines et leucoanthocyanes) sont sensibles à l'oxydation enzymatique.
 - ❖ Sous l'action des polyphénoloxydases, ces composés orthophénoliques sont oxydés en dérivés orthoquinoniques.
 - ❖ Ces derniers se polymérisent pour aboutir à la formation de produits bruns, insolubles : les phlobaphènes.
 - ❖ Il s'ensuit une insolubilisation des tanins sur la râpüre. La pulpe devient de plus en plus foncée, le jus quant à lui s'éclaircit.
 - L'intérêt du cuvage peut être différent. Il semble que durant cette macération de pulpe, des substances aromatiques ou des précurseurs ayant un rôle sur l'arôme final peuvent diffuser.

1-4 Le pressurage de la pulpe

Principe

C'est une opération qui consiste à **presser la pulpe pour en extraire le jus**. Nous avons vu que la pomme renferme 95 % d'eau, mais en pratique, lors d'une première pression, on peut retirer en fonction du pressoir de 60 à 75 % de jus au maximum. Ce premier moût donne, après fermentation, du cidre « pur jus ».

Expérimentalement, on remarque que le **rendement d'extraction** est le produit de deux fonctions asymptotiques dont les variables sont respectivement la pression et le temps. La pression appliquée influence largement la composition de l'extrait. Ainsi, une augmentation de la pression entraîne une augmentation du pH et de la teneur en phénols. Etant donné la dépendance asymptotique du rendement vis à vis du temps de pressurage, de longues périodes de pressurage ne sont pas très efficaces. Il est préférable, au contraire, d'opérer en deux étapes successives : après un premier pressage on réduit la

pression de manière à ce que la matière première reprenne plus ou moins son volume initial, puis on recommence le pressurage. Cet artifice permet de réduire sensiblement la durée du cycle tout en augmentant le rendement.

Principaux types de presse

On trouve à la fois des presses qui opèrent en discontinu et d'autres qui permettent de travailler en continu.

□ **Les presses discontinues.**

- Les presses à plateaux horizontaux entre lesquels le produit à traiter est réparti. Le serrage des plateaux peut être effectué au moyen d'une simple vis (ancien pressoir) ou au moyen d'un serrage hydraulique. Dès que le jus de goutte qui s'écoule est légèrement trouble, au plus tard au bout de huit heures, on monte la râpura sur la presse ou le pressoir. On place sur la table du pressoir une claie de fond puis à l'aide d'un cadre spécial, on monte successivement les différents lits de pulpe enveloppée dans les toiles à pressoir adaptées à la texture de la pomme, en séparant ces lits les uns des autres par des claies.

Le meilleur rendement en pur jus est obtenu en divisant la pulpe en lits successifs de 10 à 12 centimètres d'épaisseur, ce qui facilite le drainage de la pulpe : on obtient ainsi 60 % de pur jus.

Lorsque le jus commence à couler en ruisselant le long des lits, le pressurage peut commencer.. Il faut éviter tout contact de la pulpe et du moût avec le ciment et le fer.

- Les presses à membrane constituées d'une cage cylindrique en tôle perforée ou en barreaux métalliques dans laquelle le produit est déversé et ensuite pressé par le gonflement d'une membrane.

□ **Les presses continues sont de deux types soit à vis soit à rouleaux.**

Dans les presses à vis, une ou deux vis sans fin coniques pressent le produit contre une cage semblable à celle d'une presse à membrane. La pression maximale peut être ajustée au besoin en faisant varier les dimensions de l'orifice d'évacuation du solide pressé. Dans les presses à rouleaux le produit à presser passe entre des rouleaux métalliques très durs, rainurés ou lisses, le liquide ruisselle sur les rouleaux avant d'être recueilli sous l'appareil. Les premiers rouleaux permettent d'extraire 50% du moût et les derniers assèchent le marc pour un rendement de 75 %.

Fig 3: Les photographies ci-dessous sont des anciens pressoirs et broyeurs. La première est un broyeur utilisé encore au début du XX^e siècle (1907). Les deux du bas représentent un broyeur hydraulique à clayettes.

1-5 Le remiage du marc

Le remiage consiste à extraire le jus résidant encore dans le marc. On ne le fait que lorsqu'il y a pénurie de pommes.

On épuise le marc avec de l'eau, en pressant une seconde fois. On emploie alors 50 litres d'eau pour 100 kg de marc. On laisse tremper une nuit. Aujourd'hui, cette étape est abandonnée, il n'y a qu'un « pur jus » de première pressée, le marc étant presque totalement épuisé vu la pression que développe la presse. Ce moût de remiage, aussi appelé « petit jus », moins riche en matières extraites que le pur jus, sera mélangé à ce dernier lors de la fermentation.

II-3.2 LA COMPOSITION CHIMIQUE DU MOÛT

2-1 Les sucres

Importance et nature

La teneur totale en sucres est de 110 à 200 g/l. Les sucres majoritaires sont le **fructose**, le **saccharose** et le **glucose**. Le glucose et le fructose sont directement fermentescibles en anaérobiose avec les levures et ils donneront de l'alcool.

Rôle

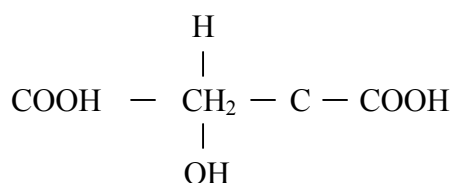
Les hexoses se transforment en alcool sous l'action des levures, dont une concentration importante est synonyme de qualité. En fin de fermentation, le glucose et le saccharose sont totalement consommés. Il ne reste que du fructose. C'est celui-ci qui va donner, en fonction de sa quantité, la saveur sucrée du produit fini. Il est à noter que le fructose a un pouvoir sucrant très important. Si on prend comme base 1 pour le saccharose, le pouvoir sucrant est de 1.4 pour le fructose et de 0.6 pour le glucose.

2-2 Les acides organiques

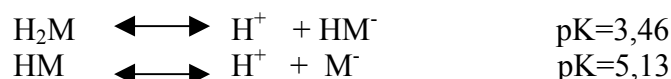
Structure

Les acides organiques sont principalement stockés dans la pulpe. Ils sont soit libres soit combinés sous forme de sels de potassium. Le plus important sur le plan quantitatif est l'acide malique. Il est présent de 2 à 4 grammes par litre dans les pommes douces, douces-amères et amères, sa teneur pouvant dépasser 10 grammes par litre dans les pommes aigres. En fait, il s'agit de l'**acide L (-) malique**. C'est un biacide avec deux constantes de dissociation. On a donc deux équilibres.

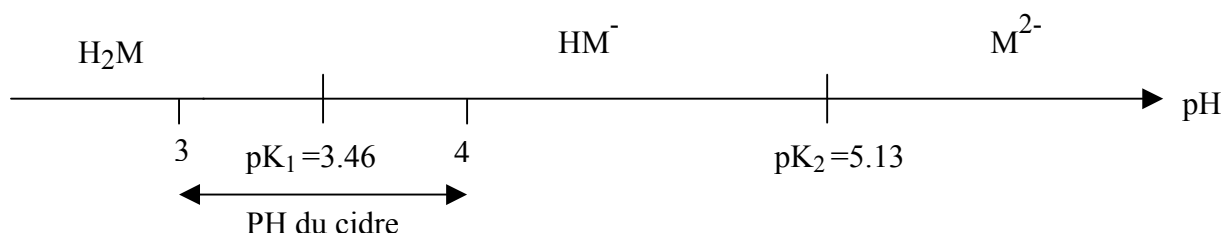
La formule de l'acide malique est :



Les deux équilibres sont :



On peut également se demander en fonction du pH moyen du cidre quelle forme sera majoritaire.



Donc, dans le cidre les deux formes prépondérantes sont la forme acide libre et la forme monoacide libre.

Dans le moût, on constate la présence d'autres acides organiques: **l'acide chlorogénique, l'acide quinique, l'acide ascorbique et l'acide citrique.**

Importance et rôle

L'acide malique va jouer un rôle important lors de la maturation du fruit. Il sera accumulé pendant la croissance herbacée et il sera catabolisé pendant la maturation. Présent dans le moût, il va, pendant la fermentation malo-lactique, être transformé en acide lactique, ceci aura pour conséquence une baisse de l'acidité, donc une augmentation de pH.

L'excès d'azote apporté sous forme d'engrais augmente l'acidité du moût car il y a augmentation de la synthèse des acides organiques. Il rallonge le cycle herbacé de la plante, ce qui décale la maturation du fruit.

L'acidité joue également un rôle important, car elle s'oppose au développement des ferments lactiques. De plus, elle peut avoir d'autres conséquences.

Quand le pH est bas, le développement des bactéries lactiques et le collage sont difficiles. Par contre, à pH élevé, le développement des bactéries lactiques est facile et il y a un risque de casse métallique accru.

L'acide malique empêche le noircissement des cidres, facilite leur clarification, et leur conservation et leur communique une sensation de fraîcheur.

Les acides chlorogénique et quinique participent aux changements oxydatifs et enzymatiques de la couleur du jus.

2-3 Les composés phénoliques

Ils ont une importance très grande lors de l'élaboration du cidre. Ils sont aussi importants que les sucres et les acides organiques. Cependant la concentration de ces composés est différente d'une variété à l'autre. Elle permet de classer ces variétés. Ils forment un ensemble de molécules qui peuvent se répartir en trois classes : les acides hydroxycinnamiques, les flavonoïdes et les tanins.

Les acides hydroxycinnamiques

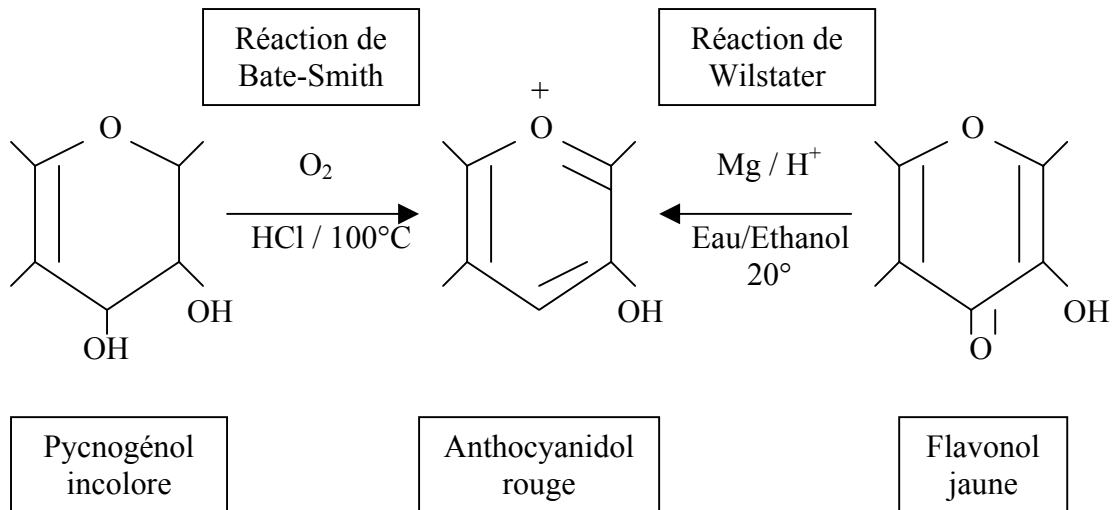
Ils se rencontrent souvent sous forme d'esters, en particulier les esters de l'acide quinique. Deux ont une importance dans la pomme :

- ❑ L'acide chlorogénique qui est l'association de l'acide caféique et de l'acide quinique. C'est de loin le plus représenté dans la pomme. Plusieurs isomères de positions de cet acide ont été identifiés : l'acide cryptochlorogénique ou acide caféyl-4-quinique, l'acide néochlorogénique ou acide caféyl-5-quinique.
- ❑ L'acide para-coumaryl-3-quinique qui est l'association de l'acide coumarique et de l'acide quinique. Il semble être le précurseur de l'acide chlorogénique lors de la biosynthèse, mais on le trouve en moins grande quantité. Sa concentration dans le trognon est supérieure à celle dans la pelure.

Les flavonoïdes

Ils désignent de façon générale des molécules $C_6C_3C_6$ de la pomme.

- ❑ On a les dérivés de la γ pyrone. Ce sont le phényl-2-chromone, les flavanones et les chalcones.
- ❑ Il y a les dérivés du pyranne.
 - **Les flavanols.**
On les désigne de façon impropre par « catéchines ». Quatre stéréo-isomères existent. La pomme contient surtout la (-) épicatechine et un peu de (+) épicatechine. Les composés n'existent jamais sous forme hétérosidiques mais sous forme de polymères constituant les tanins condensés.
 - **Les flavan-3,4-diols**
On les appelle aussi les leucoanthocyanes. Dans la pomme, on retrouve les leucoanthocyanidines.
 - **Les anthocyanidines**
Elles se rencontrent sous forme de cations ou de complexes avec un élément métallique, on peut remarquer que l'on peut obtenir ce composé à partir d'autres flavonoïdes par les réactions suivantes :



L'anthocyanidol est un cation qui est stable et hydrosoluble, c'est un colorant atoxique. Les pigments existent toujours sous forme d'hétérosides, il s'agit des anthocyanosides dont la génine correspondante est l'anthocyanidol.

Dans la pomme c'est surtout la présence du 3-cyanidol-galactoside qui est signalée et il interviendrait pour une bonne partie dans la coloration rouge de l'épiderme.

- **Les flavonols**

Ce sont des composés de couleur jaune. Ils n'existent pas à l'état libre dans la pomme mais sous forme de glycoside. Les composés existants sont : l'hypérine, l'isoquercitrine, la quercitrine, la rutine.

- **Les flavanones- les chalcones- les dihydrochalcones**

La phloridzine est un constituant majeur de la feuille du pommier, de la pelure et du pépin de la pomme.

2-4 Les tanins

Ce sont des **produits de polymérisation**. Ce sont des substances polyphénoliques qui ont la propriété de s'associer et de se combiner avec les protéines ainsi qu'avec certains polyols. Le résultat du tannage est l'établissement de liaisons hydrogènes entre les fibres de collagène de la peau, ce qui confère à cette dernière une résistance à l'eau, à la chaleur et à l'abrasion. Mais, pour l'obtention de ces liaisons, il est nécessaire d'avoir un poids moléculaire défini, car, si celui-ci est trop élevé, la molécule ne peut s'insérer entre les espaces interfibrillaires de la macromolécule et, si celui-ci est trop faible, la molécule s'insère, mais ne peut pas former de liaisons stables. La fourchette du poids moléculaire est de 500 à 3000.

Cette capacité des tanins à se combiner aux macromolécules explique l'astringence des tanins. En précipitant les glycoprotéines salivaires, ils font perdre à la salive son pouvoir lubrifiant. Les tanins se définissent comme des « composés phénoliques hydrosolubles ayant un poids moléculaire entre 500 et 3000 qui présentent, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines ».

Ces tanins, en général, sont plus abondants dans les moûts de pommes amères que dans les moûts de pommes douces, douces-amères et aigres. Ils contribuent à donner du « corps » au cidre, et leur communiquent une amertume plus ou moins prononcée. Ces matières tannoïdes sont responsables des accidents de noircissements des cidres :

- ❑ Soit par casse oxydasique ou suroxydation des tannoïdes du cidre au contact de l'air
- ❑ Soit par casse ferrique ou formation de tannates noirs de fer, par combinaison du tanin avec des sels de fer introduits accidentellement dans le cidre (matériel rouillé...).

On peut distinguer cependant deux groupes de tanins.

❑ **Les tanins condensés**

Ce sont des polymères d'unités flavaniques liées entre elles par des liaisons C_4C_8 et ils sont résistants à l'hydrolyse. Les proanthocyanidines dimères peuvent être classées d'après l'anthocyanidine qu'elles libèrent par traitement à chaud avec HCl en milieu alcoolique. Nous rencontrons, pour la pomme seulement, des procyanidines que l'on peut ranger en deux catégories :

- Les procyanidines de type A : $C_{30}H_{24}O_{12}$
- Les procyanidines de type B : $C_{30}H_{26}O_{13}$
- On peut avoir des procyanidines trimères C

Dans la pomme, nous avons signalé la prédominance de la (-)épicatechine, ainsi il y a prépondérance des dimères B1, B2, B4 et du trimère C1 :

- Procyanidine B1 : (-) épicatechine et (+) catéchine
- Procyanidine B2 : (-) épicatechine et (-) épicatechine
- Procyanidine B4 : (-) épicatechine et (+) catéchine
- Trimère C1 : formé d'unités de (-) épicatechine

❑ **Les tanins hydrolysables**

Ce sont des esters de glucose et d'acide phénol (ex. acide gallique). Ces tanins sont caractéristiques des Dicotylédones. On ne rencontre pas ou peu de ce type de tanins dans la pomme.

2-5 Les substances azotées

Elles sont principalement composées d'acides aminés, composants **indispensables au développement des levures lors de la fermentation des sucres en alcool**. Plus le moût est pauvre en matières azotées, plus tôt le travail de la levure s'arrête. Une défécation bien réussie, élimine du moût 30 à 50 % de ses matières azotées.

Les différentes formes d'azote

□ **L'azote minéral**

Il n'y a pas d'azote nitrique (HNO_3) dans le moût, mais il y a des traces d'azote ammoniacal (NH_3).

□ **L'azote organique**

Il est sous forme d'acides aminés. L'azote aminé libre du moût représente environ 50 % de l'azote total du fruit et quelque fois moins lorsque ce dernier a subi une période de maturation. Parmi les acides aminés, cinq d'entre eux (asparagine, glutamine, acide aspartique, acide glutamique et sérine) représentent 86 à 95 % des acides aminés totaux du moût où ils passent préférentiellement. Ces acides aminés sont parmi ceux qui sont immédiatement consommés par les levures. Parfois, certaines réactions ont lieu entre les divers composés. Avec les polyphénols (acide chlorogénique, catéchines, leucoanthocyanes et les quercitrines) il y a une réaction entre aminoacides et polyphénols oxydés qui conduit à la formation de pigments. Avec les sucres, il se produit une réaction qui donne des pigments bruns mélanoidines. La nature des acides aminés et des sucres réducteurs joue sur l'importance du brunissement.

Rôle

L'azote ammoniacal et certains acides aminés sont les aliments azotés sélectivement assimilés par les levures. Ils **facilitent le démarrage de la fermentation alcoolique**. La consommation des acides aminés par les levures rend le milieu moins favorable au développement des bactéries dans les deux premières semaines de fermentation. Puis les levures excrètent des acides aminés (acide glutamique et valine) essentiels au développement de ces bactéries. De plus, la composition en acides aminés subit un remaniement qualitatif puisque la croissance de bactéries lactiques entraîne l'apport d' α -alanine, de phénylalanine en particulier.

2-6 Les substances pectiques et enzymes

Les substances pectiques

Ce sont des substances qui ne sont libérées que dans les moûts de pommes mûres. Elles se coagulent sous l'action d'une enzyme, la pectine-méthylesthérase pour former le « chapeau brun » et les lies pendant la défécation. Il est donc indispensable de brasser

les pommes mûres pour assurer une bonne défécation. A faible concentration dans les cidres, elles leur communiquent du moelleux et du velouté.

Le jus de pomme est contenu dans la vacuole de chaque cellule parenchymateuse du tissu comestible de la pomme. Chaque cellule est entourée d'une paroi primaire constituée par un gel rigide de pectine, de cellulose et d'hémicellulose. Entre les parois primaires de deux cellules adjacentes est disposée une lamelle moyenne composée principalement de pectine. La paroi primaire des végétaux repose sur le principe architectural suivant :

- ❑ **Des fibres** qui sont généralement constituées d'un polysaccharide : la cellulose.
- ❑ **La matrice** qui est composée de deux sortes de polysaccharides : l'hémicellulose et la pectine.

Nous allons nous intéresser à la pectine qui a un rôle important dans l'élaboration du cidre. La pectine représente 35 % de la paroi primaire des Dicotylédones. Le poids moléculaire varie entre 25 000 et 35 000.

Les molécules de pectine sont des chaînes d'acide polygalacturonique. Elles comprennent des acides α -D-galacturonique (acide uronique dérivant du galactose par oxydation) qui sont reliés par des liaisons osidiques α -1,4 et dont quelques-uns ont les fonctions carboxyliques méthylées et des résidus de rhamnose liés en 1,2 servant de maillon et introduisant des ruptures de chaîne et également des chaînes latérales de sucres neutres parmi lesquels L-arabinose, D-galactose, D-glucose.

Enfin, on peut dire qu'une substance pectique est définie par :

- ❑ Son indice de méthoxyle.
- ❑ Son degré d'estérification.

On distingue donc :

- ❑ **Les protopectines** : substances pectiques insolubles dans l'eau qui se trouvent dans la plante.
- ❑ **L'acide pectique** faiblement estérifié insoluble dans l'eau.
- ❑ **L'acide pectinique ou pectine**, fortement estérifié et soluble dans l'eau.

Pour la pomme, l'indice de méthoxyle des substances pectiques est de 10 %. Dans le jus, il y a seulement les pectines solubles dans l'eau de la pomme.

Les enzymes pectinolytiques

Elles sont responsables de la coagulation des matières pectiques. Elles jouent un rôle important dans la clarification du moût. Il existe deux principaux groupes d'enzymes pectinolytiques dans la pomme. Le mécanisme d'action de ces deux groupes est différent et c'est par addition de l'un des éléments du groupe que l'on va orienter la réaction plus dans un sens que dans l'autre.

- ❑ **Les enzymes pectinolytiques déméthylantes.**
Elles sont encore appelées pectases, pectines méthoxylases, pectine déméthoxylases, pectine méthyl estérases. Elles produisent, par déméthylation des groupements carboxylés, à partir d'acide pectinique des acides pectiques, une quantité équivalente de méthanol et des groupements

carboxylés libres. L'acide pectique donne des sels de calcium insolubles. Elles ont un rôle important lors de la défécation.

❑ **Les enzymes pectinolytiques dépolymérisantes**

Elles sont aussi appelées pectine glucosidase, pectine dépolymérisante. Elles permettent la rupture des liaisons glucosidiques 1,4 des acides pectiques et acides pectiniques.

- Enzymes décomposant principalement les pectines (substrat préférentiel).
On trouve dans cette catégorie les polyméthylgalacturonases (PMG). Il existe les endo-PMG et les exo-PMG. Le terme « endo » désigne les enzymes qui attaquent la molécule en n'importe quel point de la chaîne et qui libèrent les acides oligogalacturoniques jusqu'à l'acide digalacturonique. Le terme « exo » désigne les enzymes dont l'attaque s'effectue à partir de l'extrémité de la molécule avec libération d'acide galacturonique seulement. Puis, on trouve aussi la pectine lyase. Il existe de même l'endopectine lyase et l'exopectine lyase.
- Enzymes décomposant principalement les acides pectiques.
Ce sont les polygalacturonases. Elles hydrolysent la liaison glucosidiques α -D-1,4 des unités D-galacturoniques des chaînes pectiques non estérifiées.

Les enzymes non pectinolytiques

A doses extrêmement faibles, elles favorisent des transformations chimiques telles que le brunissement des tanins (action sur la pulpe et le jus) ou leur insolubilisation. Elles sont donc responsables de réactions :

- ❑ D'oxydation : coloration de la pulpe au contact de l'air, noircissement du cidre par casse oxydasique.
- ❑ De réduction : décoloration de la pulpe à l'abri du contact de l'air

2-7 Les vitamines

Vitamine C

Elle représente 0 à 40 mg pour 100g de pommes à cidre fraîches. Les pommes à couteaux sont moins riches. Dans le moût, on en retrouve la moitié. Après fermentation, la vitamine C est en partie détruite.

Vitamine B

On a :

- ❑ La vitamine B1 : 10 à 700 microgrammes pour 100 g de pommes.

- ❑ La vitamine B2 : 3 à 50 microgrammes pour 100 g.
- ❑ L'acide pantothénique ou vitamine B5: 30 à 200 microgrammes pour 100 g.
- ❑ L'acide folique ou vitamine B9: 8 microgramme pour 100 g.

Vitamine A

Elle se trouve sous forme de carotène à raison de 40 à 100 UI dans la pomme. Dans le cidre la teneur est mal connue.

2-8 Les matières minérales et les oligo-éléments

Les matières minérales

L'ensemble forme les cendres. Le cidre étant riche en eau (90 à 95 % du poids du cidre), les matières minérales sont sous forme de sels dissous. Ces sels sont formés d'ions d'oligoéléments que l'on trouve à l'état d'oxyde.

- ❑ **Potassium** : élément normal puisque les végétaux sont riches de ce métal. Il représente à lui seul 50 % du total des matières minérales (0.7 à 1.2 g par litre).
- ❑ **Sodium** : peu abondant, 60 mg/l.
- ❑ **Calcium** : peu abondant, 55 mg/l.
- ❑ **Magnésium** : peu abondant, 45 mg/l. Le rapport Ca/P=0.75
- ❑ **Phosphore** : peu abondant, 74 mg/l.
- ❑ **Soufre** : peu abondant, 50 mg/l. mais, par le sulfitage, la teneur augmente.
- ❑ **Chlore** : sous forme de chlorures : 10 à 20 mg/l. L'utilisation de CaCl₂ lors de la défécation peut augmenter la teneur.

Oligoéléments

- ❑ **Fer** : dans le cidre, la teneur est de 1 mg/l. Mais, les pommes renferment de l'acide malique qui attaquent les moulins et les surfaces rouillées, ce qui peut donner 2 à 3 mg/l de fer. Des doses importantes provoquent la casse ferrique. Le fer trivalent se combine aux tanins pour former des tannates ferriques noirs, d'où le noircissement du cidre. La teneur maximale en fer fixée par la loi est de 12 mg/l.
- ❑ **Manganèse** : moins de 1 mg/l. Il joue un rôle de catalyseur de fermentation.
- ❑ **Cuivre** : 1 mg/l. Il peut être augmenté si le cidre se trouve manipulé dans un matériel en cuivre et, surtout, si le cidre renferme du SO₂ libre.
- ❑ **Zinc** : 1.5 mg/ kg de pommes.
- ❑ **Aluminium** : 5 mg/ kg de pommes.
- ❑ **Bore** : 5 mg/l de cidre.

2-9 Les arômes

Ils sont localisés surtout dans les cellules épidermiques. Constitués par **un mélange de substances volatiles** sensibles à l'oxydation, les arômes sont rapidement dénaturés si le jus reste exposé à l'air. Au cours du broyage et du pressurage, le moût de pomme estensemencé naturellement par les différents microorganismes se trouvant sur les fruits, sur le matériel de fabrication et dans l'air. De ce fait, tout moût de pomme renferme des levures, des bactéries, des moisissures.

Les constituants essentiels des matières volatiles appartiennent au groupe des alcools et des esters. Parmi les alcools, le butanol et l'hexanol prédominent; dans le groupe des esters, l'acétate d'éthyle, de butyle, d'isobutyle, de pentyle, d'hexyle sont majoritaires. Au cours de la maturation naturelle, les concentrations des esters les plus légers augmentent pour atteindre un maximum. L'augmentation des composés volatils pendant le stockage dépend de la maturité du fruit à la cueillette, de la durée et des conditions de stockage. Lors du broyage, la rupture du tissu du fruit frais entraîne l'oxydation des composés phénoliques, mais également une hydrolyse enzymatique des esters avec formation accrue d'alcools et d'acides. Les acétates subissent donc une diminution lorsque les cellules sont détruites par le broyage et le pressurage, par exemple, l'acétate d'hexyle est détruit par une carboxylestérase présente dans la pomme. L'augmentation du hexan-1-ol et du transhexan-2-ol pendant le pressurage est due à l'hydratation enzymatique des aldéhydes en C₆ formés par clivage des acides linoléiques et linoléniques par voie enzymatique en présence d'oxygène.

Les conditions de pressurage détermineront la formation ou la dégradation des composés volatils et joueront un rôle non négligeable sur la qualité du jus.

La flore microbienne présente sur les fruits au moment du pressurage aurait également une influence sur le métabolisme des composés volatils du jus si elle développe des activités estérasiques. L'étude de l'évolution des substances volatiles pendant la fermentation est difficile à réaliser, mais on peut dire que le butan-1-ol n'évolue pas et que le propan-1-ol et l'hexan-1-ol apparaissent pendant la fermentation.

II-3.3 LA PREFERMANTATION : LA CLARIFICATION DU MOÛT

Que ce soit au stade préfermentaire ou lors de la fermentation, les traitements employés ont pour but de ralentir la fermentation afin de conserver une certaine richesse en sucre au cidre. Lors de la préfermentation, les traitements sont destinés à clarifier le moût. Les plus courants sont les suivants :

- ❑ **Dépectinisation du moût par addition de pectinases**, les pectines vont alors précipiter. Elle sera suivie par une phase de décantation et soutirage au clair.
- ❑ **Dépectinisation du moût par addition de pectinases**, formation d'un floc par addition de produits de collage (gélatine le plus souvent), décantation et soutirage au clair.

- ❑ **Déméthylation des pectines du moût par addition de pectinéméthylestérase**, formation d'un gel de pectinate de calcium par addition d'un sel de calcium, soutirage au clair (c'est la technique dite de défécation).

Un même moût ayant subi des traitements préfermentaires différents et auquel on aura ajouté la même quantité de levures pour assurer la fermentation alcoolique se comporte différemment. Pour atteindre la même atténuation de la quantité de levures, 70 %, il ne lui faudra que 20 jours s'il n'est pas traité, 28 à 30 jours s'il a subi une clarification par dépectinisation et 48 jours s'il a subi une clarification par déméthylation. Ce ralentissement est attribué à un appauvrissement du moût en matières nutritives et en particulier en azote (réduction de 30 à 60 % de l'azote initial selon le moût étudié). La flore est divisée par 2 ou 3 au cours de cette opération. Cependant, cette diminution quantitative est également qualitative. En effet, la flore fortement fermentative serait plus fortement réduite que la flore faiblement fermentative. La défécation reste la meilleure technique en clarification préfermentaire.

3-1 La défécation

Principe

La défécation est un début de fermentation très lente qui ne peut réussir qu'à basses températures. Le moût extrait des pommes brassées dans de bonnes conditions de maturité et de propreté présente au bout de quelques jours les caractères suivants :

- ❑ La surface du moût se recouvre d'une écume brune, épaisse et visqueuse dénommée « **chapeau brun** ».
- ❑ **Des lies** plus ou moins abondantes se déposent au fond du tonneau.
- ❑ **Des bulles de gaz carbonique** viennent crever dans le chapeau indiquant le départ de fermentation.
- ❑ **Le moût** qui était trouble est devenu limpide entre les lies de fond et le chapeau brun de surface.

Ce moût vient donc de subir une défécation naturelle. La défécation assure un débouillage naturel. **Une partie des substances pectiques**, sous l'action de pectinases s'est fragmentée, a flocculé et a précipité dans le fond formant les lies. Une autre, sous l'action de la pectinéméthylestérase a coagulé et est maintenue en surface par les bulles de gaz carbonique. Au cours de cette opération, le moût s'appauvrit en azote, soit par entraînement dans le coagulum de substances azotées de poids moléculaires élevés soit, plus probablement, par élimination des cellules de levures qui ont consommé l'azote soluble nécessaire à leur développement initial.

Actuellement, **deux procédés coexistent** : d'une part, la défécation classique où l'on maîtrise seulement la gélification des pectines par addition d'enzymes et de chlorure de calcium après le pressurage ; d'autre part, la flottation du pectate de calcium, où l'on maîtrise à la fois la gélification et l'élimination du gel dans un appareil de flottation. Ce dernier procédé est surtout utilisé au stade industriel.

La défécation classique ne peut avoir lieu que si un certain nombre de **conditions indispensables** sont réunies à savoir :

- ❑ Richesse en pectines
- ❑ Présence d'une enzyme spécifique, la pectine méthylestérase.
- ❑ Présence de calcium
- ❑ Température de 10 à 12 °C

En même temps qu'on assiste à l'épuration physico-chimique, on assiste à une épuration microbienne : les levures, les bactéries et les moisissures sont fixées dans les lies par ce collage naturel et éliminées ainsi du moût déféqué. Cette défécation présente donc les avantages suivants :

- ❑ **Appauvrissement du moût en matières pectiques et en matières azotées.**
 - Éliminées par défécation les matières pectiques ne seront plus la cause du trouble au cours de la fermentation du cidre.
 - Carencé en azote, le moût fermentera lentement et conviendra à la fabrication du cidre doux (car les matières azotées servant d'aliment aux levures vont leur permettre d'opérer la transformation des sucres en alcool).
- ❑ **Appauvrissement du moût en levures et en ferments de maladie.**
 - L'élimination d'une certaine quantité de levures permet d'obtenir une fermentation lente et continue.
 - La fixation des ferments de maladies par les lies conduit à une épuration microbienne du moût, en assurant sa propreté.
- ❑ **Obtention d'un moût limpide**

Les pectines

Pour une même variété de pomme, la richesse en pectine du moût **dépend de l'état de maturité**. Les moûts de pommes vertes contiennent peu de pectines, ceux des pommes à maturité, beaucoup. Lorsque la maturité est avancée, il y a beaucoup de pectines mais elles commencent à être dégradées et pourront difficilement gélifier. Lorsque les pommes sont pourries, les pectines sont tellement modifiées par les moisissures et les bactéries qu'elles sont devenues inaptées à la gélification. Comme l'apport des pectines est assuré par les pommes, il ne faut utiliser que des fruits arrivés à bonne maturité de brassage et qui sont dans un parfait état sanitaire.

La pectinéméthylestérase

La pomme contient une **faible activité pectinéméthylestérase**. Celle-ci est fortement absorbée par les constituants cellulaires de la pomme insolubles dans l'eau. Ainsi, le jus obtenu ne contient qu'une faible partie de l'enzyme totale renfermée dans le fruit. Certains procédés permettent d'augmenter l'activité. Le jus de rémiage peut être deux fois plus riche en pectinéméthylestérase que le pur jus. La maturité des pommes et le broyage ont également une importance. Mais, la quantité reste limitée donc on ajoute une enzyme fongique produite par *Aspergillus niger*.

La pectinéméthylestérase catalyse l'hydrolyse des esters méthyliques des acides pectiniques. La réaction se traduit par une baisse du pH et par une libération de méthanol. Ces deux modifications peuvent être utilisées pour mesurer l'activité de l'enzyme.

Le rôle de la pectinéméthylestérase serait prédominant dans la vitesse de coagulation. La teneur en pectines pures jouerait surtout sur l'importance et le volume du « chapeau brun ».

Le calcium

La pectine peut gélifier de deux façons.

- ❑ **La pectine « high methoxyl »** (fortement méthylées) que l'on trouve dans la pomme mûre peut gélifier en présence de sucres à une concentration égale ou supérieure à 50 %. C'est le cas de la fabrication de la confiture où l'on chauffe pour concentrer et arriver à 50 % en sucre.
- ❑ **La pectine « low methoxyl »** dont le degré d'estérification est inférieur à 50 %, forme des gels en présence de calcium. Il semble que le calcium forme des ponts entre les groupements COO^- libres reliant ainsi deux chaînes. La quantité de calcium présente dans les moûts est souvent trop faible. C'est pourquoi depuis longtemps, il est conseillé d'ajouter un sel de calcium. On préconise l'emploi de chlorure de calcium à la dose de 100 mg de calcium par litre de moût. Ce sel ayant l'avantage d'être entièrement soluble et d'éviter l'alcalinisation des lies favorise ainsi le développement des bactéries lactiques. La législation française admet actuellement la dose maximale de 4 millimoles de calcium par litre.

Chélation du calcium par la pectine déméthylée

La présence d'ions Ca^{2+} et d'autres ions divalents dans des solutions de pectine faiblement méthoxylée provoque la **formation de gels pectiniques**. On observe que cette formation est fonction de la distribution des fractions carboxyliques libres le long de la molécule. La gélification est favorisée par une déméthylation enzymatique (par blocs) et défavorisée par une déméthylation chimique (répartition au hasard).

L'ion calcium est chélaté par deux fonctions carboxyliques appartenant à deux chaînes pectiques et différentes fonctions hydroxyles portées par quatre restes d'acide anhydrogalacturonique. Les liaisons du type intermoléculaire confèrent aux séquences d'acides galacturoniques une structure en feuillets plissés. La liaison entre les chaînes est considérablement renforcée lorsque la longueur de la séquence anhydrogalacturonique dépasse une valeur critique de 20 unités.

On obtient une courbe de gélification. On détermine pour la courbe deux grandes caractéristiques :

- ❑ **L'amorce de gélification,**
- ❑ **La vitesse de gélification.**

L'action de la pectinéméthylestérase sur les pectines provoque une libération de méthanol qui n'est pas linéaire. La phase initiale rapide est suivie d'un ralentissement. L'amorce de la coagulation des substances pectiques de pommes nécessite la libération de 20 à 25 % du méthanol total ce qui équivaut, compte tenu du taux d'estérification des pectines au départ 70 %, à un degré d'estérification maximum de 50 %.

La réaction de la chélation de la pectine et du calcium est la suivante :

Pratique de la défécation

- ❑ **Mettre le moût de la presse dans le fût propre** : remplir 10 % puis apporter l'enzyme (pectineméthylestérase) 7 à 10 ml par hectolitre après l'avoir dilué dans un peu de moût.
- ❑ **Apporter le chlorure de calcium**, séparément de l'enzyme, après dissolution dans un peu de moût (5 à 6 litres) à mi-remplissage.
- ❑ **Vérifier la température du moût** de façon à estimer approximativement le temps nécessaire à la formation du chapeau brun et à surveiller le moment opportun de soutirage qui sera effectué par gravité de préférence. La température ne devra pas être trop élevée car il y aura prolifération des microorganismes qui vont gêner la gélification.

Il faut remarquer que ce procédé de défécation entraîne une diminution de la teneur en méthanol.

3-2 Le collage

Définition

Le collage consiste à **ajouter au cidre un produit** clarifiant capable de s'y coaguler et de donner des flocons. La formation des flocons et leur sédimentation entraînent les particules du trouble et clarifient le cidre. Les produits clarifiants appelés colles dans le langage courant sont les suivants :

- ❑ **Des substances protéiques et analogues protéiques** formant avec le tanin du cidre une matière insoluble. Ce sont :
 - La gélatine
 - La caséine
 - Le blanc d'œuf
 - Les polyamines
 - Le polyclar AT
- ❑ **Des tanins et substances se combinant aux protéines de cidre** pour former une matière insoluble
 - Tanin
 - Cachou
 - Bentonite. L'addition de bentonite peut être employée pour le travail des matières pauvres en tanins pour fixer la gélatine en excès lors du collage.
- ❑ **Des substances agissant mécaniquement**
 - Kaolin

Le cidre en fin de fermentation contient du gaz carbonique qui va contrarier la chute du composé insoluble formé de la matière clarifiante combiné à la particule formant le

trouble. Le cidre doit être également débarrassé des colloïdes protecteurs : gommes, mucilages qui s'opposent à la floculation.

Mécanisme

Si on considère **le cidre comme une solution**, on peut la définir comme un mélange hydro alcoolique que l'on appelle solvant. Il contient des substances dissoutes appelées solutés. On peut également dans ce solvant disperser des substances solides très petites, non visibles au microscope, de taille comprise entre 2 et 200 nanomètres. Cet état très dispersé de la matière est appelé solution colloïdale. Elle peut être considérée comme un état intermédiaire entre la solution vraie et les suspensions. Les particules colloïdales ont des structures très variées qui conduisent à classer les solutions colloïdales en plusieurs groupes. Tout d'abord, il y a **les solutions micellaires** qui sont des solutions avec des agglomérats de quelques centaines d'unités moléculaires, les micelles (ces solutions ne nous intéressent pas pour le cidre). Puis, il y a les **solutions macromoléculaires**. Dans ces solutions, un colloïde peut flocculer :

- ❑ Par perte de charge électrique en captant des ions de signe contraire.
- ❑ Par augmentation de poids provoqué par l'attraction de 2 granules de signes contraires, c'est la floculation mutuelle.

Les macromolécules ne flocculent pas facilement. En effet, la particule colloïdale en plus de la charge qu'elle porte, peut être entourée d'une couche de molécules d'eau retenues par affinité polaire et qui constituent une protection contre la floculation. Pour perdre leur stabilité et flocculer, les macromolécules doivent subir des transformations.

- ❑ **Une perte de solvant** pour devenir micelle. C'est une desolvation qui s'appelle déshydratation dans le cas de l'eau. C'est la raison pour laquelle on sépare normalement les colloïdes du vin par alcoolisation jusqu'à 80 ° ou que l'on précipite les protéines de leurs solutions par saturation avec des sels, qui, en se solvant, ôtent de l'eau aux molécules protéiques, en les privant de la couche de solvant protectrice.
- ❑ **Une perte de charge électrique**

La gélatine

Le traitement du moût à la gélatine après dépectinisation et avant filtration, permet l'élimination des substances responsables de la formation ultérieure des troubles et permet une amélioration du goût, de l'odeur et de la couleur des jus. La gélatine est caractérisée par la rigidité (exprimée en degré Bloom). La meilleure clarification s'obtient avec des gélatines de faible degré Bloom dégradée par voie acide aux doses habituelles. L'addition doit se faire en continu et en couche mince. La gélatine doit être utilisée en solution aqueuse de 1 à 5 %. La floculation est optimale entre 1 et 5 °C.

La bentonite

C'est un silicate d'alumine hydratée. Elle possède des propriétés remarquables, entre autres celle de gonfler dans l'eau en donnant une masse gélatineuse et volumineuse. Le principe de leur réaction avec les protéines est le suivant : les particules de bentonites chargées négativement s'allient aux ions positifs et forment ainsi des agrégats neutres qui coagulent et précipitent. Dans les produits cidricoles, les bentonites permettent d'éliminer des doses variables d'azote ; ce sont celles correspondant à l'azote albuminoïde. La perte serait de 5 à 35 % selon les variétés. Un des principaux défauts de la bentonite est d'élever le pH du jus de pomme. Trois à quatre grammes par hectolitre provoquent une élévation de 0,6 à 0,7 unité pH, ainsi que son enrichissement en matières minérales.

Il y a donc **absorption de composés de nature protéique, albuminoïde et polypeptide** à plus ou moins longues chaînes. Ces diverses substances constituent souvent par leur masse l'élément le plus important du trouble, mais ne représentent qu'une très faible partie de l'azote total du jus. Par exemple, dans un concentré trouble, l'azote du trouble ne représente que 5 % de l'azote total du concentré. L'azote fixé par la bentonite ne correspond qu'à environ 7 % de l'azote total.

3-3 Le soutirage

Cette opération consiste à séparer le cidre des dépôts qui se forment au fond des fûts (les lies) et du chapeau brun qui se forme au-dessus.

Le soutirage est réalisé quand :

- ❑ Il y a eu **insolubilisation de la pectine** par formation d'un gel de pectinate de calcium qui va former le chapeau brun (dépécation).
- ❑ Il y a **sédimentation de particules en suspension** qui obéit à la loi de Stokes; elles vont former les lies. Grâce à la loi de Stokes, on peut connaître la vitesse de sédimentation. Mais dans le cidre tout n'est pas aussi simple. En effet, il y a des colloïdes protecteurs qui peuvent gêner la clarification (voir collage). Il y a également des bulles de gaz carbonique qui peuvent provoquer une agitation empêchant ainsi la sédimentation.

Le soutirage sera réalisé à l'abri de l'air. Les soutirages doivent être effectués par temps clair et sec ; c'est-à-dire, lorsque la pression atmosphérique est forte. Dans le cas contraire, les gaz dissous auraient tendance à se dégager, remettant les lies en suspension ; une mauvaise clarification s'en suivrait. Le soutirage n'est pas vraiment efficace qu'après dépécation, il sera réalisé au bout de 5 jours, temps mis par le moût pour déféquer.

Fig 4: schéma du soutirage.

3-4 La filtration

Définition

La filtration est un processus physique de séparation utilisé pour rendre limpide ou pour stabiliser un produit.

❑ **La filtration pour rendre limpide**

Il s'agit de séparer des particules colloïdales ou cristallines dites matières en suspension afin d'obtenir un liquide de parfaite limpidité. La limpidité s'exprime en unité de mesure NTU (normal turbidity unit). Il faut savoir qu'une turbidité de 50 NTU correspond à un liquide légèrement trouble, une turbidité de 10 NTU à un liquide limpide.

❑ **La filtration pour stabiliser (supprimer l'essentiel de la flore lévurienne et bactérienne).**

Elle est très utilisée dans les industries du jus de fruit, car il s'agit de stabiliser le jus afin qu'aucune fermentation ne se produise. Il faut donc capter les levures, les bactéries. Pour apprécier l'efficacité d'une telle filtration, on a recours à la numération après culture en boîte de pétri.

Les particules gênantes pour la filtration se trouvent dans la gamme de 10 angström à 0,5 micromètre. Ce sont des particules colloïdales qui restent en suspension et provoquent l'effet Thyndal avec la lumière (aspect laiteux). Les levures qui mesurent plus de 0,5 micromètre sont faciles à éliminer du liquide.

Les mécanisme de la filtration

❑ **La filtration trans membranaire.**

On trouve trois principes de filtration :

- La filtration par tamisage
Il suffit ici, de retenir simplement les particules dont le diamètre est inférieur à celui des pores du média filtrant. Le colmatage sera faible si les particules sont solides et indéformables, par contre, il apparaîtra rapidement dans le cas de produits amorphes, colloïdaux, ce qui peut être le cas des cidres. Il n'y a pas ici de risque de relargage.
- La filtration par profondeur
Les filtres ont une épaisseur de l'ordre du mm. Il est possible d'arrêter les particules de diamètre très nettement inférieur à celui du pore puisque le fluide va être soumis à une succession de changements de section et de direction. Il y a un risque important de relargage.
- La filtration par électrocinétisme.
C'est une filtration par profondeur un peu particulière car les particules sont retenues par absorption. Cependant, ce type de filtre n'est plus utilisé car il possédait de l'amiante.

□ **La filtration tangentielle**

On fait circuler le liquide parallèlement à la membrane de filtration dont on empêche le colmatage par un balayage permanent. On distingue :

- le perméat ou ultrafiltrat qui est passé au travers de la membrane avec des molécules de diamètre inférieur au diamètre des pores de la membrane.
- le retentat enrichi en molécule de diamètre supérieur au diamètre de la membrane.

Les membranes sont assemblées en modules. Quatre types de configurations sont possibles :

- plane
- tubulaire
- fibre creuse
- spirale : il s'agit d'un module plan enroulé d'un tube poreux collecteur du perméat.

- **L'ultrafiltration** est d'abord destinée à la fabrication des jus de pomme, mais elle a fait son apparition dans la fabrication du cidre. Mais certains problèmes se posent. Pour que l'ultrafiltration puisse s'effectuer à un débit suffisamment élevé, il faut actuellement travailler avec un moût porté à 50°C. Cette obligation de traiter à chaud accélère l'action enzymatique de la polyphénol oxydase transformant les polyphénols présents dans le moût en composés très bruns. Donc, le produit est foncé, ce qui n'est pas une caractéristique très favorable. En fait, on a remarqué que si l'on opère un

collage par protéine avant la clarification, on réduit le phénomène occasionné par la rétention des tanins.

II-3.4 LA FERMENTATION DU CIDRE

4-1 Introduction

La transformation du moût de pommes à cidre ne se résume pas à une simple fermentation alcoolique d'un substrat sucré sous l'action d'une levure fermentative type *Saccharomyces* ; en réalité elle résulte de l'action d'une microflore complexe constituée de levures et de bactéries. Le processus fermentaire employé conduit à 2 types de cidres :

- ❑ **Le cidre de consommation** caractérisé par une fermentation lente et partielle. Les techniques mises en œuvre visent à ralentir la fermentation alcoolique et à maintenir la teneur désirée en sucre résiduel.
- ❑ **Le cidre de distillation** caractérisé par une fermentation plus rapide et totale.

Ainsi, il est possible de distinguer deux types de schéma de fermentation :

- ❑ **Une fermentation « naturelle »** au cours de laquelle il n'y a pas d'opérations technologiques majeures; c'est le cas de la plupart des cidres de distillation.
- ❑ **Une fermentation « semi contrôlée »** qui fait appel à la clarification, à la filtration et à la centrifugation pour séparer la biomasse pour ralentir la fermentation, à l'emploi de faible quantité d'anhydride sulfureux. C'est le cas de la plus grande majorité des cidres de consommation, surtout en milieu industriel. La fermentation « semi contrôlée » sera choisie pour l'élaboration du cidre artisanal, elle sera appelée fermentation lente et partielle du cidre.

Cette fermentation « semi contrôlée » se résout schématiquement en 2 phases :

- ❑ **Une fermentation principale** qui correspond à une consommation relativement rapide de sucre et à la production de l'essentiel de l'éthanol du cidre.
- ❑ **Une fermentation secondaire**, appelée maturation, qui correspond à un développement des bactéries lactiques.

On peut se demander pourquoi on réalise une fermentation lente ? tout d'abord, pour ses effets positifs sur les qualités organoleptiques du cidre :

- ❑ **Les composés tels que le diacétyle et l'acétoïne** donnent au cidre des goûts dits de « ferments ». Ils sont produits en grande quantité lors des fermentations rapides dues à des températures élevées, à la présence d'une forte population lévurienne. On sait que leur concentration est réduite au cours d'une fermentation lente.

- On a montré que les **conditions entraînant des fermentations rapides** (forte teneur en azote, température élevée) favorisaient également l'apparition d'alcools supérieurs au détriment des esters. Or, il semble que la participation de ces esters à la saveur « fruitée » soit essentielle.

De plus, le cidre recherché par le consommateur doit être légèrement sucré. Toutefois, un cidre sucré dont la fermentation est totalement arrêtée devient fragile car il n'est plus protégé ni par la production de gaz carbonique ni par la compétition nutritionnelle exercée par les levures vis-à-vis des micro-organismes de maladies.

4-2 La composition microbienne du moût

Les levures

Pour s'affranchir des fluctuations quantitatives et qualitatives de la matière première, il est important de bien **maîtriser le développement de la flore levurienne**. Les écosystèmes microbiens naturels des jus de fruits se caractérisent par des mélanges de populations de genres, espèces et souches différents provenant des sols, des eaux, des fruits et du matériel.

Cette flore complexe est composée majoritairement par des espèces comme *Hanseniaspora valbyensis*, *Metschnikowia pulcherrima*, *Pichia*, *Sacharomyces cerevisiae var uvarum*.

M. pulcherrima est une levure assez fréquente sur les pommes et, lorsqu'elle est présente dans les vergers, elle y est abondante. Selon certains, *S. cerevisiae* n'est pas une souche majoritaire de la microflore des pommes, mais semble plutôt un contaminant naturel des usines.

Des travaux ont montré que les premiers jours de la fermentation du cidre sont caractérisés par la présence de levures non *Saccharomyces* : *Kloeckera*, *Hanseniaspora* et *Candida* qui se multiplient rapidement pour produire du gaz, de l'alcool et des esters. Comme le niveau d'alcool augmente, cette flore meurt et est remplacée par *S. cerevisiae*. D'autres travaux montrent que la souche *Kloeckera apiculata* qui se multiplie rapidement en début de fermentation, meurt petit à petit lorsque la concentration en alcool atteint environ 2 à 5% (v/v) d'éthanol.

La Suisse et la Grande-Bretagne ont opté pour une fermentation des moûts préparés à partir de concentrés avec inoculation de souches pures de levures. L'addition de dioxyde de soufre au début de fermentation permet de détruire la plupart des souches présentes naturellement. La souche pure de levure obtenue par culture est alors ajoutée au moût sulfité.

SYSTEMATIQUE DES LEVURES DU CIDRE

LEVURES ASCOPOROGENES OU LEVURES VRAIES (ASCOMYCETES)

- ❑ **Spermophthoraceae** : hyphes non septées, haploïdes, les sporangiophores peuvent copuler et former un mycelium diploïde, ce mycelium est habituellement mononucléé et peut former 8 à 12 ascospores en fuseaux.
 - *Metschnikovia pulcherrima*
- ❑ **Saccharomycetaceae** :
 - ❖ Multiplication végétative par bourgeonnement bipolaire
 - *Hanseniaspora valbyensis*
 - ❖ Multiplication végétative par fission et bourgeonnement ou bourgeonnement seul
 - *Issatchenkia Orientalis*: ascospores sphériques, verruqueuses, non libérées
 - *Debaryomyces Mansenii*: ascospores sphériques ou ovales, verruqueuse, non libérées.
 - *Pichia fermentans*, *Pichia membranefaciens* : ascospores sphériques, hémisphériques, en chapeau ou saturne, lisses ou verruqueuses, libérées.
 - *Saccharomyces cerevisiae var uvarum*, *Saccharomyces kluyveri* : ascospores sphériques ou ovales, lisses, non libérées.
 - *Torulaspota belbruckii* : ascospores sphériques ou ellipsoïdales, verruqueuses ou lisses, non libérées.
 - *Williopsis saturnus* : ascospores saturnes

LEVURES ASPOROGENES OU LEVURES FAUSSES

- ❑ **Cryptococcaceae** : cellules bourgeonnantes, pseudo et vrai mycelium. Arthrospores possibles. Cellules hyalines ou rouges oranges jaunes grâce à des caroténoïdes, rarement brunes ou noires. Levures soient strictement oxydatives, soient oxydatives et fermentaires.
 - *Brettanomyces claussenii* : bourgeonnement multilatéral. En conditions aérobies, production d'acide acétique à partir du glucose.
 - *Candida* : bourgeonnement multilatéral ou polaire. Pas de pigmentation caroténoïde. Pas de formation d'acide à partir du glucose.
 - *Kloechera apiculata* : bourgeonnement bipolaire sur une large base. Cellules apiculées en forme de citron.

Les bactéries

Parmi les bactéries présentes, ce sont les **bactéries lactiques** les mieux adaptées pour survivre dans les conditions anaérobies de la fermentation du cidre. Ces organismes micro-aérophiles utilisent les sucres résiduels pour donner de l'acide lactique et sont capables de supporter la compétition avec les levures.

Les travaux de Carr et Davies ont montré que dans les premiers temps de la fermentation, ce sont surtout des **homofermentaires** qui se développent, tels que *Lactobacillus plantarum* et *L. mali*. Ensuite, ces derniers disparaissent pour laisser la place aux **hétéro-fermentaires** comme *Lactobacillus collinoides*. Si la fermentation lactique est active, la fermentation malo-lactique est, quant à elle, réduite tant que les levures restent en activité. De plus, le développement de ces différentes bactéries au cours de la fermentation est directement lié à l'évolution de la température.

Bien que l'on puisse trouver des *Leuconostocs* pendant la fermentation, ils sont plus généralement rencontrés au moment du stockage du cidre où la température moins élevée leur est plus favorable. Ces souches peuvent utiliser l'acide malique résiduel, et, seulement pour certains souches, l'acide quinique.

En ce qui concerne les **bactéries acétiques**, on pourrait penser, parce qu'elles sont aérobies, qu'elles sont incapables de survivre dans les conditions anaérobies de la fermentation du cidre. Des travaux de Carr et Passmore ont montré que les bactéries acétiques peuvent se développer dans le moût avant que les levures ne commencent la fermentation, survivre jusqu'au conditionnement et recommencer leur développement.

Différentes souches ont été isolées :

- ❑ *Acetomonas ssp.*
- ❑ *Acetobacter mesoxydans*
- ❑ *A. xylinum*
- ❑ *A. rancens*
- ❑ *A. aceti*

4-3 La fermentation alcoolique

Classification des levures

Les levures sont des êtres vivants unicellulaires. Elles sont limitées par une paroi épaisse dont la composition essentielle est à base de polymères glucidiques auxquels sont associés des constituants protidiques.

Au sein du groupe des levures une fraction peut être considérée comme organismes anaérobies facultatifs, c'est-à-dire susceptibles d'utiliser les sucres en aérobiose comme en anaérobiose. Une autre fraction, au contraire, se comporte en aérobies obligatoires. Les anaérobies facultatifs pourront donc dégrader en anaérobiose le glucose (ou le fructose) en éthanol et CO₂, c'est la fermentation alcoolique. En aérobiose, les processus fermentaire et respiratoire pourront participer tous deux à la dégradation du glucose.

- ❑ **Les levures de type respiratoire** : durant la croissance en présence d'oxygène moins de 30 % du glucose est fermenté. L'intensité respiratoire

est élevée, le glucose étant complètement dégradé en dioxyde de carbone et en eau. Le rendement énergétique est élevé, la croissance est rapide et peu de glucose est utilisé pour synthétiser une masse donnée de levures par unité de temps.

Appartiennent à ce groupe quelques espèces du genre *Pichia*.

- ❑ **Les levures de type fermentaire** : durant la croissance en présence d'oxygène la grande majorité du glucose est fermentée (plus de 90 %). L'intensité respiratoire est faible. Le glucide étant incomplètement oxydé lorsqu'il y a production d'éthanol, le rendement énergétique est faible, la croissance est souvent moins rapide et beaucoup de glucose est utilisé par gramme de matière sèche formée.

A ce groupe appartiennent les genres *Saccharomyces* et *Brettanomyces*.

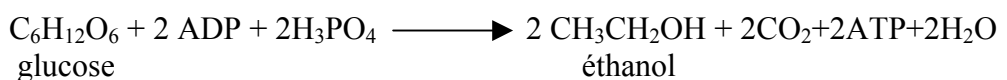
Métabolisme des levures

- ❑ **Alimentation carbonée.**

La levure ne peut pas synthétiser les glucides. Elle doit donc les trouver dans le milieu extérieur où elle se multiplie. Mais tous les sucres ne se ressemblent pas et ils sont attaqués différemment :

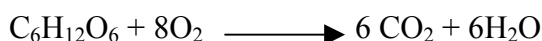
- Les sucres en C6 (hexoses : glucose, fructose,...) sont directement fermentescibles.
- Les sucres en C12 doivent être préalablement invertis en deux sous l'action d'une diastase sécrétée par la levure elle-même, mais surtout contenue dans la pomme.

Leur utilisation par la voie fermentaire (anaérobiose) peut se résumer en partant du glucose à :

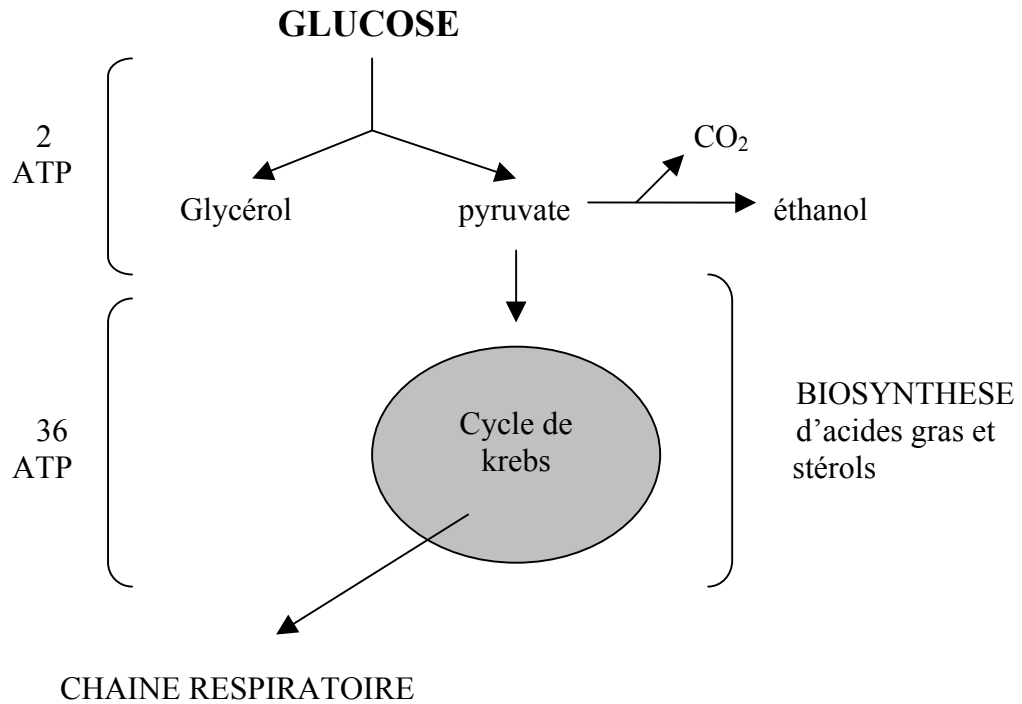


Le bilan massique est : 100 g de sucres donne 2 à 4 g de levures, 58 g d'éthanol, 40 g d'eau.

L'utilisation en aérobie est :



La dégradation du glucose peut être représenté par ce schéma ci-dessous.



Le bilan massique est: 100 g de sucre donne 45 g de levure et 55 g de CO₂.

□ **Alimentation azotée.**

L'azote est un élément indispensable à la levure lors de sa multiplication. En effet, les matières azotées représentent 60 à 70 % de la matière de la levure. Deux voies de dégradation sont utilisées :

- La désamination oxydative d'un acide aminé s'accompagnant d'une décarboxylation. Il y a formation d'un alcool supérieur jouant un rôle important sur l'arôme.
- La désamination couplée de deux acides aminés différents par une oxydoréduction entre les deux molécules.

□ **Rôle de l'oxygène.**

L'anaérobiose stricte et prolongée amène la mort des levures. L'oxygène est bloqué dans le moût par l'action des enzymes. Il sera libéré au fur et à mesure des besoins du milieu. L'oxygène doit être dissous dans le milieu avant d'être assimilé. Ce n'est pas le gaz qui joue un rôle mais la réserve d'oxygène disponible. Rappelons que pour fabriquer 1g de substances les levures consomment 2 g de sucre en aérobiose ou 25 à 50 g de sucre en anaérobiose.

Caractères des levures lors de la fermentation

Les levures peuvent être appréciées par leur **rendement en alcool**. On sait que pour produire un degré d'alcool il faut 21 g de sucre à *Kloeckera* et seulement 17g à *Saccharomyces cerevisiae*. Il est important de connaître le degré alcoolique maximum pouvant être obtenu avec la levure. Ainsi, par exemple, l'activité fermentaire de *Kloeckera apiculata* cesse dès que le moût atteint 5 % d'alcool, les levures du genre *Saccharomyces* ont un bon pouvoir alcoogène et peuvent avoir une activité métabolique jusqu'à un taux d'alcool de 14 °.

Il est souhaitable de savoir leur aptitude à élaborer de la mousse; si celle-ci est un inconvénient au début de la fermentation elle peut être intéressante lors de la mise en bouteille. Enfin il est bon de connaître leur résistance à l'anhydride sulfureux. Par exemple *Kloeckera apiculata* est très sensible, elle sera donc facilement diminuée lors du sulfitage, mais *Saccharomyces cerevisiae* est assez résistante au SO₂.

Rôle

La fermentation du cidre se déroule sous l'action d'une flore complexe qui semble nécessaire aux propriétés organoleptiques du cidre. L'action d'une flore lévurienne mixte pendant la fermentation principale semble participer à l'élaboration d'une boisson dont les caractéristiques sont celles du cidre.

L'évolution de la microflore s'opère de la façon suivante : disparition des levures respiratoires trois jours après le départ en fermentation, puis croissance des levures fermentatives qui vont transformer les sucres en alcool, gaz carbonique et composés aromatiques volatils, enfin le développement des bactéries lactiques lorsque la vitalité des levures diminue.

En effet, la fermentation se déroule en trois phases. La première phase est la phase de « préfermentation » qui dure une semaine environ pendant laquelle la microflore est complexe. Ensuite, la deuxième phase est la phase de « fermentation » proprement dite sous l'action exclusive ou presque exclusive de *Saccharomyces cerevisiae* (*var uvarum*). Celle-ci devient donc prédominante pour atteindre son maximum lorsque la moitié du sucre est consommé. Enfin, une phase de post-fermentation appelée « maturation » où de nouvelles espèces secondaires apparaissent.

La population totale de levures varie de façon importante suivant les traitements du moût et surtout en fonction des conditions de fermentation. A titre d'exemple, la population initiale de 60000 levures/ml atteint 10 000 000 au bout de 21 jours de fermentation, la moitié du sucre initial ayant été consommée pour redescendre à 5 000 au 105^e jour, lorsque presque tout le sucre a été utilisé. Dans la phase finale de la fermentation, la population des *Saccharomyces* diminue soit spontanément par flocculation ou précipitation ou provoquée par filtration ou centrifugation. C'est alors que des levures telles *Brettanomyces anomalus* sont susceptibles d'être isolées. Celles-ci semblent responsables des caractéristiques sensorielles de certains cidres car elles donnent de l'acétamide responsable d'un goût dit «de souris» caractéristique.

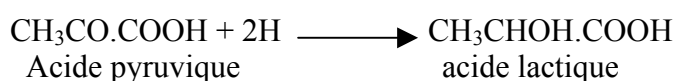
Outre la transformation des sucres en alcool et la modification de la flore, **le changement le plus important se situe au niveau de la teneur en acides organiques**

et en composants de l'arôme. Il y a augmentation de l'acidité due principalement à la formation d'acide L(-)-malique par les levures. On note un accompagnement par les acides gluconique, lactique et succinique. Les acides α -cétoglutarique, 2-cétogluconique sont à l'état de traces.

Lorsque les levures fermentatives baissent leur activité, on assiste au développement des bactéries lactiques, profitant ainsi des conditions favorables. Ces conditions peuvent se rencontrer par exemple en cas de déficit du milieu en thiamine, déficit qui est responsable d'une accumulation d'acide pyruvique. Cette nouvelle flore microbienne va alors modifier la composition chimique du moût et, en particulier au niveau :

- **Des sucres** : ils vont être transformés en alcool.
- **Des acides organiques** : la formation d'acides (malique surtout, puis lactique et succinique).

Les bactéries lactiques homofermentaires réduisent directement le pyruvate en acide lactique :



Les bactéries hétérofermentaires utilisent le glucose et le fructose comme sources d'énergie et le fructose comme accepteur d'hydrogène, conduisant respectivement à la formation :

- D'éthanol, de CO₂, d'acide lactique et d'acide acétique, parfois de polysaccharides
- De mannitol

Un certain nombre de sucres et de composés apparentés ne sont pas métabolisés par les levures, comme le xylose, les polyols en C₆ (mannitol par exemple), le sorbitol, l'arabinose, le glycérol, et même parfois le glucose et le fructose si la flore se réduit aux bactéries lactiques homofermentaires. Si les conditions de stockage sont favorables, ces sucres résiduels peuvent devenir des sources d'énergie pour les bactéries acétiques. Le sorbitol par exemple, peut ainsi être converti en sorbose et, éventuellement en 5-oxo-fructose.

Les levures peuvent produire de l'acétaldéhyde qui se combine au SO₂ libre présent dans le moût. Ces composés (acétaldéhyde et céto-acides) sont très importants en industrie, car ils rendent l'addition de SO₂ inefficace.

4-4 La fermentation malo-lactique

C'est la **fermentation secondaire ou maturation**. Elle résulte de l'élimination des levures de *Saccharomyces cerevisiae* par filtration ou centrifugation ou même simple décantation. Au bout de quelques mois (trois à six) des espèces lévuriennes à faible taux de croissance telles que *Brettanomyces* sont détectées. C'est également au cours de cette période que les bactéries lactiques appartenant à l'espèce *Leuconostoc oenos* envahissent le milieu profitant de l'activité fermentaire des levures.

Ces bactéries attaquent l'acide malique en provoquant une perte d'acidité.

Ces bactéries lactiques sont responsables de cette transformation, c'est pourquoi elle a été appelée fermentation. Mais le terme est inexact car la réaction est d'origine enzymatique et la synthèse de l'enzyme malo-lactique par les bactéries est soit constitutive soit inductive.

Les bactéries lactiques

Ce sont des micro-organismes unicellulaires. On distingue deux types selon le mode d'utilisation du glucose :

- ❑ **Les bactéries homofermentaires.**
Elles ne produiront que de l'acide lactique.
- ❑ **Les bactéries hétérofermentaires.**
Elles produiront également de l'acide lactique, mais aussi de l'acide acétique, du glycérol, de l'éthanol.

Il faut également considérer le pH du milieu pour savoir si la fermentation malo-lactique est pure ou non. En effet, la fermentation malo-lactique pure n'entraîne que la dégradation de l'acide malique.

La fermentation malo-lactique non pure amène la dégradation de l'acide malique et d'autres substrats, notamment les sucres. Les bactéries lactiques attaquent les différents substrat à pH déterminés dont les valeurs s'appellent pH d'attaque ou pH seuil. Pour chaque espèce, il existe un pH seuil sucre et un pH seuil acide.

FAMILLES	GENRES	ESPECES	FERMENTATION	pH SEUIL SUCRE	pH SEUIL ACIDE
STREPTOCOCCACEAE	LEUCONOSTOC	OENOS	HETERO-F	3.6	3.4
LACTOBACILLACEAE	LACTOBACILLUS	BREVIS	HETERO-F	3.0	3.0

Pour *Leuconostoc oenos* avec un pH compris entre 3,4 et 3,6, il réalisera une fermentation malo-lactique pure. Pour *Lactobacillus brevis*, ainsi que la plupart des bacilles, le pH seuil acide et pH seuil sucre est très voisin, ils ne réalisent donc jamais une fermentation malo-lactique pure. Mais au niveau du cidre les deux espèces cohabitent, donc, il n'y aura jamais de fermentation malo-lactique pure.

Facteurs influençant :

Le pH

Il influe sur :

- ❑ La sélection de l'espèce persistant dans le milieu
- ❑ La vitesse de multiplication des bactéries

- La nature du substrat métabolisé (à pH<3 la fermentation malo-lactique est impossible, à pH>4.5 la fermentation malo-lactique est ralentie).

L'éthanol

Il influe sur la multiplication et la sélection de l'espèce. Exemple : à un degré alcoolique de 13 °, *Leuconostoc* ne se développe plus tandis que *Lactobacillus* supporte des degrés encore plus élevés.

L'anhydride sulfureux

Les bactéries sont sensibles à toutes les formes de SO₂. Si on désire réaliser une fermentation malo-lactique on devra limiter le sulfitage.

Actions des bactéries lactiques sur le cidre

On constate qu'en début de fermentation principale, le nombre des genres et des espèces lactiques est assez diversifié. En revanche, vers la fin de cette fermentation principale, c'est-à-dire au bout de 5 semaines, l'espèce *Leuconostoc* devient prépondérante, puis exclusive au cours de la maturation. Il faut signaler qu'au cours de la fermentation principale la perte de sucre est d'environ 75 g/l en 7 semaines, alors qu'elle n'est plus que de 2 g/l en 28 semaines lorsque le cidre est mûré au froid et 14 g/l en 28 semaines lorsque le cidre est mûré à la température ambiante. L'action des levures alcooligènes est donc très faible quel que soit le mode de maturation.

La bactérie *Leuconostoc oenos* joue un rôle essentiel dans l'élaboration actuelle des cidres de consommation et de distillation. Le développement de cette bactérie a pour conséquence une baisse d'acidité, mais il faut signaler que cette bactérie est hétérofermentaire et dans le milieu riche en sucre qu'est le cidre de consommation courante, elle peut provoquer l'apparition d'une piqûre lactique caractérisée par une production excessive d'acide acétique.

Il est constaté que pendant les 20 jours correspondant à la phase active de la population levurienne, la population de bactéries lactiques diminue avant l'apparition d'une phase d'augmentation exponentielle durant 20 jours. La population lactique atteint 10⁶ UFC/ml. Puis, il y a une phase stationnaire. Si l'espèce *Leuconostoc oenos* constitue 10% de la population lactique initiale, elle en représente 30 % au bout de 30 jours, puis 100 % après 75 jours.

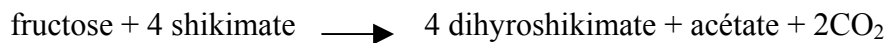
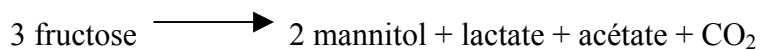
Finalement on observe des relations entre les espèces microbiennes. Une mise au point a été effectuée sur ces interactions.

L'action de ces bactéries se caractérise par la décarboxylation de l'acide malique en acide lactique et CO₂. L'acide malique porte deux fonctions acides, l'acide lactique une seule. Il y a donc eu diminution de l'acidité du milieu. La bactérie *leuconostoc* combine cette réaction et produit du lactate ainsi que de l'acétoïne. Du fait des taux élevés de lactate dans ce moût, ces réactions permettent un changement du milieu de sorte que la fermentation acétique peut commencer (anaérobiose).

Autres acides transformés

Quelques lactobacilles hétéro et homofermentaires peuvent aussi métaboliser l'**acide quinique**. Généralement ce phénomène a lieu pendant le stockage après l'apparition d'acide lactique. La souche hétérofermentaire, *Lactobacillus collinoides*, va jusqu'à la formation de l'intermédiaire dihydroshikimate. La souche homofermentaire, *Lactobacillus plantarum*, continue jusqu'au dihydroxy-cyclohexane-c-1-carboxylate, un de ses deux importants produits, l'autre étant le catéchol.

Le rôle précis de ces transformations chimiques n'est pas entièrement élucidé, mais il semble qu'elles fournissent des accepteurs d'hydrogène aux bactéries, comme le montrent les exemples de réactions suivants :



Ces réactions ont pour effet d'augmenter considérablement l'acidité, et de développer des arômes indésirables, notamment dus au shikimate, au lactate et au catéchol.

Un autre acide qui sera transformé au cours de cette fermentation est l'acide chlorogénique. *Lactobacillus collinoides* le dégrade en acide quinique et acides caféïques. L'acide quinique est ensuite métabolisé jusqu'au dihydroshikimate.

Les changements de concentrations des acides organiques décrits jusqu'ici sont dus aux bactéries lactiques. Mais, les bactéries acétiques peuvent aussi jouer un rôle, comme les bactéries du genre *Acetomonas*, qui forment de l'acide acétique par oxydation de l'acide malique. Elles peuvent aussi être responsables de réactions dégradant les acides quinique, shikimique ou dihydroshikimique.

Encore d'autres acides identifiés dans le cidre semblent provenir de la fermentation comme l'acide 2-méthyl-2,3-dihydrobutyrique, l'acide 2,3-dihydroxyisovalérique, l'acide 2-ethyl-2,3-dihydroxybutyrique, ou l'acide 3-ethyl-2,3-dihydroxybutyrique. Ils apparaissent en faible concentration mais ils jouent un rôle très important dans l'arôme de la boisson finie puisque leur seuil de perception est faible et que leurs propriétés olfactives rappellent celles de la pomme. L'acide 2,3-dihydroxyisovalérique peut aussi servir de source de valine pour les bactéries, la valine étant un acide aminé absolument essentiel pour ces bactéries et malheureusement faiblement représenté dans le moût.

4-5 Pratique

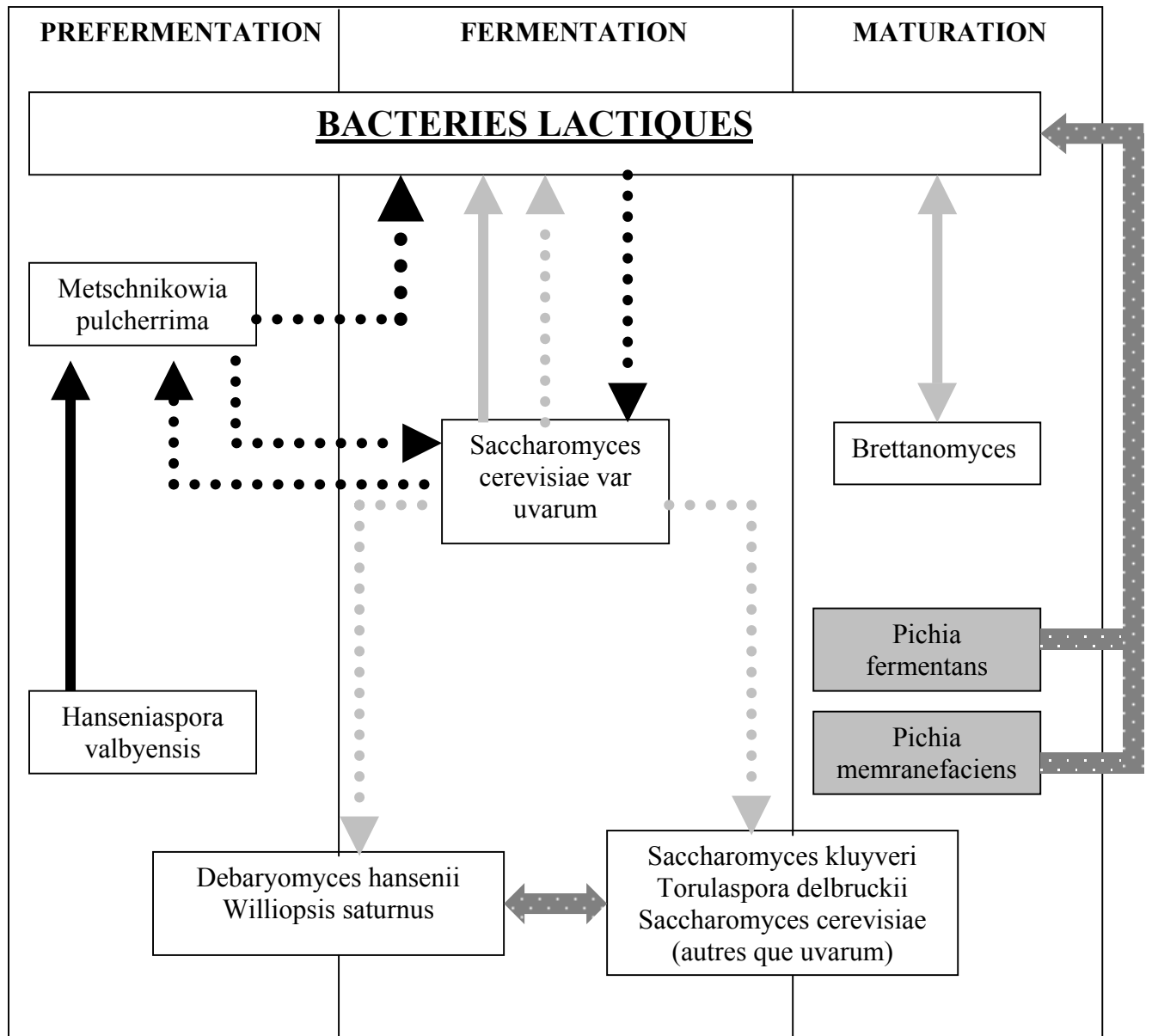
La fermentation est réalisée **dans des fûts** bien pleins à l'abri de l'air en utilisant des **bondes aseptiques**. Elles permettent le dégagement de gaz carbonique tout en isolant le cidre de l'air extérieur.

L'oxygène de l'air est indispensable au développement des bactéries acétiques, c'est pourquoi le fait d'éviter le contact de l'air préviendra d'un des défauts majeurs des cidres éventés : la piqûre acétique.

Les fûts sont conservés dans une cave fraîche (10-12°) afin que la fermentation soit lente et régulière. Durant ce temps, par évaporation à travers le bois, le niveau baissera légèrement. Il faudra alors combler ce vide par l'apport de cidre de qualité ou à défaut par de l'eau potable. Cette opération s'appelle le **ouillage**.

La surveillance de la fermentation est indispensable. Après le premier soutirage, la prise de densité du moût permet d'effectuer un contrôle de fermentation. En effet, il existe une relation entre la densité d'un moût et sa richesse en sucre. De plus, la prise de densité permettra plus tard de déterminer la mise en bouteille des cidres. Un deuxième soutirage peut être effectué en vue de ralentir la fermentation en séparant le cidre de nombreuses levures enrobées dans les lies. C'est ainsi que, réalisé régulièrement sur chaque fût, à l'aide d'un densimètre, ce contrôle permettra de constater que certains cidres en fermentant se désucrent plus facilement que d'autres.

Fig 5: Relations entre les espèces microbiennes



- ▶ Inhibition
- ▶ Inhibition possible
- ▶ Activation
- ▶ Activation possible
- ◀▶ Interaction inconnue

4-6 Autres transformations

Composés azotés

Au cours de la fermentation, les **acides aminés ont tendance à disparaître puis à réapparaître en plus petite quantité** mais d'une plus grande variété, du fait de l'autolyse des levures.

Au début de la fermentation, une quinzaine d'acides aminés a été recensée, contre 21 après 113 jours de fermentation. Les six composés apparus pendant la fermentation étaient dans ce cas précis la glycine, l'arginine, la lysine, la phénylalanine, la tyrosine et un peptide inconnu. **Les acides aminés typiques de l'autolyse des levures** sont la leucine, la lysine, l'arginine, la phénylalanine et la tyrosine. Sans aucun doute, la disparition de ces acides aminés est due à l'activité des levures qui rend le moût moins favorable à la croissance des bactéries lactiques.

Les tanins

Les connaissances actuelles à propos des composés phénoliques sont très faibles, mais on sait cependant que **l'acide chlorogénique peut être dégradé par les bactéries lactiques**. Il semblerait que les taux de tanins dans le moût et dans le cidre fini soient assez comparables. Pour tirer de réelles conclusions sur ce sujet, les scientifiques doivent approfondir leur connaissance des tanins présents dans le jus de pomme.

Composés aromatiques

Un certain nombre d'observations ont été faites sur des jus de pomme stérilisés et inoculés par la suite avec *Saccharomyces cerevisiae* puis fermentés. Ces observations ont été comparées à celles réalisées sur un milieu de synthèse sur le glucose inoculé avec le même micro-organisme dans les mêmes conditions.

On voit que la concentration en n-propanol augmente considérablement dans tous les jus de pomme. Par contre la concentration en n-butanol diminue dans tous les jus de pomme bien que la levure soit capable d'en synthétiser sur le milieu semi-synthétique. Les autres alcools produits sur ce milieu, à savoir l'isobutanol, le 2-méthylbutanol, le 3-méthylbutanol et le 2-phénylethanol, montrent la même augmentation après la fermentation dans tous les jus.

Généralement les esters sont présents en plus petite quantité que les alcools supérieurs, sauf en ce qui concerne l'éthylacétate, le 2-méthylbutylacétate et le 3-méthylbutylacétate.

Vitamines

On a étudié l'évolution des **quatre vitamines du groupe B** suivantes : la thiamine, l'acide nicotinique, l'acide pantothénique et la riboflavine dans le jus de pomme.

Les jus stérilisés ont été inoculés avec la souche *Saccharomyces uvarum*. Un des deux jus contient plus d'azote que l'autre (*cox's Orange Pippin*) : 26,8 mg/100ml au lieu de 10,4 pour la variété *Bramley's Seedings*. Au terme de la fermentation ces taux ont

sensiblement diminué : 8 mg /100 ml en ce qui concerne le premier et 3,9 mg/100ml pour le second. La thiamine suit cette tendance à la diminution de l'azote. La durée nécessaire pour atteindre la concentration minimale en vitamines dépend elle aussi du taux d'azote initial du moût, puisque beaucoup d'azote signifie une vitesse de fermentation plus rapide, donc une dégradation.

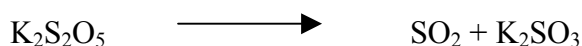
4-7 Le sulfitage

Le sulfitage consiste à apporter au cidre une certaine quantité d'anhydride sulfureux. L'anhydride sulfureux est un gaz soluble dans l'eau.

Les différentes formes d'emploi sont la forme solide ou la forme gazeuse.

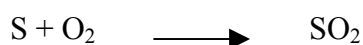
Sous forme solide

Le corps le plus utilisé est le métrasulfite de potassium $K_2S_2O_5$. Il contient théoriquement 57 % de son poids de gaz sulfureux.



Sous forme gazeuse

Il est employé lors du méchage des fûts par combustion du soufre :



La mèche est du soufre coulé sur un support de toile. Il faut mettre la mèche de soufre dans un brûle mèche. Grâce à ce dispositif, le soufre qui n'a pas été brûlé est recueilli et ne tombe pas au fond du fût, les débris de la mèche ne se dispersent pas et le cidre se trouve ainsi préservé de ce goût défectueux connu sous le nom de goût de mèche (odeur d'œuf pourri donnée par le soufre attaqué par les levures et obtention de H_2S qui, en se combinant avec l'alcool, forme des mercaptans).

Propriétés du SO_2

❑ **Sélection du milieu fermentaire (action antiseptique).**

Les micro-organismes sont plus ou moins sensibles. Les bactéries sont les plus sensibles et sont tuées les premières, puis les levures apiculées (*Kloeckera apiculata*) et enfin les levures elliptiques (*Saccharomyces cerevisiae*) qui sont les plus résistantes.

❑ **Effet anti-oxydant.**

Le SO_2 au contact du moût donne des sulfites ou de l'acide sulfureux, qui vont avoir tendance à s'oxyder pour donner des sulfates et de l'acide sulfurique. Ils prendront l'oxygène disponible avant tout autre corps oxydable. Le fer peut s'oxyder en présence d'air, il est à l'origine de la casse ferrique.

Etat de SO₂ dans le cidre

Dans l'eau pure, il suffit de 5g de SO₂ par hectolitre pour détruire les levures. Dans le moût, il en faut 30 fois plus pour obtenir les mêmes résultats car la totalité du SO₂ apporté n'est pas actif. Le SO₂ se trouve sous deux formes :

□ Le SO₂ libre

- La forme salifiée. Il est à l'état bisulfite. Sous cette forme l'anhydride sulfureux libre a un pouvoir antiseptique atténué sur les levures. Sous cette forme il n'a pas d'odeur.
- Le gaz dissous. C'est la forme qui est la plus active au point de vue antiseptique. Elle possède l'odeur désagréable de soufre.

□ Le SO₂ combiné : il existe deux types de liaisons :

- La liaison incomplète et réversible. Elle s'observe avec les sucres.
- La liaison irréversible avec l'éthanal. L'éthanal est le produit intermédiaire de la fermentation.

4-8 L'effervescence

Si l'intérêt de l'effervescence naturelle est indéniable, sa mise en œuvre reste problématique pour beaucoup de transformateurs.

Solubilité du gaz carbonique

Dans une cuve fermée, maintenue à température constante, la quantité de gaz dissous est égale à la pression partielle absolue de gaz carbonique au-dessus de la cuve multipliée par un coefficient de dissolution. Ce coefficient dépend de la température et de la composition du cidre.

Production de CO₂ par la fermentation: effervescence naturelle

Théoriquement, la levure transforme 180 g de sucres en 92 g d'alcool et 88 g de gaz carbonique. Donc on peut dire, approximativement, que 1 point de chute de densité correspond à 1 g/l de gaz carbonique. **La croissance de levure s'arrête bien avant la fin de la fermentation par manque de matières nutritives, mais elle peut fermenter sans croissance.** Ainsi, pour pouvoir contrôler la prise de mousse, on réalise au moment de l'embouteillage, une filtration fine qui permet de supprimer la quasi-totalité de la flore lévurienne et de réduire sensiblement la flore bactérienne. Une fois cette opération réalisée, on ensemence par des levures sèches actives.

La réduction des levures et des bactéries diminue les risques de détérioration organoleptique en bouteille. La levure ajoutée est incapable de se développer par manque de matières nutritives, la fermentation est alors conduite par une population non proliférante. La prise de mousse se déroule régulièrement et ralentit progressivement. Avec cette technique, certains producteurs notent une légère différence organoleptique défavorable par comparaison à des prises de mousse provoquées par la flore indigène. Il

est vraisemblable que les levures faiblement fermentatives et les bactéries lactiques éliminées par filtration interviennent dans la flaveur du produit fini. Donc, pour éliminer ce problème, il faut que le cidre ait atteint son stade optimal d'évolution, la filtration fine le stabilise et la prise de mousse ne sert plus qu'à lui donner le pétillant souhaité par le consommateur. Pour réaliser la prise de mousse, plusieurs procédés peuvent être utilisés :

- ❑ La prise de mousse en cuve close
- ❑ La méthode de type champenoise

Mais, il semble que la prise de mousse en bouteille, lorsqu'elle est possible, tant sur le plan commercial que sur le plan de l'organisation du travail, soit la méthode la plus à même de maintenir les caractéristiques organoleptiques des cidres.

II-4 LA CONSERVATION DU CIDRE

(2.3.4.5.11.13.16.24.29.32.33)

La conservation peut se faire de deux manières, en fût ou en bouteilles.

II-4.1 CONSERVATION EN FUT

Cette manière de conservation n'est pas idéale pour une bonne conservation. Toutes les opérations qui seront alors réalisées serviront à éviter la maladie. On se sert de bonde aseptique. On peut mettre également à la surface du cidre une couche d'huile de vaseline pour éviter son contact avec l'air.

Fig 6: schéma de la bonde aseptique.

II-4.2 MISE EN BOUTEILLE

2-1 Principe

La mise en bouteille ne se pratique pas au jugé : elle est basée sur la densité du cidre. En effet, à la sortie du pressoir, la prise de densité permet de déterminer la richesse en sucres du moût. Au cours de la fermentation cette densité diminue. Lorsque la densité est stabilisée, la fermentation est terminée. D'une manière générale, **la mise en bouteille sera réalisée lorsque la densité n'aura pas varié de deux unités pendant 3 semaines.** Si cela n'est pas respecté, les levures continuent à assurer la fermentation dans la bouteille et une mousse abondante sort au débouchage.

On peut avoir des indications sur le cidre obtenu par la mesure de la densité :

- ❑ Une densité de 1,000 à 1,005 donnera un cidre sec.
- ❑ Une densité de 1,010 à 1,015 donnera un cidre pétillant qui contient 20 à 30 grammes de sucre par litre.
- ❑ Une densité de 1,015 à 1,020 donnera un cidre mousseux qui contient 30 à 40 grammes de sucre par litre.
- ❑ Une densité supérieure à 1,025 : le cidre sera très sucré.

La mise en bouteille est un bon moyen de conserver le cidre.

2-2 Pratique

Il faut opérer par temps clair et calme, lorsque le baromètre indique une haute pression. Une baisse de pression entraîne un dégagement de CO₂ et un cidre trouble. En effet, en temps de tempête, la différence de pression de l'air remue la lie et rend trouble un cidre non soutiré. Il est nécessaire d'utiliser des bouteilles propres venant juste d'être égouttées. Ainsi après avoir pris toutes ces précautions, on peut mettre en bouteilles le cidre :

- ❑ **On fait arriver** le cidre au fond de la bouteille à l'aide d'un tuyau en caoutchouc, afin d'éviter le contact de l'air et dégagement du gaz carbonique.
- ❑ **Le bouchage est réalisé** soit avec des bouchons de liège ou des bouchons en matières plastiques. Pour les bouchons de liège, il faut les faire tremper quelques heures avant l'emploi dans l'eau chaude, mais ne jamais bouillir. Les bouchons plastiques sont particulièrement indiqués pour les cidres mousseux (densité de 1,015 à 1,020).
- ❑ **Si la cave subit des variations de température**, il peut être utile de ne pas remplir les bouteilles jusqu'au bouchon et de laisser un espace de 3 à 4 cm. Cependant, les bouteilles devront rester debout pendant 6 mois, cette solution n'est pas idéale. Il est préférable de disposer d'une cave dont la température est uniforme. Les bouteilles sont remplies au ras du bouchon, de cette manière, il se produit une fermentation lente et les bouteilles peuvent être

couchées après bouchage sans inconvénient. On a ainsi rarement de la casse et le débouchage se fait sans projection et sans difficulté.

II-5 L'ANALYSE DES CIDRES

(3.5.11.13.16.24.29.32.33)

Comme toutes les boissons fermentées, le cidre est saturé de gaz carbonique. Avant d'effectuer son analyse, il est donc nécessaire de procéder à sa désaturation en opérant sous vide. Puis, vient l'analyse proprement dite.

II-5.1 LA DENSITE

La densité du cidre est égale au rapport de la masse volumique du cidre sur la masse volumique de l'eau.

1-1 Détermination de la densité

Le matériel nécessaire à cette opération comprend :

- ❑ Un densimètre gradué de 1000 à 1100 par degré densimétrique,
- ❑ Une éprouvette à pied en verre d'une capacité de 250 ml munie d'un bec.

Pour effectuer la prise de densité :

- ❑ Prélever un échantillon du moût à peser dès la sortie du pressoir et le filtrer pour retenir le débris de pulpe.
- ❑ Remplir l'éprouvette aux trois quarts environ avec le moût filtré.
- ❑ Plonger doucement le densimètre dans le moût et le laisser prendre son équilibre dans le liquide.
- ❑ Faire la lecture sur la tige graduée au point d'affleurement et noter le degré lu.

1-2 Utilisation pratique de la densité

La densité va permettre de reconnaître la valeur de la pomme à employer, c'est-à-dire, sa richesse et son degré d'alcool en puissance (il est représenté par le sucre contenu naturellement dans la pomme et qui sera transformé en alcool par la fermentation). Pour déterminer ces deux paramètres, deux méthodes sont possibles :

- ❑ **Utilisation de la table densimétrique.** La table densimétrique donne directement la correspondance en sucre et en alcool en puissance, à partir de la densité du moût mesuré. Exemple : densité lue : 1,063. le moût de pomme

renferme donc 137 grammes de sucre par litre, correspondant à 8,1° d'alcool en puissance. Ceci veut dire que le cidre complètement désucré par fermentation marquera environ 8,1° d'alcool acquis ou réel.

- **Par le calcul.** Cette méthode est plus approximative.
 - Calcul du sucre. Noter les deux derniers chiffres de la densité et les multiplier par deux. Cela donnera une teneur en sucre inférieure de 2 à 8 %.
 - Calcul de l'alcool en puissance. Noter les deux derniers chiffres de la densité et les diviser par huit. La richesse de l'alcool en puissance obtenue par ce calcul sera alors plus forte que la réalité lorsque la densité est inférieure à 1,045 et inversement plus faible lorsque la densité est supérieure à 1,045.
 - Exemple. Densité lue : 1,063. calcul du sucre : $63 \times 2 = 126$ g de sucre/l. Calcul de l'alcool en puissance : $63/8 = 7,87^\circ$.

1-3 Tableau densimétrique

DENSITE	SUCRES TOTAUX (G/L)	ALCOOL EN PUISSANCE (en °)		DENSITE	SUCRES TOTAUX (G/L)	ALCOOL EN PUISSANCE (en °)
1000	1,3			1034	70	4,1
1001	1,8			1035	72,5	4,2
1002	3	0,05		1036	74,5	4,35
1003	5	0,2		1037	76,5	4,45
1004	7	0,3		1038	79	4,6
1005	9	0,4		1039	81	4,75
1006	11	0,55		1040	83,5	4,9
1007	13,5	0,7		1041	86	5,05
1008	15,5	0,8		1042	88	5,15
1009	18	0,95		1043	90,5	5,3
1010	20	1,1		1044	93	5,45
1011	22	1,2		1045	95,5	5,6
1012	24	1,3		1046	98	5,75
1013	26	1,45		1047	100	5,9
1014	28	1,55		1048	102,5	6,05
1015	30	1,7		1049	105	6,2
1016	32	1,8		1050	107,5	6,35
1017	34	1,9		1051	110	6,5
1018	36,5	2,1		1052	112	6,6
1019	38,5	2,2		1053	114,5	6,75
1020	40,5	2,3		1054	117	6,9
1021	42,5	2,4		1055	119,5	7,05
1022	44,5	2,55		1056	122	7,2
1023	46,5	2,65		1057	124	7,3
1024	48,5	2,8		1058	126,5	7,45
1025	51	2,95		1059	129	7,6
1026	53	3,05		1060	131	7,75
1027	55	3,2		1061	133	7,85
1028	57,5	3,3		1062	135	8
1029	59,5	3,45		1063	137	8,1
1030	61,5	3,55		1064	139,5	8,25
1031	64	3,7		1065	141,5	8,35
1032	66	3,85		1066	143,5	8,5
1033	68			1067	145,5	8,6

II-5.2 L'EXTRAIT SEC

2-1 Extrait sec total

Définition

L'extrait sec total est le poids du résidu obtenu après évaporation des substances volatiles. Il est formé de substances en dissolution et de suspensions colloïdales. L'extrait sec total sert à déterminer l'extrait sec réduit qui est soumis à un minimum légal de 14 g/l. De plus l'extrait sec réduit est un facteur de qualité du produit, il contribue à donner « du corps » au cidre d'où l'importance de cette détermination.

méthode

On effectue la mesure indirecte de la densité du cidre débarrassé de son alcool, l'extrait sec étant exprimé par la quantité de saccharose donnant une solution de même densité.

2-2 Extrait sec réduit

Définition

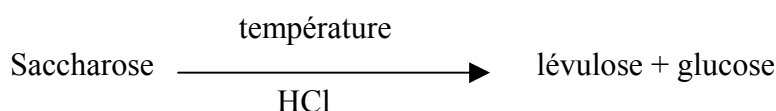
Il s'obtient en retranchant du poids de l'extrait sec total le poids des sucres totaux diminué de 1 g.

II-5.3 LES SUCRES TOTAUX

3-1 Inversion du saccharose

Le jus de pomme contient principalement du lévulose (54 %). On trouve du glucose et du saccharose mais en quantité beaucoup plus faible puisque leur moyenne respective est de 15,8 % et de 15,7 %. Le cidre doux résultant de la fermentation du jus de pomme, lui, ne contient pas de saccharose. L'inversion de ce dernier en glucose et lévulose se faisant dès le début de la fermentation.

Avant de faire le dosage des sucres totaux, on effectuera l'inversion, car l'édulcoration au concentré de jus de pomme étant autorisée, on pourrait avoir des traces de saccharose, sucre non réducteur. L'inversion s'effectue suivant la réaction suivante :



3-2 Méthode de Bertrand

Cette méthode sert à déterminer la teneur en sucres totaux. Elle met à profit le pouvoir réducteur du lévulose et glucose. Ils réduisent rapidement à chaud et en milieu alcalin les sels cuivriques bleus (Cu^{++}) en sels cuivreux (Cu^+). La réduction se visualise par la formation d'un précipité rouge d'oxyde cuivreux (Cu_2O). Sachant que le saccharose n'est pas un sucre réducteur, on comprend l'importance de son inversion pour obtenir un dosage précis.

3-3 Quantités

Ces chiffres sont valables pour un cidre doux de consommation courante. Pour une densité de 1,025, il y a 59 g/l de sucres totaux.

- ❑ Fructose : 74 %
- ❑ Saccharose : 15 %
- ❑ Glucose : 11%
- ❑ Traces de pentose, d'arabinose et de D-xylose.

II-5.4 LE TITRE ALCOOLIQUE

4-1 Définitions

Le titre alcoométrique d'une boisson est exprimé en degré alcoolique volumétrique (T.A.V.). Il est égal au nombre de millilitres d'éthanol contenu dans 100 ml de solution. On définit le degré alcoolique total d'un cidre comme étant la somme de l'alcool acquis et de l'alcool en puissance. Sa valeur minimale est de 2°.

4-2 L'alcool acquis

Définitions

L'alcool acquis est le résultat de la transformation du sucre en alcool.

Méthodes de détermination

Il en existe deux :

- ❑ **La méthode aréométrique.** Après distillation d'un certain volume de cidre, on lit à l'aide d'un alcoomètre le titre alcoométrique du distillat ramené au volume initial.
- ❑ **La méthode Cordebard.** On opère en trois étapes. La première étape consiste par distillation à récupérer l'alcool. Lors de la deuxième, l'alcool est oxydé par une solution de bichromate de potassium en milieu nitrique. Pendant la troisième, l'excès de cette solution qui n'aura pas servi à l'oxydation sera titré par iodométrie.

4-3 Alcool en puissance

définition

L'alcool en puissance correspond à la quantité d'alcool qui résulterait de la fermentation alcoolique des sucres encore présents.

Détermination

On sait que la fermentation de 17 grammes de sucre donne 1° d'alcool. De plus, on considère que parmi les sucres totaux, on a 1 gramme non fermentescible. Donc, pour obtenir le titre alcoolique on divise le poids des sucres totaux (diminué de 1 gramme) par dix-sept.

4-4 Exemple

Evolution de l'alcool acquis et de l'alcool en puissance au cours de la fermentation.

Le cidre doux

Nous laissons fermenter le jus de pomme ; le sucre se transforme en alcool, la densité baisse. Nous stoppons la fermentation quand la densité atteint 1,030 par pasteurisation afin d'obtenir un cidre doux très peu alcoolisé. La table densimétrique donne pour une densité de 1,030, 3,6° d'alcool en puissance. L'alcool total étant toujours identique, on peut déterminer l'alcool acquis :

DENSITE	ALCOOL		
	ACQUIS	EN PUISSANCE	TOTAL
1030	1,7°	3,6°	5,3°

Le cidre brut

Nous laissons la fermentation se poursuivre et la stoppons à la densité de 1,019, soit :

DENSITE	ALCOOL		
	ACQUIS	EN PUISSANCE	TOTAL
1019	3,1°	2,2°	5,3°

Si nous continuons la fermentation jusqu'à la densité de 1,000, tout le sucre est transformé en alcool et nous avons un cidre très sec :

DENSITE	ALCOOL		
	ACQUIS	EN PUISSANCE	TOTAL
1000	5,3°	0	5,3°

II-5.5 LA MESURE DES ACIDITES

5-1 L'acidité de titration

L'acidité totale ou acidité de titration est la somme des acides minéraux et organiques libres (acide malique principalement, acide lactique et succinique à l'état de traces). On mesure l'acidité totale par la méthode Burroughs. On utilise un indicateur de Burroughs (mélange de bleu de bromothymol et de rouge de phénol) qui vire:

- ❑ En milieu acide en jaune
- ❑ En milieu alcalin en violet
- ❑ A la neutralité, en verdâtre avec des reflets rougeâtres.

Ainsi, les zones de virage sont donc très nettes.

5-2 L'acidité volatile

L'acidité volatile d'un cidre est formée d'acides gras libres et salifiés appartenant à la série acétique. Après entraînement à la vapeur des acides acétiques, on dose par neutralisation avec de la soude le distillat.

II-5.6 L'ANHYDRIDE SULFUREUX

On utilise l'anhydride sulfureux en industrie cidricole pour sa propriété antiseptique. En effet, il modère le départ en fermentation des cidres. Dans le cidre, l'anhydride sulfureux se présente sous deux formes : une forme libre qui est la forme active et une forme combinée qui est la forme inactive. On utilise la méthode de Ripper pour doser le SO₂ dans le cidre.

La première étape : dosage de l'anhydride sulfureux total

- ❑ On alcalinise le milieu avec de la soude.
- ❑ On provoque ainsi la rupture de la combinaison aldéhydrosulfite.
- ❑ On dose avec l'iode.
- ❑ Soit n le nombre de ml d'iode utilisé. La teneur du cidre en anhydride sulfureux total, exprimée en mg/l, est égale à : $25,6 * n$.

Deuxième étape : dosage de l'anhydride sulfureux libre

- ❑ On titre avec l'iode jusqu'à l'obtention d'une coloration bleue noire.
- ❑ Soit n' le nombre du cidre en anhydride sulfureux libre, exprimée en mg/l, est égale à : $25,5 * n'$.

Troisième étape : détermination de la teneur en anhydride sulfureux combiné.

On effectue la différence des deux résultats précédents.

II-5.7 L'ALDEHYDE ETHYLIQUE = ETHANAL

On trouve l'éthanal produit de la dégradation de l'alcool :

- ❑ Dans les cidres sains à la dose de 50 mg/l.
- ❑ Dans les cidres atteints de framboisé. la dose peut atteindre et même dépasser 600 mg/l.

On utilise pour doser l'éthanal la méthode de Jaulmes et Espezel.

7-1 Méthode de Jaulmes et Espezel

Le principe est fondé sur la capacité que possède l'éthanal à se combiner avec l'anhydride sulfureux. Après distillation, on provoque la dissociation de la combinaison aldéhydrosulfite. On titre dans un milieu tamponné à pH=7 (la vitesse de combinaison est maximale), l'anhydride sulfureux libéré par une solution d'iode jusqu'à apparition de la teinte bleue.

7-2 Test de dépistage de l'éthanal

Ce test mis au point par Jean Tavernier servait de contrôle lors d'achat de cidre fermier. Il utilise la propriété que possèdent les aldéhydes de donner une réaction violette avec le réactif de Schiff.

II-5.8 LES MATIERES MINERALES

8-1 Détermination

Les matières minérales ou cendres sont constituées par une très grande proportion de métaux alcalins et alcalino-terreux parmi lesquels on trouve :

- ❑ Le potassium à une quantité comprise entre 50 et 60 %
- ❑ Le calcium à une quantité égale à 2 %
- ❑ Le magnésium à une quantité d'environ 2 %.

La méthode permettant la détermination de leur poids consiste à faire une extraction qui se déroule suivant quatre étapes.

La première étape

Évaporation de l'excès d'eau jusqu'à obtention d'un résidu sirupeux.

Deuxième étape

Première calcination. Elle conduit à l'obtention d'un résidu charbonneux qui est repris par de l'eau distillée chaude.

Troisième étape

Deuxième calcination. Elle conduit à l'obtention des cendres blanches.

Quatrième étape

Elle consiste en la récupération dans un filtrat des sels solubles. Après évaporation au bain-marie, on pèse le résidu dont le poids obtenu donne en grammes le poids des matières minérales.

8-2 Valeurs

Les valeurs (en mg/l) ci-après sont valables pour un cidre doux de consommation.

- ❑ Cendres : 1500
- ❑ Chlore : 10 à 600
- ❑ Sodium : 50 à 450
- ❑ Potassium : 700 à 2000
- ❑ Phosphore : 25 à 140
- ❑ Calcium : 20 à 220
- ❑ Magnésium : 5 à 80

II-5.9 LE FER TOTAL

La détection du fer total est importante puisque légalement le cidre ne doit pas contenir plus de 12 mg/l. Le fer est responsable de la coloration noirâtre d'un cidre qui a subi une complexation fer-tanin. Cette coloration apparaît pour des doses de fer de 6 à 7 mg/l.

9-1 Méthode

La méthode utilisée pour détecter la présence de fer, consiste à faire agir de l'hydroquinone sur le fer. Elle va réduire le fer ferreux en fer ferrique. On ajoute ensuite de la phénantroline. Il se forme de la phénantroline ferreuse, après addition d'acétate d'ammonium, on fait apparaître par coloration le complexe phénantroline ferreuse. On effectue une lecture au photocolorimètre. On reporte la valeur lue sur une courbe établie à l'aide d'une solution étalon. On en déduit donc directement la concentration en fer du cidre.

9-2 Test pratique

Ce test mis au point par Tavernier utilise la coloration rouge donnée par le sulfocyanure de potassium avec les sels ferriques. La coloration proportionnelle à la teneur en fer est

comparée après le passage dans l'éther sulfurique à deux témoins dont la coloration correspond respectivement à 6 et 12 mg de fer par litre.

Ce test permet donc de voir si la teneur en fer d'un cidre est comprise entre 6 et 9 mg/l ou est supérieure à 12 mg/l.

II-5.10 CHROMATOGRAPHIE DES ACIDES ORGANIQUES

10-1 Matériel nécessaire

- Papier Whatman
- Un bac à chromatographie
- Des micropipettes
- Un sèche-cheveux
- Des béchers de 50 ml.

10-2 Produits nécessaires

Préparation du solvant butanol acétique : 50 ml de butanol à 1g de bleu bromophénol par litre, 25 ml d'acide acétique au demi. Ce solvant est placé dans le bac à chromatographie à l'avance afin de saturer l'atmosphère. Le bocal est maintenu clos.

10-3 Mode opératoire

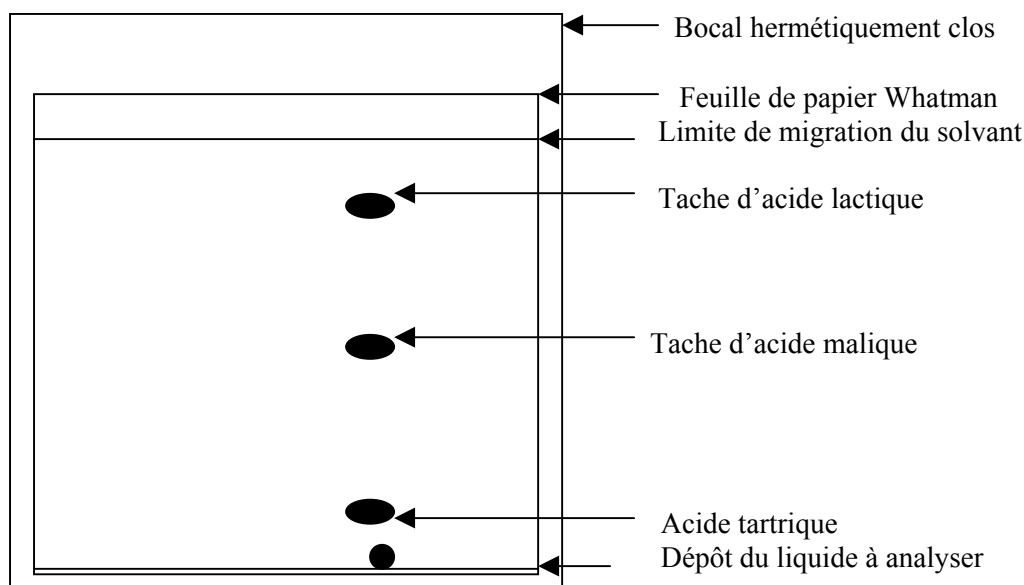
On dépose sur la feuille de papier à l'aide des micropipettes les différents échantillons à analyser ainsi que les témoins. Il faut autant de micropipettes que d'échantillons de cidre. Le volume déposé est faible. Le sèche-cheveux permet de sécher la feuille et de renouveler les dépôts. Le papier est placé dans le bocal délicatement sans toucher les parois. Attendre que le solvant migre jusqu'à 2 cm du bord supérieur de la feuille. Cela demande 3 heures (les tâches ne doivent pas tremper dans le solvant). Le papier est ensuite retiré du bocal et épinglé à un fil pour le séchage. La couleur passe du jaune au bleu et des tâches jaunes se révèlent qui correspondent aux acides organiques.

10-4 Interprétation

Le papier trempe dans un solvant qui entraîne les différents constituants du cidre avec une rapidité propre à chacun d'entre eux :

- L'acide malique migre au milieu du papier
- L'acide lactique est facilement entraîné par le solvant et migre vers le haut.

Principe de la chromatographie des acides organiques :



10-5 Valeurs

Les constituants volatils (en g/l)

- ❑ Méthanol : 0,050 à 0,300
- ❑ Ethanol : 0,010 à 0,200
- ❑ Esters : 0,040 à 0,200
- ❑ Alcools supérieurs : 0,050 à 0,100
- ❑ Acides volatils : 0,500 à 1,800

Les constituants fixes (en g/l)

- ❑ Glycérol : 3 à 5,7
- ❑ 2,3-Butanediol : traces à 0,700
- ❑ sorbitol : 1,3 à 6,6
- ❑ Acides fixes : 2 à 3,5
- ❑ gommes : 0,040 à 1,200
- ❑ Matières azotées : 0,050 à 0,150

II-5.11 LE METHANOL

La teneur des cidres en méthanol est sujette à de grandes fluctuations avec une valeur minimale de 48 milligrammes par litre et maximale de 300 milligrammes par litre. Généralement, la valeur moyenne est de 140 mg/l. Ces résultats sont issus d'une étude

effectuée sur une gamme de 43 cidres provenant de 43 variétés différentes de Normandie, de Bretagne et du Maine.

Un certain nombre de conclusions ont pu être tirées de cette étude.

- ❑ On constate que ce sont les **cidres restés naturellement doux**, stabilisés à une densité élevée et dans lesquels la dégradation des sucres n'a pas été complète qui présentent le rapport méthanol/éthanol le plus élevé. Il en ressort que le méthanol se formerait surtout au début de la fermentation.
- ❑ **La formation du méthanol dans les cidres** devrait être attribuée à la déméthylation de la pectine sous l'action de la pectine-estérase, et non à la transformation des sucres. En effet, la teneur en méthanol est d'autant plus importante que la défécation est forte.
- ❑ Cette seconde hypothèse, selon laquelle **le méthanol aurait son origine à partir des matières pectiques** permettrait d'expliquer la teneur plus élevée rencontrée dans les cidres que dans les vins, les pommes à cidre étant notablement plus riches en matières pectiques que les raisins.

II-5.12 LES ALCOOLS SUPERIEURS

Ils sont représentés par les alcools amylique et isoamylique. Les cidres en renferment jusqu'à 100 milligrammes par litre, alors que les vins de Bordeaux peuvent en contenir 500 milligrammes par litre. La connaissance des isomères de ces différents alcools a été améliorée grâce à la chromatographie en phase gazeuse.

II-5.13 LES ACIDES VOLATILS

Le principal représentant est l'**acide acétique**. Quand les cidres sont préparés avec le plus grand soin, on dépasse rarement la valeur de 0,5 g/l. Les cidres du commerce ne doivent pas en contenir plus de 1,8 g/l. De toute façon, le consommateur peu habitué à une telle acidité accepte difficilement les cidres en renfermant plus. Par contre, dans les campagnes où les conditions de conservation sont quelques fois défectueuses, cette teneur licite peut être largement dépassée, et l'habitude aidant, ils sont consommés sur place.

Autant les cidres de bonne qualité, bien faits, peuvent être salutaires pour la santé, autant ceux ayant une forte teneur en acides sont nuisibles et susceptibles de causer des désordres dans l'organisme des consommateurs : aigreurs, maux d'estomac, coliques intestinales, diarrhées...

Le goût du piqué apparaît à une concentration d'autant plus faible que le cidre est moins sucré.

II-5.14 LES POLYOLS

14-1 Le sorbitol

La teneur en sorbitol des cidres est de l'ordre de 3,5 à 5 g/l. Du point de vue physiologique, le sorbitol pourrait expliquer l'action du cidre au niveau intestinal.

14-2 Le glycérol

Il prend naissance au cours de la fermentation et donne au cidre une partie de son moelleux. La teneur moyenne est de 3 g/l. Elle augmente la valeur énergétique du cidre de 13 calories.

14-3 Le 2,3-butan-di-ol

Il provient de l'action d'Acétobacter aerogenes sur les sucres.

II-5.15 LES MATIERES TANNOÏDES

La richesse en matières tannoïdes dépend avant tout des variétés de pommes employées. Sous le terme de matières tannoïdes, on regroupe des **tanins vrais** de type catéchique (32%) et des **polyphénols non tanins**. Ces composés contribuent à l'**amertume** des cidres. La teneur globale en matières tannoïdes est variable : 1 gramme dans les variétés aigres et acidulées, 2 à 3 grammes dans les variétés douces-amères et 5 grammes dans les variétés amères. **L'acide chlorogénique** est très fréquent dans les pommes à cidre, c'est pratiquement le seul constituant des composés polyphénoliques des variétés de pommes à cidre pauvres en tanins. **Les catéchines et les leucoanthocyanes** sont principalement responsables de la flaveur tannique. Ils contribuent à la coloration des cidres et leur donnent corps et amertume.

II-5.16 LES GOMMES

Le cidre renferme un mélange d'arabane et de galactane. Elles confèrent au cidre son onctuosité. Leur concentration moyenne est de 450 mg/l.

II-6 REGLEMENTATION ET QUALITE (1.29.32.33.35)

II-6.1 REGLEMENTATION

Aucune boisson ne peut être détenue ou transportée en vue de la vente, mise en vente ou vendue sous le nom de cidre, si elle ne provient pas exclusivement de la fermentation du jus de pomme fraîche ou d'un mélange de pommes et de poires fraîches, extrait avec ou sans addition d'eau potable.

La dénomination de «**cidre pur jus**» est réservée au cidre obtenu sans addition d'eau.

Les cidres définis ci-dessus doivent présenter les caractéristiques suivantes pour être considérés comme propres à la consommation :

- ❑ **Richesse alcoolique** (alcool acquis + alcool en puissance) : minimum 5 degrés.
- ❑ **Acidité volatile** exprimée en acide sulfurique : maximum par litre : 1,8 grammes.
- ❑ **Extrait sec total** à degrés centigrades (sucre déduit diminué de 1 gramme) : minimum par litre : 14 grammes.
- ❑ **Matières minérales** (cendres) : minimum par litre : 1,4 grammes
- ❑ **Teneur en anhydride sulfureux** libre ou combiné : maximum par litre : 200 milligrammes.
- ❑ **Teneur en fer** : maximum par litre : 12 mg.
- ❑ **Teneur en éthanal** : maximum par litre : 200 mg.

Les dénominations « **cidre doux** », « **cidre pur jus doux** » sont réservées respectivement aux cidres, cidres pur jus présentant au maximum 3 degrés d'alcool acquis.

On distingue deux catégories :

- ❑ Le cidre de table : il a une teneur en alcool total de 5,0 à 5,2 % vol.
- ❑ Le cidre bouché : il a une teneur en alcool total de 5,6 à 6,0 % vol.

A l'intérieur de ces deux catégories on a :

- ❑ Le cidre doux : il doit contenir au minimum 50 g/l de sucres résiduels.
- ❑ Le cidre demi-sec ou cidre brut : contient 20 à 30 g/l de sucres.
- ❑ Le cidre sec : sa concentration en sucres ne dépasse guère plus de 10 g/l.

Définition des boissons alcoolisées aromatisées à base de pomme (art 3 du décret 87-599)

T.A.V. acquis compris entre 1 % et 7 %

T.A.V. total inférieur à 11,5%

Matières premières seules autorisées et présentes au moins à 50 % :

- ❑ Pomme
- ❑ Moût de pomme
- ❑ Mélange de moût de pomme et de poire fraîche
- ❑ Mélange de moût concentré de pomme ou de poire
- ❑ Fermenté de pomme
- ❑ Cidre

Matières premières facultatives autorisées : sucre, miel, eau.

Aromatisation (si elle présente un avantage organoleptique) avec : jus de fruit ou de légume, extraits aromatiques d'origine animale ou végétale ou de leur mélange.

Teneur en sucre inférieure ou égale à 80 grammes de saccharose par litre.

Dénomination « cidre aromatisé » et « fermenté de pomme aromatisé » (art 4 du décret 87-599).

Ces boissons doivent contenir au minimum 70 % de cidre ou de fermenté de pomme.

Dénomination « cidre »(art 9 du décret 87-600).

Elle est réservée aux boissons provenant de la fermentation de moût de pomme fraîche ou d'un mélange de moûts de pommes et de poires fraîches, extraits avec ou sans addition d'eau. Les moûts en question peuvent être issus de moûts concentrés sous réserve que la proportion de ces derniers n'excède pas 50 % du volume total des moûts mis en œuvre.

Dénomination « cidre bouché » (art 9 du décret 87-600).

Elle impose une teneur en CO₂ supérieure ou égale à 3 g/l pour les cidres obtenus par fermentation naturelle en bouteille et à 4 g/l pour les autres cidres.

Dénomination « cidre doux » (art 9 du décret 87-600)

Elle impose un T.A.V acquis inférieur ou égal à 3% et une teneur en sucres résiduels supérieure ou égale

- ❑ A 35 g/l pour les cidres
- ❑ A 42 g/l pour les cidres bouchés

Dénomination « pétillant de pomme » (art 12 du décret 87-600).

Elle impose une effervescence due exclusivement à la fermentation alcoolique des matières premières mises en œuvre.

Qualificatifs « nouveau » et « primeur » (art 14 du décret 87-600).

Les fruits utilisés doivent provenir de la dernière récolte, à l'exception des moûts concentrés.

Mention « pur jus » (art 14 du décret 87-600).

Aucune addition d'eau n'est autorisée.

Mention « demi-sec » (art 14 du décret 87-600).

Teneur en sucres résiduels comprise entre 28 et 42 g/l.

Mention « brut » (art 14 du décret 87-600).

Teneur en sucres résiduels inférieure à 28 g/l de saccharose.

Additifs (art 5 du décret 87-599 et 13 du décret 87-600).

Une liste positive ainsi que les conditions d'emploi d'éventuels additifs sont fixés dans des arrêtés. Est autorisé :

- Pour le traitement du moût :
 - Le chlorure de calcium (≤ 160 mg/l)
 - Le carbonate de calcium (≤ 160 mg/l)
 - Le phosphate diammonique ($\leq 0,3$ g/l)
 - Le sulfate d'ammonium ($\leq 0,3$ g/l)
 - Le dichlohydrate de thiamine ($\leq 0,6$ g/l)
- L'emploi des levures sélectionnées
- Pour la boisson finie
 - L'acide citrique (E 330)
 - L'acide malique (≤ 5 g/l) (E 296)
 - Le colorant rouge cochenille (E 120)
 - Le colorant caramel (E 150)

Traitement et pratiques autorisés (art13 du décret 87-600 et art 2 de l'arrêté du 13/11/1987).

- La gazéification à l'aide de l'anhydride carbonique (E 290)
- L'addition d'antioxygènes :
 - Acide L ascorbique
 - L-ascorbate de sodium
 - L-ascorbate de calcium
 - Acide palmityl 6-L-ascorbique
- Le coupage des cidres et des poirés entre eux.
- Le coupage des fermentés de pomme et des fermentés de poire entre eux
- L'édulcoration des cidres et des fermentés de pomme avec des moûts ou des moûts concentrés de pomme ou de poire fraîches.
- Les traitements thermiques
- Le conditionnement en atmosphère inerte (N₂ ou CO₂ ou leur mélange).
- La centrifugation et la filtration
- La concentration par congélation ou tout autre procédé physique
- La clarification au moyen de substances suivantes :
 - Gélatine alimentaire
 - Colle de poisson
 - Caséine
 - Caséinates de potassium
 - Albumine animale
 - Bentonite
 - Dioxyde de silicium
 - Kaolin
 - Tanin

Consignes pour l'étiquetage (art 7 et 8 du décret 87-599 et art 16 du décret 87-600).

L'étiquetage des boissons aromatisées à base de pomme doit porter l'indication du T.A.V. acquis.

Les appareils distributeurs de ces boissons doivent indiquer :

- ❑ La dénomination de vente
- ❑ Le volume nominal distribué
- ❑ Le T.A.V.
- ❑ La liste des ingrédients

Conditionnement (art 15 du décret 87-600).

Les bouteilles utilisées sous des volumes nominaux supérieurs ou égaux à 37,5 cl doivent être de type champenoises et être fermées au moyen de bouchons de type champignon.

II-6.2 QUALITE

Les signes de qualité ont été mis en place afin de donner au consommateur les moyens d'identifier et de distinguer les produits qui bénéficient de qualités particulières : origine géographique, savoir-faire, goût, mode de production et qualité. Ils apportent la garantie officielle des Pouvoirs Publics sur la qualité et l'origine géographique des produits. Depuis maintenant quelques années, on assiste au développement des signes de qualité sur le marché du cidre afin de répondre aux attentes de consommateurs.

1996	Cidres AOC-Pays d'Auge et Cornouaille
1998	Cidres Label Rouge
1999	Cidres AB (Agriculture Biologique)
2000	Cidres IGP-Cidre de Bretagne et Cidre de Normandie

Les signes de qualité sont au nombre de quatre au niveau national et un au niveau européen à être appliqués dans le secteur du cidre.

- ❑ **Niveau national :**
 - L'Appellation d'Origine Contrôlée (AOC)
 - Le Label Rouge
 - La certification de conformité
 - L'Agriculture Biologique

- ❑ **Niveau européen :** l'Indication Géographique Protégée (IGP).

Ces signes de qualité ont chacun leur vocation particulière.

L'AOC

La mention AOC identifie un produit typique qui tire ses qualités de son terroir. Ces produits sont l'expression d'un lien intime entre une production et un terroir.

Le Label Rouge

Ce logo garantit une qualité du produit supérieure à celle des produits courants.

La Certification de Conformité

Elle atteste que le producteur s'engage sur des caractéristiques et des règles de fabrication strictement contrôlées et assure la constance de la qualité de son produit. C'est la garantie d'une qualité régulière et distincte du produit courant.

L'AB

Ce logo garantit que le produit est issu d'un mode de production soucieux de l'environnement qui s'interdit l'utilisation de produits chimiques de synthèse.

L'IGP

Il identifie un produit élaboré dans une zone géographique délimitée (historique et actuelle) et bénéficiant d'une certification de conformité.

II-7 ALTERATIONS DU CIDRE

(3.5.11.26)

II-7.1 LES ALTERATIONS PHYSICO-CHIMIQUES

Ce sont les premiers tests de stabilité du cidre à effectuer. Il s'agit d'apprécier si le cidre tient à l'air. Les troubles sont dus à des **phénomènes d'oxydoréduction**.

Une oxydation plus ou moins forte peut amener :

- ❑ La casse ferrique d'origine chimique (noircissement ou casse noire).
- ❑ La casse brune d'origine enzymatique (casse oxydasique).

Comment les différencier ?

Prendre 50 ml de cidre dans un récipient, le laisser au contact de l'air 3 ou 4 jours, ou prendre un échantillon d'un cidre dont on dit qu'il a pris une couleur foncée et que son goût est devenu désagréable. Ajouter 30 mg d'acide citrique en poudre. Agiter. Attendre 12 à 24 heures. Si la couleur revient, il s'agit d'une casse ferrique, si le cidre reste noir il s'agit d'une casse oxydasique.

1-1 Casse ferrique

Le cidre atteint de « casse noire » se caractérise par **l'altération de sa couleur normale**; il devient brun, puis noirâtre. Sa saveur n'est pas altérée mais sa couleur en déprécie fortement sa valeur marchande.

Le cidre contient 1 mg de fer par litre. **L'acide malique** contenu dans les pommes attaque les moulins et les pièces métalliques en général, ce qui fait que la teneur en fer peut augmenter. Secondairement, l'utilisation d'une eau ferrugineuse pour le trempage des marcs et la fabrication des remiages peut être incriminée.

A l'abri de l'air, **le fer trivalent passe à l'état bivalent** sous l'action du milieu réducteur créé par la fermentation alcoolique ou même lorsque celle-ci est terminée par l'action réductrice du tanin anti-oxydant puissant. Donc, le fer dans le cidre est à l'état ferreux. Dans le cas d'une oxydation du cidre due à une aération (soutirage, filtration) il passe à l'état ferrique. La présence de SO₂, antioxydant, empêche cette oxydation. Cette casse ferrique est provoquée par la formation d'un complexe « tanin + fer ferrique » qui est noir. Ce complexe est insoluble et trouble le cidre. Il sera d'autant plus important que le pH est élevé. Il ne faut pas confondre cette maladie avec la « casse brune » d'origine diastasique colorant le cidre en brun-noirâtre par suroxydation des tanins. Les cidres atteints de casse diastasique noircissent surtout à partir de la surface, tandis que dans la « casse noire », d'origine chimique, tout le liquide prend une teinte foncée et uniforme.

Le moyen de prévention est d'éviter le contact du moût avec les parties métalliques et d'éviter l'utilisation d'une eau ferrugineuse.

Le traitement curatif consiste à d'acidifier avec 25 à 30 grammes d'acide citrique par hectolitre.

1-2 Casse oxydasique

Le cidre exposé à l'air se trouble plus ou moins rapidement en commençant par la surface. A la sortie du pressoir, les tanins de la pomme sont incolores. Lors du cuvage une partie de ces tanins est oxydée provoquant la coloration jaune du marc. Cette réaction est due à une **oenoxydase** qui fixe l'oxygène sur le tanin. Lorsque cette **oxydation a eu lieu sur tout le tanin existant il y a une suroxydation du jus**, caractérisée par une augmentation de l'intensité de la coloration. L'oxydase, responsable de cette altération, peut être facilement mise en évidence par addition de quelques gouttes de la teinture de gaïac à du jus de pommes. On observe alors une coloration bleue, légèrement verdâtre. Cette polyphénoloxydase est issue de la pomme. On peut en effet s'assurer de sa présence en coupant ce fruit. Les tranches exposées à l'air noircissent. Si la pomme est préalablement portée à 100°C, l'exposition à l'air est sans effet. Les polyphénols sont oxydés en quinones et les quinones se polymérisent en mélanines, corps bruns et insolubles.

Le moyen de prévention est d'éviter les pommes trop pourries. Il faut mélanger les pommes acides aux autres. En effet, un abaissement du pH du moût joue un rôle important dans la prévention de cette altération.

Le traitement curatif est de traiter le cidre en additionnant 10 grammes de métrasulfite de potassium dans un peu de cidre et de verser la solution dans le fût à traiter.

1-3 Verdissement ou casse verte

C'est l'apparition d'une couleur verte. Ce verdissement est provoqué par la **réduction des nitrates en nitrites**. Selon un processus microbien, les nitrites se combinent avec les tanins et donnent un composé coloré en vert.

Le moyen de prévention est d'éviter une eau trop riche en nitrates et d'éviter de transporter des pommes dans des sacs ayant contenu des nitrates de soude et qui n'avaient pas été nettoyés.

Le traitement curatif, même si le cidre peut être consommé sans crainte, est d'éliminer cette teinte verte par collage à la gélatine à la dose de 40 à 50g par hectolitre. On peut même aller jusqu'à 200g par hectolitre (2g/l).

Il faut faire gonfler la gélatine pendant quelques heures dans quelques litres d'eau froide. Puis, la dissoudre en chauffant modérément l'eau, sans faire bouillir. Lorsque la solution sera obtenue, verser lentement la gélatine dans le fût à traiter en procédant à un brassage énergique de façon à bien répartir la colle dans tout le fût. La matière colorante verte est fixée par la gélatine et tombe lentement au fond du fût où elle forme des lies vertes abondantes, laissant un liquide jaune limpide. Il faut soutirer et si le cidre paraît trop pâle, recolorer avec un colorant légal à base de caramel et de cochenille par exemple pour lui donner une teinte plus agréable. Il est préférable d'attendre que la fermentation soit terminée ou très ralentie pour procéder au collage car le dégagement intensif de gaz carbonique nuit à l'efficacité du collage.

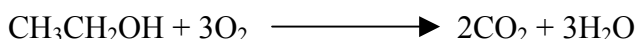
II-7.2 LES ALTERATIONS D'ORIGINE MICROBIENNE

2-1 Maladies dues à des germes aérobies

Maladie de la fleur

A la surface du cidre il se forme une pellicule blanche. Le titre alcoolique baisse et le cidre devient pâle et fade. C'est la maladie de la fleur.

L'agent responsable est une levure *Mycoderma vini* ou *Candida mycoderma* ou *Candida vini*. C'est une levure de contamination. Elle provoque une oxydation de l'alcool et des acides organiques. Il y a donc diminution du degré alcoolique et de l'acidité et d'autre part un goût d'évent dû à l'éthanol formé :



Le moyen de prévention est d'empêcher l'arrivée d'air par ouillage, c'est-à-dire faire le plein. En cas d'impossibilité, on peut mettre une couche d'huile de paraffine bien neutre. On compte 2 litres par mètre carré de surface à protéger. Il faut bien soufrer les fûts avec

des mèches. Les circonstances aggravantes sont un cidre peu acide et à faible teneur alcoolique. Il faut détruire les moucheron dans les caves.

Le traitement curatif est d'évacuer le fleur du tonneau en faisant le plein et en laissant déborder le liquide. Il faut rétablir ensuite la fermentation en apportant du sucre sous forme de sirop (1 à 2 kg/hl) et éventuellement des levures sèches actives. Le cidre ne pourra pas être vendu car le sucage au saccharose est interdit, il sera réservé à l'usage personnel.

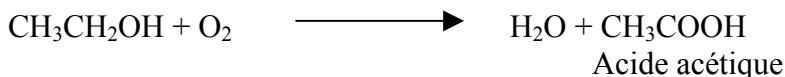
Maladie de la piqûre ou acescence

Il se forme une pellicule grisâtre très légère qui s'épaissit et prend une coloration rosée et peut s'immerger dans le liquide en formant une masse glaireuse appelée « mère du vinaigre ».

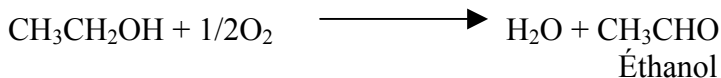
Les agents responsables sont des bactéries acétiques appelées *Mycoderma aceti* ou *Acetobacter aceti*. Les bactéries du cidre sont divisées en ce qui concerne l'oxydation de l'acide acétique en deux classes : celles qui le peuvent et oxydent l'acide acétique en gaz carbonique et eau, comme *Acetobacter*, et celles qui ne le peuvent pas comme *Acetomonas*.

Les réactions rencontrées avec *Acetobacter* sont :

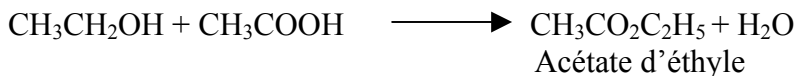
❑ Oxydation de l'alcool en acide acétique



❑ Oxydation partielle de l'alcool en éthanol



❑ Formation d'acétate d'éthyle



Ce qui entraîne:

- ❑ Une diminution du degré d'alcoolique
- ❑ Une augmentation de l'acidité volatile
- ❑ Une diminution de l'efficacité de SO₂ par formation de liaison irréversible avec l'éthanol.

Le moyen de prévention est la propreté, de conserver le cidre à l'abri de l'air et d'éliminer les bactéries acétiques par un emploi judicieux de SO₂ ou d'un conservateur.

Il n'y a pas de traitement curatif. La vente de cidre dépiqué est interdite.

2-2 Maladies dues à des germes anaérobies

Ces maladies se développent à l'abri de l'air. Il n'y a plus d'oxydation de l'alcool mais attaque des sucres, de produits secondaires comme le glycérol et des acides organiques.

Les germes en cause sont des bactéries lactiques qui sont susceptibles d'attaquer des constituants :

- ❑ Le sucre dans la maladie de la mannite ou piquêre lactique,
- ❑ L'acide tartrique dans la maladie de la tourne

Lorsque les bactéries lactiques se développent avec d'autres micro-organismes, on a la maladie de la graisse. Ces bactéries lactiques ont déjà été vues lors de la fermentation malo-lactique ce qui peut orienter différemment le développement de ces germes est dû à un milieu généralement plus favorable aux bacilles hétérofermentaires : les *Lactobacillus*.

La maladie de la mannite ou piquêre lactique

Le cidre a un goût à la fois **sucré** dû au mannitol (mannite) et **piquant** dû à la présence d'acide acétique et lactique.

Les bactéries lactiques provoquent cette maladie, attaquent différemment le lévulose et le glucose. Elle se produit à pH élevé et à température élevée.

Le moyen de prévention est de ne pas faire de fermentation à trop forte température et d'avoir un goût suffisamment acide.

Il n'y a pas de traitement curatif.

Maladie de la tourne ou de la pousse

La maladie se manifeste par **un dégagement abondant de CO₂** qui peut chasser boudes et bouchons d'où le nom de la maladie de la pousse. **Le cidre est trouble et a changé de couleur.**

La cause est le développement de bactéries lactiques par une température élevée et une acidité fixe et faible (pH>4), la présence de sucres résiduels, la présence de matières azotées et surtout la présence d'acide tartrique qui se dégrade.

Le moyen de prévention est d'éviter une élévation de température, de faire un sulfitage à doses convenables et de faire entrer des fruits acides et riches en tanin.

Le cidre traité ne peut être vendu et le traitement curatif n'est pas toujours efficace. Les cidres sont collés au tanin à la dose de 10 g par hectolitre, soutirés dans des fûts méchés et placés dans une cave fraîche. Il devra consommer pour usage personnel très vite.

Maladie de l'amer

Le cidre commence par être fade puis devient amer.

La cause est le développement de bactéries lactiques hétérofermentaires qui attaquent le glycérol qui donne de l'acroléine qui, en se combinant aux polyphénols, serait à l'origine de la saveur amère.

Le moyen de prévention est d'éviter une élévation de température et de faire entrer des pommes acides et riches en tanin dans le choix.

Le cidre traité ne peut être vendu. Le traitement curatif est le collage au tanin à la dose de 10g/hl soutirés dans des fûts méchés et placés dans une cave fraîche.

Maladie de la graisse

Le cidre coule comme de l'huile quand on le verse. Il devient fade au goût.

Dans certaines conditions les bactéries lactiques s'entourent de polysaccharides, cela forme un produit gélatineux dans lequel se développent d'autres micro-organismes.

La prévention est d'employer des fruits riches en tanins, un pH élevé, d'utiliser des fûts très propres, de faire de nombreux soutirages pour se débarrasser des lies avec des micro-organismes.

Le traitement curatif est le collage avec 10 à 15g de tanins par hectolitre puis avec 10g de caséine. Agiter fortement. Laisser en contact. Puis soutirer 8 jours après. Le cidre traité a perdu une grande partie de sa valeur, il doit être consommé rapidement car la maladie peut réapparaître.

2-3 Maladie du framboisé

La maladie se caractérise par deux symptômes :

- ❑ **Production d'une odeur et d'une saveur désagréable**, devenant rapidement insoutenables. Cette saveur est due à l'accumulation dans le milieu de fortes concentrations d'acétaldéhyde.
- ❑ **Formation d'un trouble laiteux colloïdal** qui peut disparaître après une filtration serrée mais qui ne tarde pas à réapparaître. Ce trouble est provoqué par la combinaison de certains composés polyphénoliques avec l'acétaldéhyde.

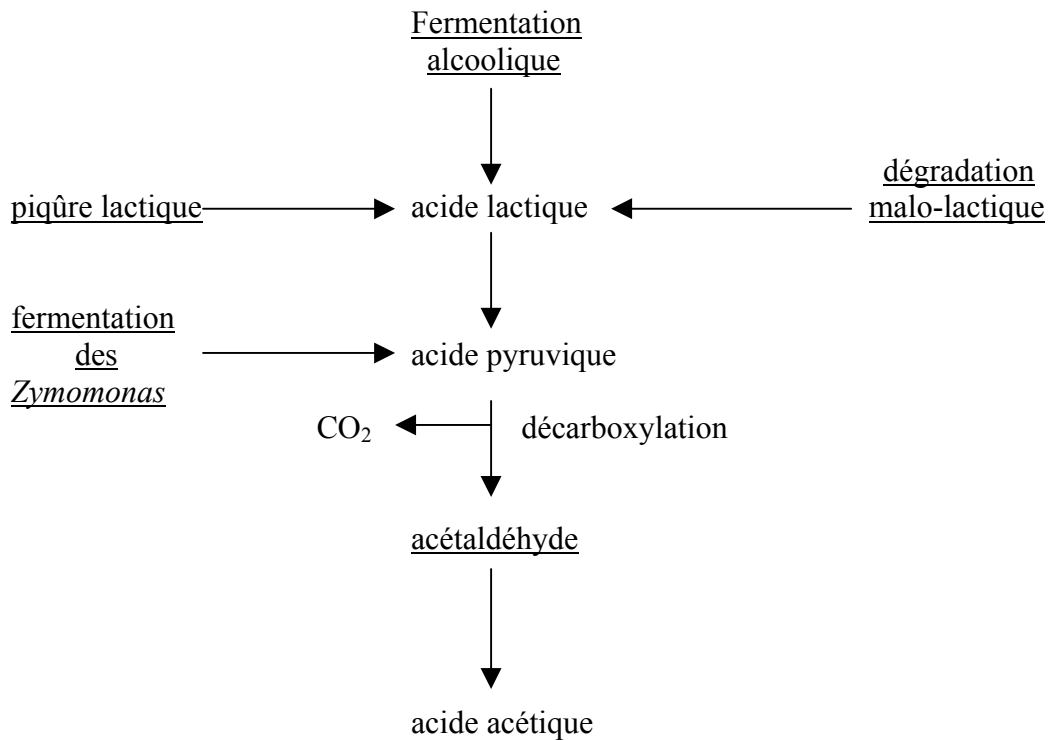
Dans l'état actuel des connaissances, on peut dire que la maladie est provoquée, soit

- ❑ Par une combinaison des bactéries lactiques et des bactéries acétiques
- ❑ Par une seule bactérie bacille gram- *Zymomonas anaerolia*

Dans la première hypothèse, les représentants du genre *Acetobacter* sont responsables de l'acétification des cidres. Dans la maladie du framboisé, l'oxydation de l'éthanol en acide acétique serait ménagée. Elle s'arrêterait au stade de l'acétaldéhyde. Les bactéries acétiques seraient gênées par la fermentation alcoolique lente et simultanée. L'apparition du framboisé résulterait donc, d'un état d'équilibre s'établissant entre les représentants des genres *Acetobacter* et *Saccharomyces*. On note aussi que la présence d'acide lactique dans le milieu était indispensable à l'apparition du framboisé. En effet, *Acetobacter rancens* transforme cet acide lactique en anaérobiose, pour aboutir à l'acétaldéhyde, à l'acétoïne et au gaz carbonique.

La seconde hypothèse fait appel à une bactérie, *Zymomonas pomaceae*. Cette bactérie présente la particularité de fermenter le glucose et le fructose en éthanol et en gaz carbonique. Les derniers termes de son métabolisme étant l'acide pyruvique, l'acétaldéhyde, puis l'éthanol. Il en résulte une accumulation d'acétaldéhyde.

En conclusion, nous noterons que l'apparition du « framboisé » nécessite l'intervention de trois espèces microbiennes : les levures, les bactéries lactiques et les bactéries acétiques.



Pour la prévention, la maladie apparaît essentiellement dans les cidres contenant une certaine quantité de sucres. Elle apparaît vers les mois d'avril ou juin quand la température extérieure augmente. Il faut mélanger des fruits pour obtenir un pH inférieur à 3,5. Il faut une hygiène rigoureuse du matériel et des locaux.

Pour le traitement curatif, il faut voir si la fermentation malo-lactique est commencée. Si elle ne l'est pas il faut ajouter des levures pour faire redémarrer la fermentation.

**CHAPITRE III : LES
PROPRIETES MEDICINALES**

III-1 INTERETS ALIMENTAIRES

(3.4.6.11.12.18.22.31)

III-1.1 APPORTS

La pomme apporte différentes substances indispensables à l'équilibre alimentaire.

Les vitamines

- ❑ Vitamine B1 : 50 mg.
- ❑ Vitamine B2 : 0,05 mg.
- ❑ Vitamine C : 20 mg.
- ❑ Vitamine PP : 0,50 mg.
- ❑ Acide panthoténique : 0,08 mg.
- ❑ Vitamine A : 0,05 mg.
- ❑ Acide folique : 0,20 mg.

Eléments minéraux

- ❑ Eau : 86 g.
- ❑ Soufre : 6 mg.
- ❑ Phosphore : 12 mg.
- ❑ Calcium : 6 mg.
- ❑ Chlore: 2 mg.
- ❑ Sodium: 1 mg.
- ❑ Potassium: 120 mg.
- ❑ Magnésium: 8 mg.
- ❑ Fer: 0,4 mg.
- ❑ Zinc: 0,1 mg.
- ❑ Iode: 0,002 mg.
- ❑ Fluor: 0,0002 mg.
- ❑ Cuivre: 0,5 mg.
- ❑ Manganèse : 0,04 mg.

Essences et acides organiques

- ❑ Acides libres : 0,5 g.
- ❑ Acides combinés : 0,3 g.
- ❑ Acide gallotannique
- ❑ Ethers amyliques
- ❑ Acide formique
- ❑ Acide acétique, citrique, caproïque
- ❑ Acétaldéhydes
- ❑ Alcools supérieurs
- ❑ Acides lactique, carboxylique

- ❑ Geraniol

Autres composants

- ❑ Cendres : 0,3 g.
- ❑ Sucres : 7 g.
- ❑ Celluloses : 1,5 g.
- ❑ Pentosane : 0,5 g.
- ❑ Lignine : 0,4 g.
- ❑ Pectine : 0,4 g.
- ❑ Lipides : 0,2 g.
- ❑ Protides : 0,1 g.

Divers

- ❑ Galactan, quercine, arbutine
- ❑ Tannins : 0,03 g.
- ❑ Calories : 128
- ❑ Substances indéterminées : 0,05

Traces : de silice, brome, alumine, cobalt, arsenic, sélénium.

III-1.2 IMPORTANCE DANS L'EQUILIBRE ALIMENTAIRE

L'importance de ce fruit dans l'équilibre alimentaire est démontrée par de nombreuses études épidémiologiques et biochimiques. On estime que 50 % des décès causés par des cancers proviennent du déséquilibre alimentaire. **Eviter les excès et les erreurs diététiques permet de réduire de plus de 30 % cette mortalité.** Un régime trop pauvre en fruits et en légumes fait courir le risque d'une maladie cancéreuse du tube digestif. Ce déséquilibre alimentaire serait aussi impliqué dans d'autres types de cancers (poumon, vessie, prostate...) par manque d'oligo-éléments et de vitamines. L'abus des graisses et le manque de fibres végétales seraient eux, à l'origine des maladies malignes du sein, de l'ovaire... Par contre, la consommation des fruits pollués par les nitrates est également responsable de certains cancers de l'estomac. Mais, cette maladie n'est pas seule en cause : **une alimentation saine, riche en fruits et légumes, représente une prévention appréciable contre le vieillissement des artères et des articulations, le diabète, l'obésité.**

III-1.3 VALEUR HYDRATANTE

Un litre de « cidre doux » contient 800 à 900 grammes d'eau végétale. Il constitue une source d'eau intéressante pour l'organisme humain, concourant au maintien de

l'équilibre hydrodynamique du système circulatoire et apportant une quantité appréciable d'éléments minéraux.

III-1.4 VALEUR ENERGETIQUE

Un litre de « cidre doux » apporte 400 calories, mais il n'y en a guère que 160 qui proviennent de l'alcool, le reste vient des sucres. Le « cidre sec » est moins énergétique. A titre de comparaison, un litre de vin à 10 ° apporte 650 calories. En outre le cidre doux est une source appréciable de sucres, plus précisément de fructose; le saccharose et le glucose ont en effet pratiquement disparu : le premier par inversion dès les premiers jours de la fermentation, le second est consommé électivement par les levures. Cette richesse en fructose est d'autant plus intéressante que cet ose est facilement assimilable, contrairement au glucose il ne nécessite pas l'intervention de facteurs hormonaux. L'alcool éthylique est également responsable d'un apport calorique, mais il faut rappeler que ces calories ne sont d'aucun secours pour le travail musculaire.

	alcool	sucres	Constituants secondaires
Cidre sec	90 %	-	10 %
Cidre doux	40 %	50 %	10 %

Le cidre doux, peu alcoolisé, est donc une boisson énergétique plus intéressante que le cidre sec.

III-1.5 VALEUR ALCALINISANTE

Le cidre présente un pH acide, il est très riche en acides organiques : l'acide malique caractéristique de la pomme, l'acide lactique apparu au cours de la fermentation, l'acide citrique et l'acide succinique y sont moins importants. Ces acides sont partiellement salifiés, en particulier par le potassium. Dans l'organisme, **ils sont métabolisés**, laissant comme résidus fixes des bases alcalines et alcalino-terreuses génératrices d'alcalinité. De ce fait le consommateur de cidre est à l'abri d'une modification de la réserve alcaline de son organisme.

Cette propriété est intéressante puisque l'alimentation française est en général trop riche en aliments acidifiants (viande, poisson, œufs, céréales et dérivés) et insuffisante en aliments alcalinisants (laits et dérivés, légumes, fruits frais). En revanche, en raison de son pouvoir alcalinisant des urines, le cidre est déconseillé chez des sujets ayant des lithiases oxaliques et phosphatiques, ainsi que chez les malades atteints d'une infection urinaire.

III-1.6 IMPORTANCE BIOLOGIQUE DES VITAMINES

6-1 Rôle de la pomme et du cidre

A la suite d'une série de mutations et d'adaptations, survenues très tôt au cours de l'évolution, beaucoup d'animaux supérieurs, **dont l'homme, ont perdu la faculté de synthétiser les vitamines indispensables au fonctionnement de leurs cellules.** Chez eux, l'apport de vitamines d'origine alimentaire représente donc une forme d'assistance vitale, pour corriger les défauts et les insuffisances intrinsèques de leur propre organisme. Les animaux sollicitent ainsi, de façon impérieuse, le concours des levures et des bactéries intestinales. Cette flore leur fournit des vitamines et des enzymes indispensables à la digestion. Contrairement aux autres matières nutritives (comme le sucre, les protéines et les corps gras), la quantité de vitamines nécessaire quotidiennement reste tout à fait minime.

Quelle que soit l'espèce animale considérée, **le rôle spécifique de chaque vitamine demeure identique.** La vitamine peut se comporter comme une coenzyme ou comme un catalyseur

Cependant, le fait de disposer d'une dose suffisante de vitamines dans l'alimentation ne suffit pas dans toutes les circonstances. Car il faut que l'organisme puisse les absorber, les stocker et les utiliser. A chaque étape, à chaque niveau, à chaque réaction, interviennent des récepteurs, des véhicules, des agents de liaison, de coordinateurs...qui dirigent les molécules de vitamines vers des sites précis où elles doivent exercer leur mission selon un rythme bien précis. **Tous ces coordinateurs biologiques sont présents dans la pulpe de pomme sous la forme des composés phénoliques et terpéniques en liaison étroite avec les acides organiques.**

De nombreuses maladies, médicaments et prédispositions génétiques peuvent perturber tous ces mécanismes, empêchant ainsi la participation indispensable des vitamines dans toutes les réactions enzymatiques. Malgré l'abondance de nourriture dans les pays riches, les carences vitaminiques n'ont pourtant pas disparu. Elles frappent particulièrement les populations exposées telles que les nouveau-nés, les enfants fragiles, les femmes enceintes, les vieillards, les intoxiqués, les malades chroniques. **L'idéal reste un apport journalier de ces substances vitales présentes dans les fruits et les légumes.**

Le moût sortant du pressoir est riche en vitamines, malheureusement la fermentation l'appauvrit en vitamines B1, B2 et C.

- ❑ **Les vitamines du groupe B** seraient utilisées par les levures comme facteurs de croissance.
- ❑ **La vitamine C**, présente dans les pommes à cidre à un taux variant de 9,8 à 45 mg pour 100 g de pommes fraîches, se retrouve dans le moût dans une proportion de 50 à 90 %. Par la suite, cette teneur peut être diminuée sous l'influence de divers facteurs :
 - Les oxydases. La pasteurisation y remédie en détruisant ces enzymes; elle joue donc un rôle protecteur de cette vitamine.

- Le cuivre et le fer, en catalysant l'action des oxydases favorisent la diminution de la teneur du moût en acide ascorbique.
- Le stockage prolongé est également déconseillé si on veut préserver la valeur vitaminique du cidre.

La quercétine, les flavonols et leurs hétérosides, les catéchines sont doués de propriétés vitaminiques P. Cette action se résume par l'activation de la vitamine C, d'où le nom d'action vitaminique C2 qu'on lui donne parfois. Le cidre est également riche en biotine et en acide pantothénique. D'autres vitamines entrent dans sa composition mais à des concentrations plus faibles : cobalamine, inositol, pyridoxine, acide folique...

6-2 Fonctions des différentes vitamines

Vitamine A

- ❑ Protège les muqueuses qui tapissent le tube digestif, les voies respiratoires, les glandes salivaires et les canaux lacrimaux. Il est important que ces tissus soient en parfaite santé pour pouvoir résister aux infections, aux allergies et aux polluants atmosphériques.
- ❑ Est nécessaire à la croissance et au maintien de l'intégrité des membranes cellulaires.
- ❑ Participe à la formation de pigments photosensibles qui sont nécessaires à la vision.
- ❑ Protège les yeux, la peau et les organes reproducteurs.
- ❑ Régularise la formation du cartilage et la synthèse de nombreuses hormones.
- ❑ Est nécessaire au métabolisme hépatique des protéines.
- ❑ Est le coenzyme indispensable de l'activité de la rétine, de la peau, du foie, des os et des surrénales.
- ❑ Favorise les processus de détoxification.
- ❑ Intervient par la régulation des gènes en aval des zones de fixation.
- ❑ Intervient dans la différenciation cellulaire.

Vitamine B1 ou thiamine

- ❑ Est un coenzyme essentiel pour toutes les cellules : elle est indispensable à la libération contrôlée d'énergie à partir des molécules de carbone alimentaire.
- ❑ Est nécessaire à la synthèse cellulaire de l'acétylcholine, l'hormone qui transmet l'influx nerveux d'une cellule à l'autre.
- ❑ Est un important coenzyme de la biochimie hépatique.
- ❑ Participe au fonctionnement nerveux, cardiaque, musculaire et digestif.
- ❑ Favorise la croissance ainsi que les processus de cicatrisation.
- ❑ Intervient dans la décarboxylation du pyruvate et des autres acides alpha-cétoniques et dans le métabolisme des glucides et de l'alcool.

Vitamine B2 ou riboflavine

- ❑ Agit en tant que coenzyme essentiel dans la respiration cellulaire et joue un rôle majeur dans la transformation des protéines alimentaires en énergie utilisable et dans le catabolisme des acides gras et des bases puriques.
- ❑ Protège les muqueuses respiratoire et digestive, les appareils circulatoire et excréteur ainsi que le système nerveux, la peau et l'œil, en synergie avec la vitamine A.
- ❑ Participe à la régulation de la synthèse d'importantes hormones : STH, thyroxine, ACTH et insuline.
- ❑ Joue un rôle dans le contrôle de la croissance et du développement du fœtus.
- ❑ Intervient sous forme de deux coenzymes : le flavine mononucléotide et le flavine adénine dinucléotide.

Vitamine PP ou vitamine B3 ou niacine

- ❑ Est un coenzyme nécessaire au métabolisme des hydrates de carbone, des lipides et des protéines dans toutes les cellules.
- ❑ Assure une croissance normale de l'organisme et un apport adéquat d'énergie.
- ❑ Favorise la synthèse de sels biliaires nécessaire à la digestion des graisses et à l'absorption des vitamines liposolubles (A, D, E, et K).
- ❑ Régularise la synthèse des hormones (thyroxine, insuline et somatotropine ou STH).
- ❑ Peut diminuer des taux sanguins et tissulaires trop élevés de cholestérol et de triglycérides, qui sont responsables de maladies cardiovasculaires.
- ❑ Est avant tout active au niveau du foie, de la peau, de l'intestin et de la moelle épinière.

Vitamine B5 ou acide pantothénique

- ❑ Est un constituant du coenzyme A (élément structural et non fonctionnel).
- ❑ Est indispensable au métabolisme des glucides, acides aminés et acides gras.
- ❑ Favorise la synthèse des stéroïdes et d'autres métabolites.

Vitamine B6 ou pyridoxine

- ❑ Est un coenzyme dans toutes les cellules, où elle joue un rôle indispensable dans le métabolisme des protéines et des graisses.
- ❑ Fonctionne comme coenzyme de la synthèse des protéines à partir d'acides aminés, et régularise la synthèse des lipides des acides gras alimentaires.
- ❑ Contrôle la production et l'activité de la vitamine PP, des érythrocytes, des sels biliaires ainsi que de nombreuses hormones, y compris celles en relation avec la croissance et la sexualité.
- ❑ Exerce une action préventive contre les infections dentaires et la carie.

- ❑ Joue le rôle de coenzyme dans les tissus nerveux, lymphatiques, musculaires et hépatiques.
- ❑ Participe au maintien de l'équilibre chimique des liquides corporels et a un effet régulateur sur l'élimination d'eau, la production d'énergie et la résistance contre le stress.

Vitamine B8 ou vitamine H ou biotine

- ❑ Est un coenzyme de 4 carboxylases

Vitamine B9 ou acide folique

- ❑ Participe au métabolisme des acides aminés et des acides nucléiques : synthèse de la méthionine, interconversion sérine, glycine et dégradation de l'histidine.

Vitamine B12 ou cobalamine

- ❑ Agit en tant que coenzyme sur la synthèse des acides nucléiques (ADN et ARN), des protéines et des graisses.
- ❑ Contrôle, en collaboration avec l'acide folique, la formation des globules rouges et du matériel génétique.
- ❑ Joue en outre le rôle d'un coenzyme important dans le métabolisme du foie, des nerfs, des reins, du cœur, de la musculature, de la peau et des os.
- ❑ Protège les membranes des cellules nerveuses et des tissus, le tractus intestinal, la moelle osseuse et favorise la production d'hormones de croissance.

Vitamine C

- ❑ Régularise le métabolisme des acides aminés.
- ❑ Participe au maintien de l'intégrité de la paroi des vaisseaux sanguins, en particulier des capillaires.
- ❑ Par son pouvoir anti-oxydant, protège les autres vitamines et les tissus de l'organisme –avant tout les membranes- des dommages causés par des agents toxiques, des impuretés et des radicaux libres.
- ❑ Favorise la résorption du fer.
- ❑ Aide à la formation des os, des dents et du cartilage.
- ❑ A une influence positive sur l'état des membranes cellulaires et des tissus. Favorise le métabolisme de formation des graisses essentielles de l'organisme.
- ❑ Maintient en état de bon fonctionnement les glandes surrénales et les ovaires et assure ainsi une production adéquate de leurs diverses hormones.

- ❑ Joue un rôle biochimique important dans la régulation de la croissance, la cicatrisation et les réactions au stress.
- ❑ Stimule la production des globules blancs qui assurent la défense contre les infections.
- ❑ Empêche la transformation des nitrites contenus dans la nourriture en nitrosamines cancérigènes.
- ❑ Est un coenzyme important pour la formation du collagène, des hormones stéroïdiennes, des pigments et de certains composants des membranes cellulaires et tissulaires.

Vitamine D

- ❑ A une fonction de coenzyme essentiel au niveau des os, des reins, du foie ainsi que dans le métabolisme intestinal.
- ❑ Régularise la croissance : assure la minéralisation et la régénération des os, en contrôlant la résorption du calcium et du phosphore dans l'intestin grêle.
- ❑ Contribue en collaboration avec les hormones des parathyroïdes, à maintenir l'équilibre entre calcium et phosphore dans les liquides corporels et les tissus.
- ❑ Maintient la minéralisation des dents et des os.

Vitamine E

- ❑ Est essentielle pour une digestion correcte ainsi que pour le métabolisme des acides gras polyinsaturés ; elle protège contre l'oxydation et assure leur incorporation dans les membranes cellulaires et tissulaires.
- ❑ Participe au bon fonctionnement des systèmes circulatoire, nerveux, digestif, excréteur et respiratoire en gardant intactes les membranes cellulaires des érythrocytes et des neurones, aussi bien que celles de l'intestin, du tissu rénal, pulmonaire et hépatique.
- ❑ Protège les cellules et les tissus contre les dommages causés par les sous-produits du catabolisme normal de nombreux composés organiques (peroxydes toxiques et autres radicaux libres) ; ces molécules et fragments de molécules sont responsables de la dégénérescence cellulaire et d'un vieillissement précoce.
- ❑ Stimule la croissance normale et favorise la résistance au stress.
- ❑ Stimule le développement et le tonus de la musculature striée, ainsi que du muscle cardiaque et du muscle lisse intestinal.
- ❑ Peut jouer un rôle dans l'inhibition ou le ralentissement du vieillissement des cellules et des tissus de l'organisme, grâce à sa fonction anti-oxydante ou « détoxifiante ».
- ❑ Nécessite pour sa résorption, la présence de bile ou de graisses alimentaires.
- ❑ Inhibe la formation des prostaglandines et des thromboxanes.

III-1.7 LE ROLE BIOLOGIQUE DES SELS MINERAUX

L'importance des sels minéraux dans l'alimentation est bien connue. Le calcium, le magnésium et le phosphore sont les principaux constituants du squelette. **La pomme en possède une teneur qui correspond à nos besoins physiologiques.** Le chlorure de calcium intervient dans la production d'énergie au niveau de la membrane cellulaire. Donc, il faut en ajouter suffisamment dans l'alimentation pendant les périodes de chaleur, car ce minéral est éliminé en grande quantité par la transpiration. Pauvre en sodium, la pomme convient aux malades obligés de suivre un régime pauvre en sel. Le calcium et le potassium participent de façon impérieuse à la contraction musculaire et à la transmission de messages électriques le long des fibres nerveuses. **Sportifs et sédentaires trouvent assez de substances minérales en croquant deux ou trois pommes par jour.** Le calcium assure le rôle de messenger pour coordonner le fonctionnement cellulaire. L'exemple le plus connu est la cellule tueuse, une cellule apparentée aux globules blancs. Elle est capable de sécréter un poison, la perforine, activée par un atome de calcium. Il détruit les cellules anormales ou les microbes. On conçoit alors qu'il soit utile de boire du jus de pomme en cas de rhume ou de grippe.

Le cidre doux contient 0,20 à 0,25 % de matières minérales, représentées par environ 50 % de potassium, tandis que l'on y trouve peu de sodium. C'est donc **une source de potassium** qui est loin d'être négligeable (concentration moyenne de 1,2 grammes par litre). Ce faible rapport (sodium/potassium) ajouté à la présence d'acide malique, donne au cidre des propriétés diurétiques remarquables. Les teneurs en phosphore, calcium, magnésium sont très variables : elles dépendent des techniques utilisées par le producteur au cours de la fabrication. Par exemple, au moment de la défécation naturelle du moût, on constate que celui-ci s'appauvrit en calcium, ce phénomène est en partie dû à la formation de pectinate de calcium insoluble. L'adjonction de sels déféquant (chlorure ou carbonate de calcium) compense très souvent cette diminution. Enfin, on note à l'état de traces d'autres éléments minéraux et certains oligo-éléments : soufre, manganèse, cuivre, fer, aluminium...

Des carences en sels minéraux peuvent survenir chez les personnes bien nourries, surtout si l'alimentation n'est pas assez variée ou devient fantaisiste. Là encore, les personnes âgées, les femmes enceintes ou allaitantes doivent recevoir, par leur alimentation, une dose suffisante. **Croquer 2 pommes ou boire un verre de jus de pomme apporte environ 200 mg de potassium, 10 mg de magnésium et de calcium, 20 mg de phosphore et 4 mg de sodium, ce qui représente une quantité physiologique pour l'organisme.** De plus, ces sels minéraux sont absorbés à l'état ionique, leur charge électrique naturelle leur confère une grande rapidité d'action. Ce mécanisme explique les propriétés toniques de ce fruit, que l'on conseille traditionnellement aux personnes affaiblies.

L'interaction entre les divers éléments minéraux a aussi une signification biologique capitale: la carence d'un seul de ces éléments entraîne inévitablement des désordres parmi les autres sels ioniques, ce qui montre que les uns ont besoin des autres pour pouvoir manifester pleinement leurs effets biologiques. Par exemple, dans le traitement de la décalcification, il ne servira à rien d'absorber uniquement du calcium, si l'on ne fournit pas en même temps du phosphore. La fixation de ces deux minéraux sur le tissu

osseux exige encore le concours du magnésium et du fluor. **Or, la pomme est capable de fournir tous ces éléments dans une composition harmonieuse et immédiatement utilisable par l'organisme.** Rappelons qu'une personne pesant 65 kg compte 4 kg de substances minérales. Pour ne parler que du calcium et du phosphore, les aliments doivent lui apporter chaque jour au moins 500 mg de chacun de ces éléments, pour renouveler le tissu osseux. Les régimes amaigrissants doivent obligatoirement comporter suffisamment de fruits, légumes, céréales et viandes pour fournir la dose quotidienne de sels minéraux, vitamines et protéines nécessaires au renouvellement des cellules et des molécules de l'organisme. **Il n'est donc pas étonnant que la pomme constitue un aliment de choix dans le régime de ceux qui ont des kilogrammes à perdre.**

Bien qu'un verre de jus de pomme fournisse 10 mg de calcium, cette quantité est physiologiquement bénéfique pour nos cellules, et en particulier au niveau du cerveau. Pour un travail intellectuel intense, et surtout en période d'examen nécessitant mémorisation et réflexion, **ce verre de jus de pomme est bien plus stimulant qu'une tasse de café fort.** Le premier est de plus dépourvu des effets indésirables (palpitations, insomnie, accoutumance, perte de mémoire) que cause une consommation abusive de café.

III-1.8 IMPORTANCE BIOLOGIQUE DES OLIGO-ELEMENTS DE LA POMME

8-1 Généralités

Les oligo-éléments appartiennent à la famille des métaux et des métalloïdes et se trouvent à l'état de traces dans le corps humain. Leur présence est indispensable au bon fonctionnement de l'organisme. Ces substances rares doivent être sans cesse renouvelées, d'où l'importance d'un apport quotidien par l'alimentation. Il se trouve une fois encore que **la pomme en renferme suffisamment et dans des proportions équilibrées.**

La mission vitale de ces éléments, en tant, qu'**agents majeurs des réactions biochimiques** a été clairement étudiée chez les végétaux d'abord, chez les animaux ensuite et enfin chez l'homme, grâce aux isotopes que l'on peut suivre dans l'organisme. La tâche principale de ces éléments consiste à déclencher les réactions chimiques au sein de la cellule. Et cela à 37 °C seulement, tout en suivant un programme, un rythme et une spécificité propres à chaque élément et à chaque réaction, dont le rendement reste ainsi le plus élevé possible.

Les oligo-éléments interviennent également comme des **modificateurs de terrain.** L'exemple le plus étonnant est le rôle du zinc dans la détermination du sexe chez l'embryon. Nous savons qu'avant la troisième semaine, un embryon génétiquement mâle ne présente encore aucune différenciation sexuelle. Très vite, des gènes présents au niveau du chromosome Y vont ordonner la production d'une protéine particulière, capable de se combiner avec un atome de zinc. Et c'est cette molécule mixte qui va transformer la glande neutre en testicule. En l'absence de ce métal, la masculinisation échoue. Le zinc est, en effet, un élément nécessaire à nos hormones sexuelles. Il intervient aussi dans l'activité de nos globules blancs, stimulant ainsi nos moyens de défense contre les agressions extérieures.

L'erreur serait de croire que les divers oligo-éléments travaillent individuellement. En réalité, tout se tient et s'enchaîne. L'atome de fer par exemple est indispensable à l'hémoglobine des globules rouges pour le transport de l'oxygène. Il l'est également aux cytochromes. Or, le fer a besoin de l'assistance du cuivre et du manganèse qui facilitent son absorption, son stockage et sa mobilité dans la cellule. La pomme, qu'elle soit fraîche ou séchée, cuite ou sous forme de jus, représente une source quotidienne précieuse apportant la plupart de ces oligo-éléments nécessaires à nos enzymes.

8-2 Rôle physiologique des oligo-éléments

Croissance

- ❑ Mn : agit au niveau de la trame organique de l'os comme cofacteur de la polysaccharide polymérase et de la galactosyl transférase. Il intervient dans la synthèse du chondroïtine sulfate.
- ❑ Zn : intervient dans la croissance osseuse.

Intervient aussi dans la croissance cellulaire par action au niveau du métabolisme du collagène. Il joue donc un rôle dans la cicatrisation.

Développement sexuel et reproduction

- ❑ Zn : action sur le développement des organes sexuels et des caractères sexuels secondaires.
- ❑ Mn : intervient dans la biosynthèse des hormones stéroïdes.

Dentition

- ❑ F : intervient dans l'émail dentaire (hydroxyapatite).

Gustation

- ❑ Zn : intervient dans la sécrétion salivaire de gustine.

Erythropoïèse

- ❑ Fer et hème : constituants de l'hémoglobine.
- ❑ Cobalt : intervient dans la biosynthèse des acides nucléiques du proérythroblaste.
- ❑ Cu et Mo : agissent sur le métabolisme du fer. Le cuivre favorise l'absorption du fer et le molybdène intervient au niveau de la xanthine oxydase.
- ❑ Zn : stimule l'affinité de l'hémoglobine pour l'oxygène.

Métabolisme glucidique

- ❑ Cr : est un facteur de tolérance au glucose. Il régule la glycémie.
- ❑ Mn : intervient au niveau de la néoglucogenèse. Il est hypoglycémiant.

Métabolisme lipidique

- ❑ Cr : provoque une diminution du cholestérol et des triglycérides.

Métabolisme cérébral

- ❑ Zn : agit sur un neurotransmetteur synaptique par l'intermédiaire de la glutamate déshydrogénase.
- ❑ Mn : intervient sur le métabolisme des amines.
- ❑ Cu : protège contre le stress.

Hormones

- ❑ I : constituant fondamental du métabolisme thyroïdien.
- ❑ Cr : intervient dans le métabolisme de l'insuline.

Vitamines

- ❑ Co : constituant de la vitamine B12.
- ❑ Zn : intervient dans la vitamine A.
- ❑ Se, Mo : intervient dans la vitamine E

Défenses immunitaires

- ❑ Fer : provoque une diminution des anticorps.

III-2 INTERETS THERAPEUTIQUES

(6.9.12.18.22.31)

Nous allons préciser les effets thérapeutiques de la pomme et du cidre. Il convient de préciser que les vertus du cidre reposent le plus souvent sur des observations cliniques venant confirmer certaines croyances populaires. Néanmoins il n'y pas eu d'étude rigoureuse pour confirmer ces notions.

III-2.1 CARIE DENTAIRE

La couronne d'émail couvrant chaque dent est composée de cristaux d'hydroxyapatite et renforcée par des prismes de fluorure de calcium et de carbonate de magnésium, de potassium. Tous ces cristaux sont fixés dans les mailles d'un solide réseau de fibres de

protéines, la kératine. L'élément central qui assure la solidité de cette structure est le fluor. Cet oligo-élément est le plus électronégatif de nos tissus. Il possède de nombreux électrons périphériques capables de retenir solidement les autres atomes comme le calcium et le magnésium. Il « ficelle » aussi les chaînes de protéines qui constituent les ligaments dentaires pour assurer la stabilité des dents lors de la mastication. Grâce à l'énergie du fluor, l'émail devient donc la substance la plus résistante de notre corps. Les cristaux d'émail des mammifères supérieurs dont nous faisons partie, forment des prismes hexagonaux striés, placés perpendiculairement à l'axe de la dent. Par endroits, d'autres cristaux obliques arment cette architecture de contreforts, la rendant ainsi plus résistante pour le broyage. Sous la couronne se trouve l'ivoire de la pulpe. Ces cristaux phosphocalciques ont aussi besoin de fluor pour équilibrer les pressions exercées sur la dent. Ils sont gravés par des cellules spécialisées, les odontocytes. La carie affecte 90 % de la population mondiale. **Or, trois facteurs doivent se conjuguer pour aboutir à cette affection : le terrain, les bactéries et le sucre.**

Les bactéries dans un milieu riche en sucres secrètent des enzymes et des acides qui attaquent la surface de la dent, dissolvent ses cristaux d'apatite. L'apport de fluor est capable de renforcer la dureté de l'émail pour lui permettre de mieux résister. N'oublions pas qu'**une pomme fournit 0,2 microgrammes de fluor**. Cette dose est précieuse pour la santé des dents, du squelette et des ligaments. Cet oligo-élément inhibe l'activité de nombreuses enzymes microbiennes tout en réalisant un édifice résistant au niveau de ces tissus.

Une belle dentition se prépare dès les premières années de la vie, voire au stade fœtal. Une femme enceinte doit boire au moins un verre de jus de pomme par jour. L'apport de ce fluor est équilibré et facilement absorbable. Il franchit aisément la barrière placentaire pour favoriser la formation de l'os et des bourgeons dentaires.

Le brossage et l'hygiène dentaire protègent ensuite les enfants contre ce fléau presque universel. Donner plus de pommes et moins de sucreries aux enfants représente une prévention efficace. Une carence en fluor provoque des fissures invisibles dans l'ivoire, et ouvre ainsi la porte aux microbes, l'excès de fluor provoque lui aussi, paradoxalement, la destruction de l'os et des dents.

La pulpe de pomme contient normalement une quantité physiologique de cet élément à l'état activé. Il n'y a aucun risque d'excès en mangeant ce fruit, ce qui le rend, une fois encore, très précieux pour les enfants, les personnes âgées et les futures mères.

III-2.2 EFFETS SUR LA DIGESTION

2-1 Au niveau de l'estomac

Le cidre stimule la digestion, son action stomachique est due à la présence de gaz carbonique, qui aide au brassage du contenu et facilite ainsi l'action du suc gastrique. Une consommation excessive risque, par accumulation de gaz, de dilater l'estomac et de provoquer des flatulences.

Son acidité est également intéressante, elle favoriserait la digestion des graisses. Toutefois, celle-ci ne doit pas être excessive : les cidres atteints de la maladie de la piqûre sont nuisibles pour la santé, ils provoquent une sensation de brûlure gastrique. En

conséquence, ces cidres trop « durs » sont particulièrement déconseillés aux hyperchlorhydriques et aux malades atteints d'ulcères gastriques.

2-2 Au niveau biliaire

Le « cidre doux », riche en sucres et en glycérine, stimule la fonction biliaire.

2-3 Au niveau intestinal

Contre la constipation

Le cidre est considéré comme **une boisson légèrement laxative**, conseillée aux constipés chroniques. Cette propriété semble être due au **sorbitol**. A l'extrême, le cidre piqué ou framboisé peut provoquer des diarrhées violentes. D'une manière générale, c'est un bon régulateur du transit intestinal.

La flore intestinale du côlon participe elle aussi à ce travail complexe, en décomposant l'amidon et les protéines. Normalement, la paroi du côlon sécrète une substance visqueuse, le mucus, servant à lubrifier son contenu tout en détruisant les substances toxiques présentes dans les déchets. L'acide laurique et l'acide palmitique, dont la teneur est particulièrement intéressante sous la peau de la pomme, possèdent la **propriété de stimuler les glandes du côlon sécrétant ce mucus**. Ce phénomène explique en partie les vertus laxatives de ce fruit, que la tradition a toujours conseillé en cas de constipation.

Il existe deux types de constipation : la constipation de transit, causée par la stagnation dans le côlon gauche, et la constipation terminale, due à un système sphinctérien inefficace. Chez les enfants, ce sont surtout les garçons qui se plaignent de cette difficulté : leur constipation appartient souvent au type terminal. Ils présentent parfois aussi des pertes urinaires nocturne. Tout cela est dû à un système de contrôle nerveux encore immature. Le sport renforce leur système neuromusculaire. **Ces enfants peuvent bien sûr bénéficier des sels minéraux et des vitamines que fournit le jus de pomme**. Quant à la constipation des adultes, elle touche 80 % des femmes. Il s'agit fréquemment d'une constipation de transit due à la paresse du côlon gauche, **résultant souvent d'un régime pauvre en fruits et en légumes, associé à une sédentarité excessive**.

Les ondes péristaltiques peuvent être initiées par l'activité physique et une alimentation riche en cellulose. Celle de la pomme, par exemple, retient une quantité suffisante d'eau qui engendre à son tour la contraction de l'intestin. Cela suggère que la face interne du côlon est dotée de récepteurs sensibles aux moindres variations physico-chimiques de son contenu. Les éléments minéraux de la pomme, et en particulier le potassium, le magnésium et le calcium, ont la propriété d'engendrer un potentiel électrique au niveau de la membrane des cellules nerveuses et musculaires. L'apport de ces sels à l'état ionique, de charge électrique positive, amplifie davantage l'efficacité des mouvements péristaltiques, après avoir activé les structures neuromusculaires en les portant à un nouveau niveau d'énergie.

Contre la diarrhée

Le côlon irritable est sûrement une des causes de diarrhées les plus courantes. Des périodes de constipation et de diarrhées peuvent se succéder, accompagnées de ballonnements et de douleurs abdominales. Malgré le bilan minutieux pratiqué dans ces cas, on ne trouve aucune lésion de la muqueuse colique. Le traitement de ce type de diarrhées consiste souvent à éviter les aliments mal tolérés et à prescrire des médicaments à base de mucilages pour calmer les spasmes de l'intestin. Certains de ces patients se trouvent soulagés en mangeant des pommes râpées ou des pommes cuites au dessert. Il convient de rappeler qu'il ne faut, en aucun cas, consommer du cidre qui aggraverait la diarrhées. **La prise de pectine de pomme s'avère en effet souvent utile.** La teneur de ce fruit en tanins, et surtout en acide gallotannique et en alcools terpéniques, permet de calmer dans bien des cas ces diarrhées profuses. **Ces substances semblent agir en présence d'atomes de fer qui renforcent leur effet antidiarrhéique.** Le recours à la pomme râpée pour traiter les diarrhées des enfants est d'ailleurs fort ancien. En général, on conseille de choisir une pomme mûre que l'on râpe dans une assiette. On étale ensuite cette pulpe pour la laisser brunir à l'air ambiant pendant une dizaine de minutes. **L'oxydation renforce alors le pouvoir astringent des acides taniques capables de freiner l'excès de sécrétion de la muqueuse intestinale.** Ce remède traditionnel, facile à préparer, peut rendre de grands services en cas d'intolérance alimentaire. Il complète également d'autres formes de traitement. On a pu démontrer que les patients qui se plaignent d'un côlon irritable présentent souvent des anomalies d'ondes électriques émises par le côlon souffrant. Chaque minute, trois cycles de fréquences lentes sont émis par l'intestin contracturé, mais on ne sait pas si cette anomalie est due à un excès d'hormone (la cholécystokinine) que produit le tube digestif lui-même. Il est certain que l'injection de cette hormone engendre immédiatement des spasmes douloureux suivis de diarrhées. On peut dire que, dans bien des cas, **un régime alimentaire équilibré et riche en pomme atténue ces ennuis et en soulage les victimes.**

Les composants de la pomme sont actifs dans une autre forme d'affection colique : la diverticulose. Il s'agit d'un côlon dont la surface est hérissée d'hernies de la muqueuse. Habituellement, c'est le sigmoïde qui est atteint. Cette affection est assez fréquente chez les personnes âgées (30 à 40 % de la population du troisième âge). La rareté de cette diverticulose colique dans les pays pauvres, par opposition à sa relative fréquence dans les pays riches suggère que cette affection pourrait provenir **d'un régime alimentaire excessivement carné, ne comportant pas suffisamment de fibres alimentaires végétales.** Un tel mode d'alimentation aboutirait à une diminution de volume du bol fécal et à une perte de la musculature du côlon. Une fois encore, le rôle des fibres végétales dans la prévention de cette affection n'est donc pas à négliger. **La pulpe de pomme renferme en effet plusieurs familles de fibres** : les celluloses, les hémicelluloses, les pentosanes, qui ont toutes la propriété de retenir les déchets toxiques tout en piégeant les molécules de sucres et de graisses non digérées. Chaque jour, la face interne du canal intestinal se renouvelle, et donc la fragilité des jeunes cellules nécessite une protection diététique. Les cas de diverticuloses peuvent bénéficier de l'apport de pommes cuites en tant que compléments alimentaires capables de soulager aussi par leur effet émoullissant susceptible d'atténuer l'alternance des crises de constipation et de diarrhée. Là aussi, il est conseillé de manger de la purée de pomme crue préalablement

brunie à l'air. Par contre, le jus de pomme reste interdit à cause de ses propriétés laxatives violentes.

III-2.3 EFFETS SUR LE REIN

3-1 Action diurétique

La diurèse que le cidre provoque est supérieure à celle que l'on obtient par l'absorption du même volume d'eau. L'acide malique, le sorbitol et le potassium semblent jouer un rôle important dans cette action.

3-2 Action antilithiasique urinaire

Cette propriété est traditionnellement reconnue, pourtant aucune étude récente n'a permis de l'affirmer avec certitude. Le cidre favorise l'oxygénation des matières albuminoïdes et transforme, par cette oxygénation prolongée, l'acide urique en urée, produit beaucoup plus soluble, s'opposant ainsi à la formation des concrétions urinaires...d'où son action sur la goutte.

3-3 Les propriétés antigoutteuses et antirhumatismales

La goutte a pour caractère essentiel un excès d'acide urique dans le sang. Cet acide urique en excès formant avec le sodium et le calcium des urates qui, à leur tour donnent des concrétions se déposant au niveau des articulations. Ces propriétés pourraient être en relation avec sa pauvreté en purines.

III-2.4 ETATS ASTHENIQUES

Les « sportifs du dimanche », mal préparés, doivent savoir que le travail musculaire prolongé provoque chez eux une diminution rapide du sucre (le glycogène) au niveau des muscles, avec fuite de potassium, de sodium, de calcium...L'acide lactique et d'autres déchets s'accumulent et réduisent la contractilité de leurs muscles. Ces organes récupèrent très mal, contrairement à ceux d'un sportif bien entraîné. Une épreuve sportive à la limite de l'épuisement, surtout chez un amateur du dimanche, peut parfois causer une nécrose partielle des fibres musculaires, dont les enzymes et les déchets se retrouvent dans le sang et dans les urines.

Le fait de fournir aux muscles des sucres et des éléments minéraux permet une récupération rapide. Un verre de jus de pomme apporte jusqu'à 20 g de sucres, 15 mg de calcium, 300 mg de potassium, 3 mg de sodium...c'est exactement ce que l'organisme recherche pour recharger ses réserves, et en particulier les stocks de calcium des cellules musculaires qui ne se renouvellent pas.

Le jus de pomme, fortifiant naturel pour les sportifs, les surmenés, les convalescents, contient des molécules d'aldéhydes extrêmement efficaces et des vitamines. Parmi ces dernières, c'est l'acide folique de la pomme qui est essentiel. Il est synthétisé par les feuilles (d'où le terme folique). Il est ensuite accumulé dans la pulpe de pomme. Manger trois pommes en apporte au moins 600 microgrammes, alors que l'organisme n'en nécessite que 50 par jour. Mais, en période de travail intense, le cerveau en a besoin afin de renouveler les enzymes, membranes...En effet, chaque molécule d'acide folique transporte un atome de carbone nécessaire à l'ADN. C'est pourquoi, la pomme est un élément énergétique de grande valeur.

III-2.5 INSOMNIE

L'un des remèdes traditionnels de l'insomnie était l'infusion de pomme. On faisait bouillir, pendant vingt minutes, trois pommes coupées en lamelles (avec leur pelure) dans un litre d'eau. L'infusion de fleur de pommier était également conseillée pour ses vertus sédatives (40 grammes de fleurs par litre d'eau). Le jus de pomme, par sa richesse en éléments minéraux, calme les enfants qui dorment mal et qui ont des terreurs nocturnes. Un verre de cidre au repas du soir (à ne pas donner aux enfants !) apporte, dit-on, le même bienfait.

L'analyse chimique révèle que les propriétés hypnogènes de la pomme sont essentiellement dues **aux traces de lithium et de brome qu'elle contient**. La teneur de ces minéraux peut atteindre 5 microgrammes par litre de jus de fruit frais. L'action du lithium est renforcée par celle du brome, des vitamines B et PP, du magnésium.

III-2.6 OBESITE ET CELLULITE

Les causes de l'obésité sont multiples : biologiques, génétiques, psychologiques et socioculturelles. Tous ces facteurs s'intriquent et compliquent la recherche d'une solution idéale pour maigrir. Cependant, il est toujours sain de faire de la marche, des exercices physiques, et de respecter un certain équilibre alimentaire.

La consommation d'une ou deux pommes à chaque repas contribue à la bonne digestion tout en permettant d'éviter les excès.

Leurs oligo-éléments sont précieux aux métallo enzymes chargées de diffuser la chaleur et les calories. Mieux, le sélénium, présent dans le jus de pomme à l'état de traces, renforce l'activité de certaines enzymes dans la dégradation des sucres. Il protège les cellules contre l'agression des radicaux libres, agression qui détruirait l'intégrité absolue de la membrane cellulaire, favorisant ainsi le dépôt d'éléments sanguins sur cette membrane (athérosclérose).

La progression de la cellulite est lente. Il est possible de la prévenir par un régime équilibré, riche en fruits et légumes associé à une activité physique. Les acides

organiques et terpéniques de la pomme stimulent la circulation et l'élimination des déchets dans les urines. Le jus de pomme sucré et le cidre sont à éviter.

III-2.7 POLLUTION ET INTOXICATION

La pomme riche en oligo-éléments possède des vertus diététiques. **Elle est capable de renforcer la fonction de détoxification de notre organisme.** En effet, les enzymes hépatiques sont des métallo enzymes et donc nécessitent obligatoirement la présence des oligo-éléments. Dans la lumière du tube digestif, les fibres de la pulpe de la pomme piègent les toxiques tandis que leurs composés de soufre, phosphate, de phénol électrisent les substances nuisibles pour les empêcher d'être absorbées par l'intestin. Les cellules hépatiques, stimulées par les esters de la pomme, déchargent plus de bile pour bloquer l'action des toxines. Dans l'intestin, ce sont les esters et les sels minéraux de la pomme qui précipitent l'élimination en stimulant la contraction de cet organe.

Donner du jus de pomme à un enfant fortifie son mécanisme de défense et augmente sa capacité d'épuration. Les acides organiques de la pomme et ses vitamines favorisent la synthèse de l'albumine par le foie. Cette protéine constitue la première barrière de notre défense dans le milieu sanguin. De plus, manger une pomme à chaque repas procure 0,4 mg de fer. Celui-ci peut être utilisé par les cytochromes qui ont un rôle important dans la détoxification.

III-2.8 SPASMOPHILIE

La cause de la spasmophilie réside dans une baisse anormale des substances minérales présentes dans le sang. **Un verre de jus de pomme pourrait éviter la crise grâce à l'apport de calcium et de magnésium.** Une crise de tétanie n'est pas forcément toujours due au manque de calcium. La chute du taux de sucre, de magnésium, de potassium, de sodium peut en être parfois responsables.

Trois pommes par jour fournissent au moins 30 mg de phosphore, 15 mg de calcium et 24 mg de magnésium, sous une forme immédiatement utilisable par l'organisme. Les sucres (20g) et le potassium (300 mg) de ce fruit activent aussi l'activité des enzymes et des hormones chargées de freiner la fuite des substances minérales au niveau du rein.

III-2.9 ATHEROSCLEROSE

L'une des propriétés médicinales de la pomme est de contribuer à faire baisser le taux de cholestérol et de graisse dans le sang. **Croquer 2 ou 3 pommes par jour suffit pour réduire de 14 % le niveau des lipides sanguins.** On a constaté, avec étonnement, que

l'efficacité de ce fruit dépasse même celle des médicaments hypolipémiants prescrits dans ce but.

Les fibres de pectine de la pomme retiennent les molécules de matière grasse, limitant ainsi leur absorption par la paroi intestinale. Les acides organiques et les sels minéraux de ce fruit stimulent la contraction du tube digestif pour favoriser l'élimination fécale. La flore intestinale subit aussi des modifications profondes. Elle se renouvelle plus rapidement grâce à l'apport d'oligo-éléments et de vitamines (B et C). l'efficacité des enzymes produites par cette flore se trouve fortement accrue par la présence des ions de manganèse et de zinc. Il en résulte une meilleure dégradation des molécules de graisses alimentaires. Dans la lumière intestinale, les fibres de pectine séquestrent aussi les acides biliaires et les empêchent de retourner au niveau du foie. Ce dernier, ainsi appauvri en sels biliaires, doit en synthétiser à partir du cholestérol. Il va donc prélever les molécules de cholestérol du sang pour les transformer en sels biliaires. Donc, les HDL, lipoprotéines dont la mission est de transporter le cholestérol vers le foie, vont augmenter au niveau sanguin. Ainsi, les LDL diminuent au niveau sanguin. Ces LDL se déposent en moins grande quantité sur la paroi des artères.

Il est certain que les pectines de la pomme agissent de concert avec d'autres composants également aptes à protéger la paroi des artères. Il s'agit en particulier de la vitamine C, du pentosane, de l'acide nicotinique, du silicium... Comme ces substances interviennent par différents mécanismes et à des étapes diverses au cours de la digestion, il est possible qu'elles engendrent un effet synergique. La pomme entière induit donc des réactions biochimiques plus efficaces que celles initiées par chacun de ses constituants pris à part.

Une autre qualité de ce fruit consiste à encourager l'activité des métallo-enzymes au niveau des muscles pour convertir le cholestérol et les glycérides en chaleur. Ce travail est facilité par l'apport de ses oligo-éléments à l'état ionique. Le silicium, malgré sa présence insignifiante, contribue à la solidité des chaînes de sucres combinées aux molécules de protéines. Ces mailles de mucopolysaccharides tissent la paroi des vaisseaux. Leur renouvellement, leur réparation, leur résistance exigent également le concours de la vitamine C. Tous ces facteurs sont présents dans le jus de pomme pour aider les cellules de nos vaisseaux dont les fibres élastiques et les trames de collagène restent jeunes grâce à l'apport journalier de vitamine C et d'atomes suractivés de silicium. Un verre de jus de pomme procure jusqu'à 1,5 mg d'acide nicotinique (ou vitamine B3). Cette vitamine joue un rôle primordial dans la dégradation des sucres et des graisses. Elle freine la synthèse du cholestérol et des triglycérides. Elle active des enzymes comme le lipoprotéine lipase, arrache les ions d'hydrogène des molécules de graisse pour faciliter leur dégradation.

III-2.10 BRULURES ET VERGETURES

La pomme -à l'origine de pommade- est depuis des siècles un produit de beauté efficace. **Appliqués sur la peau, le jus de pomme, les pelures et les lamelles fines de sa pulpe ont un effet tonique sur l'épiderme.** Leurs vertus tonifiantes proviennent de son pH acide (aux environs de 6) et de la présence des vitamines (le bêta-carotène) et des acides phosphoriques et benzoïques. Contre les coups de soleil, la tradition employait une pomme pilée ou cuite dans son jus mélangé à partie égales avec de l'huile

d'olive. Cette préparation est appliquée localement pendant une nuit. Elle est très efficace en cas de brûlure du premier ou du deuxième degré.

Pour traiter les ridules secondaires dues au hâlage répété, un début de cellulite ou de vergetures, le traitement externe recourt au jus de pomme, qui a la réputation de raffermir la peau. La pomme ne doit pas être trop mûre : on la pile soigneusement avec sa peau et ses pépins. Ces derniers renferment en effet une teneur intéressante d'eugénol et de géraniol capable de protéger la surface cutanée du dessèchement dû au soleil.

CONCLUSION

Après une longue période de baisse, le marché du cidre s'est stabilisé depuis 10 ans. La consommation stagne autour de un million d'hectolitres. Les variétés les plus consommées sont les cidres bouché brut (34%) et doux (32%) et viennent ensuite les cidres de table traditionnel (18%) et doux (9%).

Depuis 1975 existe l'ANIEC, l'Association Nationale Interprofessionnelle de l'Economie Cidricole, qui est un regroupement de tous les membres de la filière cidre, des producteurs de fruits à cidre aux producteurs artisanaux ou industriels de cidre. L'ANIEC cherche à faire redécouvrir les « cidres de France » aux consommateurs. En effet, même si les français attachent de plus en plus d'importance à la diététique et cherchent une alimentation avec moins de sucres et moins de graisses qu'avant, ils ne restent pas insensibles aux produits régionaux et du terroir. C'est donc grâce à son image naturelle et traditionnelle que le cidre a un fort potentiel de développement.

Face à ce fort potentiel de développement, l'ANIEC réagit en participant à la réalisation de recherche et d'expérimentation en amont et en aval de la filière. Elle travaille aussi pour garantir la qualité du cidre produit en France selon la législation en vigueur. De plus, elle gère les intérêts économiques et techniques de la profession cidricoles en France mais aussi à l'étranger.

La pomme, par ses vertus aussi bien alimentaires que thérapeutiques, peut être considérée comme un alicament.

Le cidre n'est pas une boisson passée de mode et de nombreuses recherches sont faites à son sujet. En effet, au centre hospitalier universitaire de Rouen, un étude est en train de se faire sur les effets cardiovasculaires du cidre. Il sera intéressant d'en étudier les conclusions. Le cidre a donc encore de beaux jours devant lui.

BIBLIOGRAPHIE

1. Baraghini Nathalie, Daveau Eric et Dumont Isabelle.
Projet de microbiologie.
Le cidre.
1998/1999.
2. Beech, F., W.
Cider making and cider research: a review, vol. 78, pp 477 à 491, 1972.
3. Bilger Philippe.
Le cidre élaboration artisanale, méthode, contrôle.
Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie.
Soutenue le 15/10/93, université de Rennes I.
4. Beaulieu François (de).
Les cidres et leurs eaux-de-vies, édition Ouest-France, mars 2000.
5. Comité des fruits à cidre et des produits cidricoles.
Comment faire du bon cidre, 10 novembre 1998.
6. Denis-Dumont.
Propriétés médicinales et hygiéniques du cidre. Syndicat général des cidres, 1914.
7. Drilleau J.F.
La défécation des moûts. In *La bonne chauffe*, n° 145, 1983.
8. Drilleau J.F.
Propriétés technologiques des pommes. INRA Rennes, 12/11/84.
9. Flauzy M, Causeret J et Hugot D.
Cidre et minéralisation osseuse, compte rendu Acad, Agric., 1955.
10. Fratoni F.
Réception des pommes à cidre en usine, incidence des fruits pourris, 1996.
11. Hautemanière Françoise.
Le cidre : son histoire, sa fabrication, ses altérations, son intérêt alimentaire.
Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie.
Soutenue le 22/10/85, université de Caen.
12. Hugot D et Causeret J.
Intérêt alimentaire et les effets physiologiques du cidre, In *Cah.Nut.Diet*, III, 4, 1968
13. Labournoux P et Touchard P.
Le cidre, Ed Hachette, 1910.

14. Langlais, professeur départemental d'agriculture sur la fabrication du cidre.
Bulletin de la société d'agriculture, Lisieux, 1898, p55-62.
15. Le Quere JM, Drilleau JF.
Microorganismes et typicité « cidre », *Pomme*, n°31.
16. Lorinquer Carole.
Le cidre.
Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie.
Soutenue le 04/03/88.
17. Mérat et De Lens.
Dictionnaire universel de matière médicale, édition Baillière, Méquignon-Marvis,
1831-1835.
18. Ouvrage collectif.
La pomme, histoire, symbolique et cuisine, édition Sang de la terre, Paris 1998.
19. Panon G.
Cultures mixtes et séquentielles de levures cidricoles : *Saccharomyces cerevisiae var uvarum*, *Hanseniopsis valbyensis* et *Metschnikowia pulcherrima*. Rôle de l'oxygène et suivi des paramètres de fermentation en milieu modèle., *Science des aliments*, n°17, 1997.
20. Pelt Jean-Marie.
Des fruits, édition Fayard, 1994.
21. Picar M et Montagnard J.
La pomme, Ed Encre, 1980.
22. Porin J et Hamon M.
Rapport médical sur le cidre, In journée médicale du cidre et de la pomme, *la cidrerie française*, n° juin 1934.
23. Primault J.
Culture du pommier à cidre, éléments technico-économiques, novembre 1998.
24. Rio Bernard.
Le cidre, édition Hatier.
25. Rose AH.
Alcoholic Beverages, *Economic Microbiology*, volume 1.
26. Warcollier G et Tavernier J.
Contribution à l'étude d'une altération des cidres appelée verdissement. Imp.
Langlois, 1937.
27. www.cidre-bellot.com/equipe.htm.

28. www.cidrerie-michel-jodoin.qc.ca/index1.html
29. www.fruitsdelabretagne.net/fabricationcidre.htm
30. www.lesarbres.online.fr/fiche-pommier.php
31. www.pomologie.com/vertus/sante.html
32. www.saosnois.com/faire_du_bon_cidre.htm
33. www.temploux.be/vins-de-fruits/cidre.html
34. www.volcler.fr/cidre/indus.htm
35. www.vocler.fr/cidre/quali.htm.

les références n° 1.5.10.15.23.24. m'ont été envoyées gracieusement par le centre technique des productions cidricoles dont l'adresse est: Station Cidricole, La Rangée Chesnel, 61500 Sées que je remercie.

De Crouy-Chanel Marine ép. De La Masselière

De la pomme au cidre

RESUME :

Ce travail traite en première partie de la pomme, de sa symbolique, de ses caractères botaniques et des particularités des pommes à cidre. La deuxième partie développe la fabrication du cidre. La fermentation, la composition chimique du moût et du cidre sont décrites avec beaucoup de détails. L'auteur étudie encore la conservation, la réglementation et les altérations du cidre. Les intérêts alimentaires et thérapeutiques sont analysés dans la troisième partie.

MOTS CLES : pomme, cidre, fermentation, chimie, intérêts.

JURY

PRESIDENT: M. Y.F. Pouchus, Professeur de Botanique, Faculté de Pharmacie, Nantes.

ASSESEURS: Mme C. de Laguerenne, Maître de Conférence de Pharmacognosie, Faculté de Pharmacie, Nantes. Directeur de la thèse.

M. O. Dedeystère, Docteur en Pharmacie, laboratoire Schering, Gif-sur-Yvette, 20 villa Domas, 92160 Antony

LE SQUARE DES SAPINS , 2 ALLEE DE LA CHILESSSE, 45140 SAINT JEAN DE LA RUELE.