

QUALITÉ, EMBALLAGE ET SANTÉ ou l'impact de la technologie sur la qualité alimentaire des fruits frais et transformés proposés au consommateur.

Y. LOZANO*

PREMIERE PARTIE

PROBLEMES PRINCIPAUX POSES PAR LE CONTROLE ET LE MAINTIEN DE LA QUALITE ALIMENTAIRE DES DENREES AFIN D'EVITER LEUR CONTAMINATION PAR LES MATERIAUX AU CONTACT.

INTRODUCTION

«Le XXe siècle, siècle des inventions» proclamait-on dès les premières années de sa vie. Encore alerte à 83 ans, il reste aussi inventif que dans sa jeunesse. Chaque jour apporte une nouvelle solution à nos problèmes quelquefois anciens, créant ainsi de nouveaux besoins qui, dans un cycle sans fin, modifient insensiblement mais sûrement nos habitudes de vie.

Notre alimentation est la première à s'en trouver profondément affectée. Parmi les denrées que nous consommons, un nombre toujours croissant est conditionné, conservé dans des emballages, toujours plus sophistiqués et plus attrayants, nés d'une technologie sans cesse remise en cause. Ce n'est pas par hasard que le Salon international de l'Alimentation et celui de l'Emballage ont lieu en même temps. On peut dire aussi qu'un produit alimentaire nouveau signifie souvent qu'il s'agit d'un nouveau conditionnement d'un produit déjà existant.

Les nombreuses manifestations sur l'emballage et le conditionnement qui ont lieu en cette fin d'année 1982 : le 25e Salon de l'Emballage et du Conditionnement tenu au SIAL à Paris en novembre dernier, TOKYO PACK 82

au Japon, et d'autres prévus pour 1983 ; ASIAPACK et ASIAPRINT à Singapour, INDOPACK et INDOPRINT à Djakarta, nous laissent penser que, de plus en plus, les possibilités nouvelles de cette technologie de conditionnement vont envahir notre quotidien alimentaire. Si le marketing est le puissant élément moteur de cette évolution, la cible facile que nous sommes a-t-elle les moyens de sélectionner les produits alimentaires mis à sa disposition dans des conditionnements toujours plus tentants ?

Depuis la production jusqu'à la consommation, en passant par la transformation, le stockage, la distribution, la préparation ménagère, nos aliments sont mis en contact avec toute une série de matériaux divers : métaux, verre, matières plastiques, bois, papiers, cartons, peintures et vernis, etc. L'inertie de ces matériaux est rarement totale. La migration de contaminants du contenant vers le contenu est de ce fait une réalité qu'il ne faut, ni dramatiser, ni minimiser, mais en aucun cas ignorer. Il faut rester vigilant aux coups de boutoir de ces contaminants chimiques ou microbiologiques, peut-être insignifiants par eux-mêmes, mais, qui, inlassablement répétés au cours d'une vie, peuvent avoir raison de notre santé.

Certes de nombreuses unions de consommateurs tirent à juste titre de temps à autres des sonnettes d'alarme. Mais n'est-il pas souvent déjà trop tard ? Le produit n'a-t-il

* - IRFA-INRA, Domaine de Saint Paul - 84140 MONTFAVET.

pas déjà atteint le grand public et bon nombre d'entre nous ne l'ont-ils pas déjà consommé ? Par manque d'information ou d'éléments d'appréciation impartiaux basés sur un ensemble de tests réalisés selon une démarche scientifiquement rigoureuse, il est souvent très difficile de mettre en garde le consommateur, a priori. On se souviendra des quelques cas rares et anciens où l'intoxication diagnostiquée ou l'accident mortel ont été malheureusement les seuls indicateurs visibles d'une contamination fatale. Mais notre vigilance doit rester en alerte face aux intoxications par effets cumulatifs que pourrait provoquer l'utilisation de certains matériaux (nouveaux mais aussi anciens). N'attribue-t-on pas pour une part la disparition des civilisations brillantes de la Rome antique à la présence excessive du plomb dans l'alimentation, dû à l'utilisation d'ustensiles de cuisine en étain à forte teneur en plomb ? De nos jours ce problème ancien des métaux lourds en contact avec les aliments est encore d'actualité.

Un colloque international sur le thème «les métaux lourds dans les produits alimentaires» s'est tenu en novembre 1981 à Bruxelles au CERIA (1), sous le patronage de la Commission internationale des Industries agricoles et alimentaires.

Dans le but de sensibiliser à nouveau la recherche sur ce plan, les nombreux exposés ont rappelé le grand nombre de problèmes posés par les métaux lourds comme le plomb, le mercure, mais aussi ceux que l'on rencontre avec le fer, le cuivre, le magnésium, le bore, le cadmium, l'arsenic, le strontium que l'on trouve à l'état de traces dans les produits alimentaires. Certains éléments bien qu'indispensables à certaines concentrations, peuvent devenir dangereux par effet d'accumulation ou par effet de sélectivité du couple organe fixateur de l'organisme humain - élément polluant. C'est dire l'importance que revêt la technique d'analyse à utiliser pour la détection de tels contaminants. Comme nous le verrons, c'est elle qui est à la base de la législation en matière de fixation de seuils.

Le CNERNA (2), sous le patronage du Ministère de la Recherche et de l'Industrie vient d'organiser en février 1983 un Colloque national sur le thème plus vaste encore qui est celui des «matériaux en contact avec les aliments».

Sous la présidence scientifique de Madame le Professeur Suzanne BRUN de la Faculté de Pharmacie de Montpellier, le colloque, organisé et présidé par M. André FRANÇOIS, Directeur du CNERNA, a traité des thèmes suivants :

- la sécurité alimentaire et la qualité
- les caractéristiques et propriétés spécifiques des principaux matériaux vis-à-vis des produits alimentaires.

Parmi les problèmes évoqués, bon nombre d'entre eux sont rencontrés dans l'industrie des jus de fruits, du conditionnement des fruits après récolte ou au cours de leur transformation. Compte tenu de l'importance du sujet, nous avons regroupé, dans cet article de synthèse, à l'in-

tention des lecteurs de la revue FRUITS, les divers aspects que revêt ce problème qui est et restera toujours d'actualité dans le domaine particulier de la consommation des fruits frais et transformés (conserves de fruits, jus de fruits etc.).

SECURITE ALIMENTAIRE ET QUALITE

La section de Nutrition du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France (CSHPF) a été scindée en deux sections : l'une se consacre à la nutrition et au mode de vie, l'autre à la sécurité alimentaire. Cette seconde instance examine les nombreux dossiers qui lui sont soumis sur les nouveaux matériaux qui pourraient être mis en contact avec les aliments. Le circuit est long avant la prise de décision. En effet, les dossiers sont d'abord transmis au Service de la Répression des Fraudes dépendant maintenant du Ministère de la Consommation. Ce service les remet ensuite au CSHPF qui, après avis du Ministère de la Santé (Laboratoire national de la Santé) et de la Sécurité sociale pour ce qui est des matériaux pouvant être aussi utilisés dans le domaine pharmaceutique ou médical, désigne alors des experts qui examinent les divers aspects chimiques, toxicologiques, organoleptiques et microbiologiques des dossiers présentés. Ce sont ces différents volets que nous allons développer et qui sont étroitement liés à la sécurité alimentaire et à la qualité des denrées et en particulier des denrées à base de fruits (fruits frais, conserves, jus et boissons à base de fruits ...).

Aspects chimiques.

● Métaux lourds.

On trouve dans les conserves et boissons à base de fruits de plus en plus de Pb, Hg, Cd, ainsi que d'autres métaux plus ou moins essentiels pour l'homme car les techniques d'analyses modernes abaissent chaque jour les seuils de détection : la ppm, la ppb, voire la ppt, sont fréquemment dosées. Mais les teneurs de ces métaux lourds qui peuvent être dosées dans les denrées sont-elles significatives et peuvent-elles avoir des effets physiopathologiques ?

Dans le cas des conserves, on trouve des métaux provenant de réactions entre le contenant et le contenu mais aussi et surtout des métaux présents dans l'aliment avant son introduction dans le récipient. Ainsi pour le Hg et le Cd, on peut dire que la majeure partie de ces métaux se trouvait déjà dans la denrée avant sa mise en boîte et que la technologie de mise en conserve n'apporte pratiquement pas de pollution supplémentaire.

En ce qui concerne le Sn, on a remarqué que les concentrations sont plus importantes dans le fruit que dans le sirop de la conserve (dans le noyau, on peut même avoir trois fois plus de Sn que dans la pulpe). Cet exemple met en relief l'importance du mode d'échantillonnage (repré-

sentativité de la prise d'essai). Les conclusions qui seront tirées du résultat analytique devront l'être avec discernement : le métal était-il initialement présent dans le fruit avant mise en conserve, la pollution est-elle exclusivement le fait du contenant, le degré de pollution n'est-il pas aussi le résultat d'une concentration du contaminant dans le fruit ? Autant de questions que l'on peut se poser.

Si l'on associe bien souvent les termes de «métaux lourds» à ceux de «métaux nocifs», d'autres métaux comme le Cu, le Fe, le Zn, essentiels pour la santé de l'homme, peuvent se voir éliminés des circuits de transformation car ils peuvent être nuisibles à la denrée comme, par exemple, dans le cas des corps gras. Ils catalysent en effet l'oxydation de ces composés et peuvent affecter leurs qualités organoleptiques. Cependant l'arrêté du 28 juin 1912 interdit l'usage du cuivre dans tout processus qui l'amènerait à venir en contact des aliments à l'exclusion des technologies de confiserie et vinicole.

L'utilisation de l'aluminium pour la préparation et la conservation des aliments en général a été très discutée et bien étudiée depuis que le métal est produit en quantités appréciables (1890). De nombreuses recherches ont montré que la préparation et l'emballage des denrées et boissons dans l'aluminium ne détruit pas les substances nutritives, ne modifie pas la couleur ou le goût des produits.

Les composés de l'aluminium sont d'autre part utilisés pour la conservation des cerises et autres fruits, dans la fabrication du sucre ou de la bière. Avec les aliments neutres, des quantités infimes d'aluminium sont dissoutes. Elles restent encore négligeables avec les produits acides pour lesquels la dissolution est tempérée par la présence de sucre, ou avec les aliments basiques, ce qui n'est pas le cas pour les jus de fruits. Dans un rapport récent réalisé par le Professeur E. FOURNIER et son équipe de la Faculté de Médecine Lariboisière-Saint Louis, les auteurs concluent à l'innocuité de ce métal sur la santé de l'homme du fait «qu'aucun argument n'autorise à mettre en garde le consommateur contre un danger auquel il pourrait être exposé du fait de l'utilisation de l'aluminium dans les diverses techniques culinaires».

En se basant sur les nombreuses études menées par la Food and Drug Administration (FDA) aux USA, une dose de 10 à 30 mg/jour a été retenue pour la France comme absorption moyenne journalière admissible. Il a été montré que la stérilisation de l'eau dans des casseroles en aluminium ne permettait pas de dépasser la dose de 5 mg/l de métal dissous. Il semble que la dissolution du métal soit semblable dans la plupart des conditions de cuisson et de conservation des denrées. De plus, il a été montré, dans le cas d'absorption massive de sels d'Al, que l'ion aluminium se combine dans le tube digestif aux phosphates provenant de l'alimentation et est éliminé.

Sans aborder le domaine très complexe des alliages où le comportement du métal mélangé peut devenir très diffé-

rent de celui du métal pur, on peut citer par exemple les alliages Cu - Al. Ils sont interdits en France et pas en Italie, ce qui pose le problème des règlements communautaires au niveau de la CEE. Nous parlerons plus loin des métaux lourds présents dans les colorants, pigments, stabilisants ...

● Produits organiques et de synthèse :

Les possibilités offertes pour les matières plastiques, leur qualité d'adaptation, leur facilité de transformation, leur légèreté, leur transparence, leur imputrescibilité, leur facilité d'impression et de coloration ont poussé les responsables des secteurs industriels touchant à l'alimentaire à les rechercher et à contribuer à leur développement.

Outre leur qualité en tant que matériaux d'emballage, les matières plastiques constituent le composant principal des ustensiles, récipients, tuyaux intervenant dans la production, la préparation, la manutention, le stockage, la distribution des fruits ou des aliments issus de leur transformation.

Une matière plastique est essentiellement constituée :

- de résines, polymères ou co-polymères, synthétiques ou naturelles réputées inactives à l'égard des matières alimentaires.

- d'adjuvants, comme les stabilisants, les plastifiants, les colorants, les charges nécessaires à la mise en oeuvre du produit fini.

Ce sont là autant de composés qui peuvent relarguer dans l'aliment, soit à cause de leur non polymérisation au sein de la matière, soit à cause de leur présence due à une élimination incomplète (traces de catalyseur, de solvant, d'antioxydants généralement phénoliques ...), soit à cause de réaction avec des agents extérieurs (oxydation, dégradation). Des ruptures de chaîne peuvent aussi avoir lieu sous l'action de l'oxygène. Le cas du chlorure de polyvinyle (PVC) a été bien étudié du fait de la présence du chlorure de vinyle monomère (CVM) qui peut être dosé à des teneurs très basses (10 ppb). Des seuils maximums en CVM ont été fixés à 1 ppm pour les matériaux en PVC devant être en contact avec les denrées, ces matériaux ne doivent pas relarguer de CVM dans l'aliment ou la boisson avec laquelle ils sont en contact.

Pour ce qui est des polyoléfines tel que le polyéthylène utilisé pour la fabrication de tuyaux, on peut observer des diffusions d'additifs en fonction de la nature du couple contenant-contenu.

Nous ne dirons qu'un mot sur les résines époxy qui, comme tout produit organique, peuvent réagir au contact de l'aliment. Il faut donc pouvoir prévenir ces éventuelles réactions et en mesurer l'importance. Afin d'améliorer

certaines cuves vinicoles françaises construites en béton armé, un revêtement en résines époxydiques peut être utilisé. Les constituants de polymérisation mis en jeu : résines (de type épichlorhydrine), durcisseur (de type amines aromatiques) montre le danger que peut encourir le consommateur en cas de polymérisation incomplète. Un travail conjoint a été entrepris entre le laboratoire du Professeur BRUN et le CEMAGREF à Montpellier pour des mélanges résine-durcisseur réalisés dans diverses proportions.

Jusqu'ici, les résultats obtenus à l'aide de délicates méthodes analytiques de chromatographie en phase liquide et en phase vapeur mises au point par les chercheurs, autorisent à dire qu'aucune migration de constituant n'a été constatée dans des simulants hydroalcooliques utilisés, titrant jusqu'à 15° en alcool.

Aspects toxicologiques.

Le point noir de la procédure d'acceptation du dossier, dont nous avons parlé plus haut, pour un nouveau matériau devant être mis en contact avec les aliments, est certainement le dossier toxicologique. Ce peut être là un frein à l'innovation par son coût excessif (plusieurs millions de francs) s'il devait être réalisé dans ses moindres exigences. Cependant, dans beaucoup de cas, seul un minimum d'informations est demandé sur l'aspect toxicologique du produit. Les trois tests exigés qui ont fait l'objet d'une circulaire sont :

- la détermination de la dose létale 50 sur l'animal ou de la dose admissible,

- l'étude de la relation dose/effet par admission répétée à trois niveaux de dose pendant 90 jours,

- la détermination du pouvoir mutagène de la substance en contact avec les denrées ou les boissons. Ces méthodes font appel à certaines souches microbiennes (test d'AMES par exemple, détermination de l'activité mutagène des produits chimiques vis-à-vis de *Salmonella typhimurium* ...) ou à la mise en évidence de micronucleus (corps de HOWELL et JOLY) dans la moelle osseuse d'animaux traités, ou encore, à la mise en évidence de transformations cellulaires apparaissant sur des cultures de cellules de mammifères.

Dans les cas plus difficiles, il faut pousser l'investigation plus avant et évaluer les risques potentiels sur les fonctions de reproduction avec une attention toute particulière sur les effets embryotoxiques (téragénèse).

L'extrême diversité des contaminants et des aliments font que les interactions entre les divers couples matériau-denrée peuvent donner naissance à une infinité de formes de pollution dont les contaminants, quelquefois peu toxiques par eux-mêmes, peuvent engendrer par bio-transformation au cours du transit dans l'organisme humain

des métabolites très toxiques ou cancérogènes (cas du benzopyrène où c'est un époxy-diol qui est en fait responsable). Comment déceler a priori ces transformations pour les nombreuses substances que nous sommes amenés à consommer ?

Le problème est de savoir qui doit réaliser le contrôle de toxicité de ces matériaux nouveaux mis sur le marché de l'alimentaire : est-ce le fabricant du produit proposé comme alimentaire ou l'industrie qui met en oeuvre et utilise ce produit ? L'idéal serait de s'inspirer de ce qui est fait dans l'industrie pharmaceutique qui est pleinement responsable de son produit fini (contenu et contenant) et par conséquent n'utilisera que des matériaux répondant à des critères très spécifiques.

A titre d'illustration, nous rapportons ici quelques chiffres, établis au début de 1981 et issus d'une brochure qui nous a été fournie par le Syndicat professionnel des Producteurs de Matières plastiques - SPMP (3), mettant en relief le coût de divers tests toxicologiques.

- dose létale 50 - voie orale chez le rat	6.000 F
- étude de toxicité par voie orale chez le rat pendant 2 ans	2.000.000 F
- téragénèse sur lapins et sur rats	100.000 F
- test d'AMES	6.000 F
- test micronucleus	2.000 F
- transformations cellulaires	6.000 F
- dominant létal chez le rat	1.000.000 F
- cancérogénèse sur rats et souris	4.000.000 F
- effets possibles des propriétés allergisantes sur les fonctions immunitaires	30.000 F

Nous comprenons aisément que les interactions aliment-matériau demeurent impossibles à étudier de la façon la plus complète dans le cadre d'investigations systématiques devant répondre à des obligations réglementaires.

Aspects organoleptiques.

Bien que le problème toxicologique domine, les aspects organoleptiques sont les seuls à être perçus au moment de la consommation. L'évaluation sensorielle est une méthode d'analyse et de contrôle (17). Malheureusement ces tests sont généralement réalisés, quand ils le sont, en bout de chaîne. Si un produit donne mauvais goût, ce n'est pas la peine de faire des études toxicologiques. Ce n'est pas la satisfaction du consommateur qui est seulement recherchée mais c'est aussi et surtout la connaissance des propriétés organoleptiques du matériau en contact avec la denrée.

En effet, il arrive que bon nombre d'analyses réalisées sur un produit donnent des résultats négatifs, alors que le produit se révèle inconsommable. De plus, l'évaluation sensorielle intègre divers paramètres qui contribuent au goût

d'une denrée puisqu'elle utilise l'homme comme «instrument d'évaluation». De ce fait, c'est une technique qui permet de mieux appréhender ce que l'on nomme couramment «qualité» et qui sous-entend en réalité les qualités gustatives, olfactives, visuelles voire auditives et tactiles d'un matériau (ouvertures plus ou moins agréables de sachets).

Les propriétés organoleptiques reflètent surtout des propriétés physiques et chimiques d'un produit. Il faut donc savoir ce qui se passe du point de vue chimique pour expliquer ce qui est organoleptiquement perceptible. En analyse sensorielle, on travaille en sens inverse, c'est-à-dire que dès que l'on perçoit quelque chose, on tente de rechercher les raisons physiques ou chimiques de cette anomalie. Les instruments utilisés sont les sens et il faut apprendre à s'en servir, savoir dissocier les sensations perçues (gustatives, olfactives, etc.), savoir se soustraire aux illusions de goût et d'odeur, se défaire de ses préjugés et de ses idées. Ces sensations doivent être restituées sous forme de mots, dont la signification ne doit pas souffrir d'équivoque. De plus, ils doivent être bien compris, et par le jury de dégustation, et par la personne chargée de l'interprétation des résultats. Dans de nombreux cas, pour rendre plus aisé le traitement de l'information donnée par le jury, des notes sont attribuées. A ce moment se pose le problème du chiffrage de la sensation. Peut-on totaliser impunément des avis différents, voire opposés ? C'est là qu'intervient l'expérimentateur, qui, dans un esprit critique, devra tenter de comprendre pourquoi les avis sont opposés, avant d'entreprendre un traitement statistique sans discernement. La répétition de l'échantillonnage est un point sur lequel l'expérimentateur devra apporter la plus grande précaution.

Signalons, sans insister, que les conclusions qui peuvent être tirées d'une évaluation sensorielle ne peuvent être généralisées.

En effet si certaines boissons ou fruits sont appréciés par certaines populations il n'en est pas de même pour d'autres : En Europe, on ne saurait apprécier certains fruits exotiques tel que le DURION (*Durion zibethinus* MURRAY) pour ne citer qu'un exemple frappant.

Nous terminerons en disant que la qualité des données d'évaluation sensorielle, indépendamment du traitement statistique, dépendent :

- du groupe qui fournit la donnée
- de l'épreuve mise en jeu : test par paires ou test triangulaire, échelle de grandeur normée ou non, méthode de choix forcé ou test de préférence, etc.
- des modalités opératoires : contrôle de température d'éclairage de la salle de dégustation, présentation de l'épreuve, contrôle psychologique du jury, sensibilités physiologiques de chaque juge, etc.

L'ensemble de ces données permettra de porter un avis

sur le comportement d'un matériau en contact avec un produit alimentaire (boissons en bouteilles, sachets ou en poches plastiques par exemple) au bout d'un temps de conservation déterminé. Le changement de coloration (oxydation de produit), de saveur, d'odeur ou l'apparition de flaveur nouvelle sera détectée immédiatement par l'analyse sensorielle dont le résultat, s'il est négatif, autorisera l'élimination du matériau inapte à l'utilisation prévue. Il ne sera pas nécessaire de mettre en jeu les autres techniques, excepté tout l'arsenal analytique disponible si l'on désire connaître la cause physico-chimique du changement des propriétés organoleptiques de la denrée.

Aspects microbiologiques.

La qualité et la sécurité alimentaire sur le plan microbiologique relèvent principalement des opérations industrielles de nettoyage, de désinfection et de stérilisation.

La contamination des denrées en général tient à l'aptitude des microorganismes (bactéries, virus, levures, moisissures) à adhérer aux surfaces des matériels et des matériaux. Il a été montré que le phénomène d'adhérence des bactéries se réalise en trois stades :

- adhérence primaire sous l'effet de forces physiques telles que les forces de Van der Waals.
- formation de fins fimbriae, organites situés autour des bactéries (700 à 800 par bactérie, longueur 4 à 5 μm) qui assurent le premier contact avec le matériau pour réaliser une adhérence meilleure mais encore faible.
- sécrétion de substances polymères de nature polysaccharidique qui rendent la viscosité plus forte et qui permettront le développement de colonies. Les bactéries sont liées par ces substances entre elles et seulement quelques-unes sont liées à la surface. Il est alors difficile de détacher de leur support toutes les bactéries.

Il convient donc, en fonction du stade de pollution de l'appareillage, de décontaminer plus ou moins sérieusement : le nettoyage est l'opération qui consiste à séparer les souillures de leurs supports alors que la désinfection vise à éliminer ou à tuer les microorganismes et à inactiver les virus indésirables portés par les milieux inertes (AFNOR). La stérilisation doit aboutir à la destruction définitive des microorganismes, quels que soient leur morphologie et leur environnement.

Il est évident qu'à l'issue d'un nettoyage, un test de dénombrement des bactéries négatif ne signifiera pas pour autant que l'appareillage sera exempt de microorganismes. En effet, si la majeure partie des colonies a été détruite du fait de leur faible adhérence aux parois, les bactéries les mieux ancrées par les substances polymères peuvent subsister et être source de nouvelles pollutions par proliférations ultérieures favorisées par les conditions de milieu (pH, température, substances nutritives comme les sucres ...). Le contrôle bactériologique reste donc le garant

d'une pollution bactérienne existante ou exogène, qui peut croître exponentiellement au long d'une chaîne de production.

Parmi les détergents les plus utilisés citons les substances alcalines et parmi les désinfectants les halogènes et les oxydants. En général on recherche des substances chimiques qui ont un fort pouvoir de pénétration de la cellule pour combattre une pollution bactérienne (attaque de la membrane cytoplasmique) alors que des substances ayant principalement une action sur le pouvoir de réplication sont utilisées contre les virus. La réactivité des substances chimiques varie avec son degré d'oxydation : par exemple l'ion hypochloreux pénètre plus facilement que l'ion hypochlorite. Néanmoins la chaleur reste un des meilleurs moyens pour obtenir la stérilisation du matériel.

Il faut souligner l'importance du rinçage et de la qualité de l'eau utilisée. En effet si la contamination microbienne a été éliminée, il ne faut pas lui substituer une contamination par détergents notamment par ceux contenant des ions ammonium quaternaires ou autres.

Réglementation et contrôle.

Le principe de la réglementation française repose sur deux textes de base principaux, la loi du 1^{er} août 1905 et le décret du 12 février 1973.

La loi de 1905 avait un caractère très général de protection en matière de distribution des marchandises. Elle avait trois objectifs essentiels :

- lutter contre les fraudes et les falsifications nombreuses au début du siècle, et les combattre sur le plan pénal si celles-ci étaient nuisibles à la santé,
- instituer des organismes de contrôle à l'échelon national (services de la répression des fraudes),
- faire observer une procédure spéciale pour les modalités et les procédures de contrôle (pénalités doublées quand il y avait atteinte à la santé).

Après cette loi de 1905, qui est essentiellement une loi pénale, a été publié le décret de 1912 relatif aux matériaux en contact avec les aliments, qui avait pour but la sauvegarde de l'hygiène. L'arrêté du 28 juin 1912 concerne les métaux, alliages, les vernis, les papiers et cartons.

Ce décret de 1912 était basé sur le principe des listes positives, à savoir que tout matériau non expressément autorisé est interdit pour le contact alimentaire.

Dès 1945, le développement des matières plastiques a obligé la réglementation française à se pencher sur cette question. A côté des bons polymères bien fabriqués, bien polymérisés, il reste le problème des adjuvants des matières plastiques (stabilisants, antioxydants, colorants, charges éventuelles ...) qui risquent de migrer au contact de l'ali-

ment. Tous ces points ont été réglés au fur et à mesure par des circulaires à cause de la cadence prodigieuse avec laquelle les nombreux dossiers relatifs aux nouvelles substances (de 1950 à 1980 plus de 500 substances) étaient proposés au Conseil supérieur d'Hygiène publique de France. L'industrie pouvait, dans des délais relativement courts, disposer de ces nouvelles substances agréées. En particulier, la circulaire du 23 juin 1950 donne l'opinion des hygiénistes et recommande :

- pas de migrations anormales de contaminants,
- limitation des autorisations à des polymères présumés inactifs,
- satisfaction à des épreuves de corrosion et de vieillissement.

La circulaire du 12 septembre 1963, en voie de remplacement par arrêté, indique les conditions d'admission des constituants de matériaux. En particulier le protocole auquel il faut se soumettre actuellement sera allégé et le dossier devra indiquer le nom du demandeur, la nature de la substance, sa pureté, son intérêt économique, ses effets sur l'environnement, signaler les références de pratiques étrangères où elle est utilisée, présenter des données physiologiques et toxicologiques. Ce dossier permettra à l'expert chargé de l'homologation de solliciter ou non des études complémentaires.

Actuellement, c'est le décret du 12 février 1973 qui remplace celui de 1912 et le renforce dans son application. Il reprend les principes fondamentaux :

- de la liste positive : c'est un répertoire de substances aux concentrations d'emploi ou limites préconisées ne sont, en principe, pas dangereuses pour la santé et sont seules autorisées à être utilisées dans la constitution de matériaux destinés à être mis en contact avec les denrées alimentaires. Quelques 150 à 200 substances autorisées réparties dans une centaine de documents officiels ont été réunis dans la brochure n° 1227 du J.O. (Répression des Fraudes et Contrôle de la Qualité concernant les matériaux au contact des aliments) et dans le document SPMP d'avril 1981 pour ce qui concerne plus particulièrement les adjuvants autorisés pour l'élaboration de matières plastiques en contact avec les aliments.
- de l'inertie de la substance. Les migrations possibles de la substance dans la denrée alimentaire doivent être connues.

Au niveau de la Communauté économique européenne (CEE), des documents établis par un comité d'experts sur la base de données professionnelles ont été publiés. La première directive cadre du 27 novembre 1976 a été suivie par la publication de la directive 80/590 du 9 juin 1980 (JOCE n° L 151 du 19.6.80) concernant la proposition du symbole «verre + fourchette» à mettre sur tout matériau au contact autorisé.

La directive du 30 janvier 1978 et celle du 29 avril 1981 traitent des limites de migration du chlorure de viny-

le et des méthodes d'analyse pour la recherche du monomère.

Celle du 18 octobre 1982 est relative à la vérification de la migration des constituants des matières plastiques. Diverses propositions sont en cours d'élaboration pour fixer :

- les méthodes d'analyse pour la recherche de la migration (limites de migration spécifique, limites de composition, critères de pureté). Ces méthodes et techniques analytiques sont à la base de la fixation des seuils.
- le choix des liquides simulateurs servant à tester les migrations partielles ou globales afin de s'assurer de l'inertie des matériaux au contact, des critères de pureté de certaines substances de la liste positive.

Les différentes législations nationales doivent donc être mises en conformité avec les directives communautaires publiées ou à venir. Plusieurs cas peuvent se présenter pour un Etat membre :

- soit il ne possède aucune législation sur le sujet traité par la directive de la CEE et alors il doit introduire dans sa propre législation les dispositions de ces directives sous peine de sanctions,
- soit il possède déjà une réglementation moins sévère que celle proposée par la directive de la CEE, il devra dans un délai défini s'y conformer,
- soit il possède une réglementation plus sévère, il pourra alors la conserver mais ne pourra pas s'opposer aux importations sur son territoire de produits conformes à la directive de la CEE.

CONCLUSION

Par ce rapide tour d'horizon sur les aspects principaux du maintien de la qualité alimentaire des denrées, nous avons voulu montrer combien il est délicat d'innover en matière de matériaux d'emballage et de conditionnement. Cette difficulté ne tient pas uniquement à la mise sur le marché de matériaux nouveaux répondant à un besoin

commercial ou publicitaire mais surtout à l'évaluation du risque que l'on peut encourir en mettant ce nouveau matériau en contact avec divers aliments.

Des études plus ou moins poussées sont nécessaires pour fixer les marges de sécurité. Quelquefois, une simple évaluation sensorielle suffira pour rejeter le matériau choisi. Dans bien des cas, la flaveur de l'aliment ne sera pas affectée et il faudra pousser plus avant l'examen chimique, toxicologique, pour mettre en évidence certaines contaminations pernicieuses.

Cette démarche devrait être adoptée chaque fois que l'on est en présence d'un système «produit alimentaire - matériau en contact», dont l'un des composants vient d'être modifié. En effet, si le verre est un matériau réputé inerte et sain, qu'en est-il des divers systèmes de fermeture de bouteilles et bocaux qui peuvent altérer la sécurité du conditionnement pris dans son ensemble ?

Souvent, les tests réalisés ne révèlent aucune contamination nocive. Ce n'est pas une raison suffisante pour classer le cas étudié et donner un «bon pour contact» à vie. Peut-être ces tests ne sont-ils pas suffisamment sensibles. L'épreuve du temps reste la plus implacable. C'est aussi la plus terrible, car quand elle indique qu'il y a atteinte possible de la santé de l'homme, il est souvent déjà trop tard. Heureusement, ces situations sont très rares, l'incompatibilité matériau-denrée a été déjà mise en évidence par de fines analyses physico-chimiques, toxicologiques ou autres ...

En conséquence, on doit rester vigilant, même devant des situations de contact paraissant bien banales parce qu'anciennes. Cette attitude prudente nous oblige à réaliser quelquefois des contrôles coûteux comme certains tests toxicologiques. Mais c'est là le prix de la sécurité alimentaire qu'une réglementation juste doit sauvegarder, même si cette dernière doit souffrir des modifications et des révisions de temps à autre, rendues nécessaires par de nouveaux acquis scientifiques sur les risques de contamination que peuvent présenter tout couple denrée-matériau au contact, ancien ou récent.

DEUXIEME PARTIE : CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX MIS AU CONTACT DES FRUITS

INTRODUCTION

Nous ne vous développerons pas ici les diverses caractéristiques des produits alimentaires au contact avec les matériaux utilisés par les industriels des industries agro-alimentaires. Si besoin est, on trouvera de plus amples renseignements dans divers ouvrages généraux qui sont

cités en bibliographie (7, 8, 9 et 10).

C'est à dessein que nous rapporterons rapidement dans cette deuxième partie que ce qui présente un intérêt pour le lecteur de la revue FRUITS, à savoir les caractéristiques à considérer lors du contact des fruits et boissons à base de fruits avec divers matériaux (14, 15).

FRUITS

Depuis la cueillette en passant par le stockage, le transport, la distribution jusqu'à la consommation, les fruits (et les légumes frais) sont mis en contact avec de nombreux matériaux qui doivent être adaptés aux conditions de survie de ces denrées. Loin d'être stabilisés, les fruits frais sont en constante évolution physiologique. Tous les matériaux employés, par leurs formes, leurs propriétés physiques et chimiques, interviennent soit directement (chocs physiques, thermiques ...) soit indirectement par les modifications biologiques (échanges gazeux), pathologiques (moisissures), organoleptiques (couleur, saveur ...) qu'ils induisent. Inversement, les fruits frais agissent sur les caractéristiques de leurs emballages si bien que de nombreuses situations peuvent se présenter pour un même fruit.

Les matériaux rencontrés sont avant tout des moyens de protection mécanique contre les chocs, les frottements, les écrasements (bois, carton, papier, matériaux composites) mais aussi des moyens de régulation de l'évolution de la maturité et de la conservation du fruit (papiers, plastiques, cires ...).

Le bois n'entre en contact avec les fruits que sous forme d'emballages. Encore n'est-il pas directement en contact puisque, bien souvent, un emballage de protection alvéolé (papier - carton ou plastique) le sépare du fruit (cas des petits emballages servant à la commercialisation des fruits : caquettes).

En général, le bois brut qui est souvent du peuplier ou du hêtre pose peu de problèmes. Divers traitements peuvent assurer une bonne finition et une meilleure protection mécanique du bois ainsi qu'une meilleure lutte contre les agents pathogènes. Il faut remarquer que le produit de traitement (fongicide, vernis ...) doit être inscrit sur les listes dites positives et, qu'en fait, aucun de ces produits n'y figure.

Quelques problèmes d'hygiène peuvent cependant survenir au cours de la réutilisation des emballages en bois. C'est quelquefois le cas avec les gros emballages (Pallox) utilisés dans les vergers à l'époque des récoltes et qui sont réutilisés. Pour les protéger, on les vernit et parfois on les traite contre les parasites. Il arrive aussi qu'on les traite au formol ! ce qui est un moindre mal. Cet aspect de la réutilisation des grandes caisses en bois n'a malheureusement pas encore été réglementé, malgré la demande de la Profession. Souvent les fruits subissent un lavage avant le conditionnement en emballages de distribution et il n'y a alors pratiquement plus de risques pour le consommateur : ni résidu de produits chimiques, ni organisme pathogène, ni toxine en surface.

Les papiers et cartons sont plus souvent en contact avec les fruits frais. Ils doivent présenter des caractéristiques bien définies pour que l'emballage qu'ils serviront à réaliser réponde à certaines normes. Ils devront être résistants :

- soit à l'humidité avec une caractéristique d'imperméabilité pour assurer une rétention partielle d'eau de transpiration des fruits au cours du transport si nécessaire (fruits facilement déshydratables) ou, au contraire, une caractéristique d'absorption d'eau.

- soit aux chocs pour éviter la blessure des fruits au cours du transport (chocs sur les emballages) mais présenter, en même temps pour la face interne de l'emballage en contact avec les fruits, une surface relativement souple pour amortir l'effet des chocs fruit-matériau.

Enfin les papiers et cartons devront être imprimables et encollables pour répondre aux besoins publicitaires et commerciaux. Cependant la nature de leur structure sera telle que les encres, colles et autres adhésifs, ne s'imprègnent pas trop afin de ne pas entrer en contact et altérer le fruit.

La mise en oeuvre des colles et adhésifs peut soulever des problèmes relatifs aux techniques d'assemblage utilisées pour réaliser un matériau composite ; à savoir :

- le thermoscellage
- le contrecollage :
 - par voie humide (adhésifs en milieu aqueux ou milieu solvant organique)
 - par masses réticulables.

Les composants utilisés sont principalement des cires et colles thermofusibles, des adhésifs thermoplastiques en émulsion ou en solution, des colles polyuréthanes à un ou deux composants. Il va sans dire que la migration de ces produits ne devra pas affecter la qualité des fruits bien qu'ils aient eux-mêmes une protection naturelle : la peau.

Les fruits sont aussi conditionnés dans des emballages plastiques ou mis dans des paillages réalisés à l'aide de matériaux composites à base de polymères thermoplastiques. Les polymères les plus employés sont les polyéthylènes basse densité et haute densité (PEBD, PEHD), le chlorure de polyvinyle (PVC), le polypropylène (PP), le polystyrène (PS), le polythéréphtalate d'éthylène (PET). Ces matériaux doivent répondre aux exigences de l'emballage alimentaire qui exploitent leurs propriétés thermomécaniques, de machinabilité, de transparence, d'aptitude à l'impression, de résistance aux couleurs. Ils doivent conserver aux fruits leurs qualités naturelles.

FRUITS TRANSFORMES, JUS DE FRUITS ET BOISSONS A BASE DE FRUITS

Les fruits transformés sont en général privés de leur protection naturelle que constitue la peau. Au cours des diverses manipulations qu'ils subissent tout au long du processus de transformation, les fruits sont mis en contact avec divers matériaux : alliages métalliques, vernis, verre, matières plastiques, bois ... Ils peuvent être contaminés lors du contact végétal-matériau, mais ils peuvent aussi

être l'objet d'une contamination apportée par un agent extérieur (eau - air ...) avec lequel le fruit aurait été mis en contact (pollution par métaux lourds, monomères, par microorganismes).

Les fruits transformés se retrouvent en général soit à l'état de fruits secs, soit à l'état de fruits en conserve dans un sirop ou à l'état de jus.

Les fruits destinés au séchage peuvent être mis en contact avec le bois. Des contaminations bactériennes, organoleptiques, ou dues à des migrations à l'interface bois-pulpe (produits de traitement du bois, peinture, vernis ...) peuvent avoir lieu. Le code sanitaire pour les fabriques de conserves de légumes et de fruits interdit le bois nu et l'osier.

L'un des ingrédients majeurs dans la fabrication des conserves de fruits et des boissons à base de fruits est l'eau. Elle peut être, comme nous l'avons signalé ci-dessus, le vecteur de nombreuses contaminations. En particulier, tout au long de son cheminement dans les canalisations, elle accumule des fibrilles (végétaux, amiante ...) dont les teneurs peuvent être très élevées (200.000 à 300.000/litre). Il n'y a pas encore de normalisation de cette contamination car la méthodologie utilisée pour le dénombrement n'est pas très fiable. Cependant on doit considérer qu'une teneur de 10^6 fibrilles/litre est un seuil à ne pas franchir.

L'eau peut aussi véhiculer un certain nombre de métaux lourds en solution. On sait le danger que représentent certains métaux comme le Pb, le Hg, le Cd. Cependant, la législation française présente quelques lacunes sur ce problème. Il est réglé pour ce qui concerne le Pb dans le vin : limite maximum de 0,5 mg/l en France. Cette valeur a été retenue par l'Office International de la Vigne (O.I.V.) mais elle n'est pas légalisée dans tous les pays où ce seuil peut être fixé plus bas encore (0 mg/l en Belgique). De plus, les méthodes de dosage n'étant pas unifiées, l'O.I.V. a proposé certaines méthodes de dosages et des limites admissibles pour bien des boissons autres que le vin. La proposition de 1980 concerne le plomb (0,5 mg/l), l'arsenic (0,2 mg/l), le cadmium (10 μ g/l) en utilisant la minéralisation par voie humide.

Les diverses législations ne sont pas non plus d'accord sur les teneurs limites en Pb qu'elles avancent pour l'eau potable. Elles sont de 5 μ g/l pour la CEE, de 10 μ g/l aux USA et en URSS. Or, comme l'eau est le composé principal des boissons reconstituées (jus de fruits), on s'aperçoit de la difficulté qu'il y aura à établir une limite internationale pour le produit final sans pénaliser dans une certaine mesure l'industrie utilisant des matières premières pour lesquelles les normes sont les plus larges.

Signalons que selon la forme de complexation du métal, il peut y avoir des niveaux de toxicité différents pour l'organisme. L'exemple fourni par le mercure est signifi-

catif : dans le règne animal, l'élimination de la moitié du mercure complexé à des molécules organiques, méthylmercure par exemple, dure de 100 à 1000 jours alors que pour le mercure minéral elle n'est que de 7 à 60 jours ... Pourtant le dosage par absorption atomique de ce mercure ne fera aucun distinguo entre les deux formes !

Dans le cas des conserves ou des sirops et boissons gazeuses, on peut assister à des migrations de métaux lourds provenant de réactions entre le contenant et le contenu. Cependant, compte tenu de la haute technicité de cette technologie, on peut dire que la majeure partie des métaux contaminants se trouvaient déjà dans le produit. Des corrosions peuvent avoir lieu sous l'effet de pile électrochimique dû au couplage Sn/Pb, métaux présents au niveau de la soudure et mis en contact avec le contenu. Citons, pour mémoire, les nitrates qui sont des polarisants très agressifs. Toutes ces réactions, conséquences d'une corrosion, tout comme la migration de Sn dans les boîtes en fer blanc, sont très limitées, voire annihilées, par le vernissage interne que subissent ces boîtes. Cependant il subsiste les risques de rayure de ce vernis qui doit lui aussi résister à l'agressivité de certains jus (pH très bas). Cependant, le phénomène électrochimique qui aurait lieu par la présence de Fer produirait un dégagement gazeux entraînant le gonflement des boîtes et par conséquence leur élimination des circuits de commercialisation.

Les divers matériels entrant en jeu dans la transformation des fruits sont en général en acier inoxydable. Très largement utilisés dans l'industrie alimentaire, les aciers sont remarquables par leur neutralité chimique, leur neutralité biochimique, leur compatibilité avec de nombreux produits de nettoyage (acides ou basiques) et de désinfection.

Cependant on peut avoir de faibles contaminations des denrées au niveau de points de corrosion, par piqûre ou de type caverneux, qui peuvent se produire en cours de stérilisation. Une contamination peut avoir lieu si le matériel a été mal nettoyé lors de la première mise en service (dépôt de laitiers, traces d'oxydation de surface). En fonction de la nature du produit, il peut y avoir une migration d'ions métalliques due à des réactions catalytiques avec certains produits aromatiques présents, affectant ainsi les qualités organoleptiques de la denrée. Compte tenu de l'étendue de la gamme des aciers inoxydables, il en existera toujours un qui respectera le cahier des charges rédigé pour protéger la denrée à traiter de toute contamination métallique nocive pour la santé de l'homme.

Le verre est de tous les matériaux le plus inerte vis-à-vis de tous les types de denrées et boissons à base de fruits. Sa palette de stabilité est très large : stabilité chimique, thermique, mécanique, stabilité de surface (aucune fixation superficielle ni fixation d'odeur). Il présente une imperméabilité et une stabilité totale vis-à-vis de tous les liquides et les gaz qui y sont contenus (cas des boissons gazeuses). Il peut aussi jouer un rôle de barrière vis-à-vis de certains rayonnements nocifs ou de l'oxygène de l'air (destruction

des vitamines, C en particulier). Il présente de plus une excellente inviolabilité. Cependant, s'il donne une plus-value de «produit de qualité et de santé» à son contenu, les emballages en verre, bien qu'ils soient devenus moins lourds à contenance égale, se trouvent concurrencés par de nouveaux emballages réalisés en matériaux composites (pack), en métal (aluminium) et surtout en matières plastiques. Cependant il reste le plus utilisé puisque 80 p. 100 des jus de fruits, 96 p. 100 des boissons aux fruits, ont été conditionnés en 1980 dans du verre.

A titre d'illustration, nous citerons les conclusions de travaux de recherche présentées par un chercheur allemand au dernier Congrès international des Jus de Fruits de Munich (6). Une comparaison de conservation de la qualité de divers jus conditionnés en emballage en verre, en carton et en polyéthylène a mis en évidence la supériorité du verre. Le principal facteur limitatif pour les autres emballages est leur incomplète imperméabilité à l'air (oxygène surtout), n'autorisant pas une bonne conservation de l'acide ascorbique notamment au bout d'un temps assez long (un à plusieurs mois). D'où la nécessité qui s'impose, pour chaque type d'emballage, de prévoir des durées maximales de conservation.

Les matières plastiques sont aussi utilisées dans le domaine des jus de fruits et des boissons à base de fruits, aussi bien pour le conditionnement en usine, le transport, le stockage en vrac (tanks, citernes, cuves, réservoirs enduits intérieurement), que pour le conditionnement de détail (bouteilles, pack ...). Utilisées seules ou avec d'autres matériaux (carton, aluminium, matériaux composites en général ...), les matières plastiques sont directement en contact avec les jus de fruits. D'une façon générale, les diverses études sur ces thèmes ont mis en évidence :

- que la diffusion des gaz au travers du matériau vers l'intérieur et vice-versa est d'autant plus difficile que le degré de cristallinité est élevé et que la chaîne moléculaire est plus longue (propriétés de barrière).

En règle générale la perméabilité croît lorsque le poids moléculaire décroît.

- que les plastifiants, en accroissant la mobilité des chaînes, augmentent les phénomènes de transfert,
- que les charges, produits inertes en général se trouvant dans l'espace intermoléculaire du matériau, ont un effet ralentisseur sur les divers transferts (gaz - arômes - contaminants - rayonnements).

Les principales raisons, pour lesquelles les polymères s'imposent de plus en plus dans le domaine des boissons, sont les suivantes :

- la légèreté : soit au niveau des manutentions, des transports et de la manipulation par le consommateur,
- la propreté, l'imperméabilité et l'inertie presque absolue,

- la transparence de certains emballages permettant de voir et d'apprécier la qualité du produit par rapport à l'image mémorisée qu'en a le consommateur,
- l'adaptabilité à la demande (formes, couleurs, grande capacité), mais aussi la nature du produit : l'arôme peut être délicat, sensible ou au contraire agressif du fait de la présence de certains esters ou alcools pouvant pénétrer, voire dissoudre la matière plastique (cas des composés présents dans le jus d'agrumes). L'acidité de certains jus est aussi un facteur limitant.
- la sécurité, par diminution des risques de casse ou de blessure et le confort par diminution du niveau de bruit au cours de l'embouteillage.

Malgré leurs nombreux avantages, les matières plastiques ne sont pas absolument inertes vis-à-vis des divers constituants des jus de fruits. Le premier problème, le plus tangible ou le plus visible est celui posé par la stérilisation. En effet, le contenant doit être propre microbiologiquement pour ne pas polluer un contenu liquide, exempt de souches bactériennes, mais qui représente un milieu de culture idéal. Les microorganismes sont détruits par les hautes températures (140°C) par les procédés par pyrolyse dits «à chaleur sèche», ou à températures plus basses (115°C-120°C) sous l'action de l'eau qui hydrolyse les spores par les procédés dits «à chaleur humide». Il est évident que ces traitements ne peuvent convenir pour les emballages en matières plastiques courantes qui présentent des températures de ramollissement trop basses. On peut dans certains cas faire appel à la pasteurisation (70°C - 40 à 60 minutes pour les jus de fruits) ou à la tyndallisation (3 fois 75°C à 24 heures d'intervalle pendant 1 heure). Si l'oxyde d'éthylène, de part sa toxicité n'est utilisé que pour le matériel chirurgical sous certaines conditions (monographie «stérilisation à l'oxyde d'éthylène» - Pharmacopée, 9e éd. 1976), on peut stériliser certains emballages par traitements au rayons gamma, bêta ou à niveau d'énergie plus faible comme les ultra-violets (à 254 nm) qui sont encore de bons bactéricides (monographie «stérilisation par rayonnement du matériel chirurgical», Pharmacopée, 9e éd. 1976).

Si cette technique peut être appliquée à des emballages parfaitement étanches et remplis, quels seront ses effets :

- sur la tenue du matériau et de son inertie vis-à-vis du contenant ?
- sur le contenu lui-même ?

Rappelons que sur les fruits séchés ou les jus de fruits en poudre, le conditionnement aseptique est assez facile à obtenir. En effet, au cours du thermoformage, la face au contact avec le produit alimentaire est portée à une température élevée (150°C) pendant quelques secondes. Si le film ne présente pas de micro-trous et que le conditionnement a lieu immédiatement, il n'y a pratiquement aucun

TABLEAU 1 - Quelques valeurs de perméabilité de matières plastiques de bases d'après «Les matières plastiques dans l'industrie alimentaire» : R. LEFAUX

Matières plastiques	Oxygène cm ³ /cm ² /mm/s/cm	Gaz carbonique Hg x 10 ¹⁰ à 25°C	Vapeur d'eau g/m ² /24 h/25 à 38°C
polyéthylène b. d. (d = 0,92)	55	265	28
polyéthylène h. d. (d = 0,95)	11	43	6,7
chlorure de polyvinyle	1,2	10,2	32
polystyrène	15-250	75-370	133

risque de contamination, d'autant que l'ensemble peut être pasteurisé dans certains cas.

Les trois caractéristiques essentielles recherchées pour un polymère ou pour un matériau composite à base de matières plastiques au contact avec des produits à base de fruits (jus, fruits séchés), sont : son imperméabilité à l'oxygène, au gaz carbonique et à la vapeur d'eau.

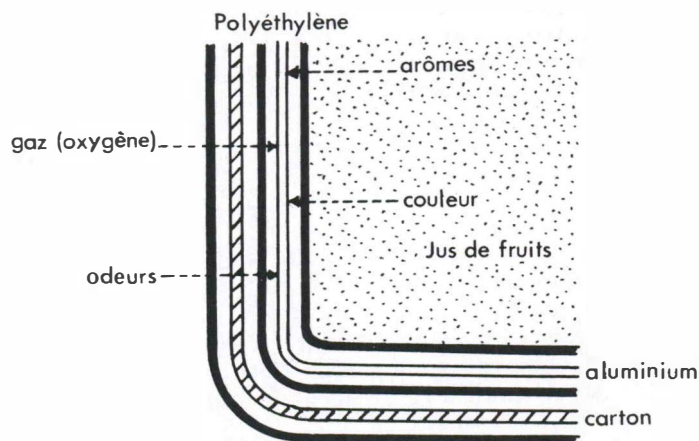
La perméabilité au gaz entraînera en effet des dégradations organoleptiques du produit. L'oxygène est le plus dangereux car il détruira une grande partie de la vitamine C qui est la plus sensible. Toutes sortes de réactions d'oxydation pourront alors s'initier entraînant une dégradation de la couleur du produit qui «vire à la casse brune» (cas des anthocyanes).

La perméabilité à la vapeur d'eau se manifestera par des modifications de texture, de goût, de coloration, et de réactions enzymatiques intervenant dans des réactions oxydatives.

Les arômes sont des substances complexes (acétaldéhyde, alcool éthylique, méthylique, esters ...). S'ils diffusent à travers le polymère, on n'aura pas de dégradation du produit, mais seulement une perte de goût. Cependant, certains de ces composés organiques présents dans l'essence de fruit sont très corrosifs et peuvent dégrader le polymère. Ils peuvent mettre en solution certaines charges qui ne sont pas toujours inertes tels que les organostanniques utilisés comme stabilisants et polluer ainsi la denrée ou la boisson.

Pour combattre ces inconvénients, on utilise des matériaux composites : ces complexes allient l'étanchéité au liquide (polyéthylène au contact du jus), la qualité mécanique (carton servant de support publicitaire) et l'étanchéité aux gaz (aluminium non en contact direct avec le jus).

On peut obtenir un emballage satisfaisant, qui est de plus transparent en utilisant un complexe PVC-Saran avec



Emballage réalisé en matériau composite.

Saran (chlorure de polyvinylidène) au contact du jus de fruits, compte tenu des excellentes propriétés barrière de ce matériau aux liquides, aux gaz et aux arômes.

CONCLUSION

Bien que de nombreux chercheurs se soient déjà penchés sur les problèmes posés par les matériaux au contact avec les fruits et jus de fruits, d'autres s'y pencheront à nouveau sans que le sujet ne puisse être un jour épuisé.

En dépit ou plutôt à cause des efforts d'innovation que connaît notre temps, on est amené à examiner sans cesse tous les aspects chimiques, microbiologiques, organoleptiques, toxicologiques, réglementaires et de normalisation analytique que peut présenter toute nouvelle association denrée-matériau au contact. Ces études sont d'autant plus nécessaires que la denrée est plus active vis-à-vis du matériau. C'est bien souvent le cas des jus et des boissons à base de fruits où tout l'arsenal chimique, enzymatique du fruit se trouve dans un milieu aqueux très favorable au déclenchement de réactions de dégradation du produit lui-même

mais aussi de son contenant. De nature souvent chimique, les matériaux composites qui constituent l'emballage sont tout aussi actifs que le produit lui-même. Dans cette cinétique de dégradation du second ordre où les produits réactants sont ceux du matériau et ceux du jus de fruits, la qualité de la denrée sera d'autant plus affectée que la vitesse de réaction sera élevée.

Si dans la majorité des cas le consommateur sera capable de se rendre compte par lui-même et d'apprécier cette dégradation, il lui sera impossible de détecter une contamination microbiologique latente ou une pollution toxique que la réglementation ou la recherche en matière de protection du consommateur n'aurait pas signalées en temps opportun. Le nombre incommensurable de mécanismes réactionnels qui entrent en jeu dans le maintien de la santé de l'homme se trouvera affecté par l'apport de ces substances exogènes plus ou moins nocives. Elles risquent, à plus ou moins long terme, de déséquilibrer de façon irréversible l'ensemble des voies métaboliques qui sont dans l'organisme humain en état métastable.

En nous appuyant sur des exposés présentés à divers colloques et sur quelques publications et ouvrages de base, nous avons tenté de broser un panorama des divers problèmes posés par les matériaux au contact, problèmes que l'on a tendance à sous-estimer quelquefois, involontairement peut-être, dans le domaine de la technologie et de la transformation des fruits.

Pour conclure, nous rapporterons une phrase du Président R. SOUVERAIN de la Société des Experts Chimistes de France qui, en septembre 1982 à l'occasion du 70^e Anniversaire de la fondation de la société disait : «Maintenant la pensée déterminante qui a la faveur, c'est qu'il faut mieux assurer la protection du consommateur qui encourt le risque de rester faible dans un monde aux productions de plus en plus sophistiquées ... par la mise en harmonie des normes internationales, encore en construction, qui s'instituent dans le cadre du Marché commun, du Conseil de l'Europe, du Codex, de l'OCDE» (18).

BIBLIOGRAPHIE

C'est à dessein que nous ne ferons figurer ici que quelques ouvrages et revues très généraux sur le sujet traité et les adresses des organismes ayant organisé les deux derniers colloques. Le lecteur pourra s'y procurer les textes originaux des exposés présentés et une importante bibliographie sur tous les domaines touchant à ce sujet.

1. C.E.R.I.A. : Centre d'Enseignement et de Recherche des Industries alimentaires et chimiques
1, avenue Emile Cryzon - B 1070 BRUXELLES.
Colloque : «Les métaux lourds dans les produits alimentaires» Bruxelles, 5-6 novembre 1981.
2. C.N.E.R.N.A. : Centre national d'Etude et de Recherche en Nutrition et en Alimentation
72, rue de Sèvres - 75007 PARIS.
Colloque : «Les matériaux en contact avec les aliments».
Paris, 9-10 et 11 février 1983. Publication des actes du colloque Librairie Lavoisier, Paris, prévue pour juillet 1983.
3. S.P.M.P. : Syndicat des Producteurs de Matières plastiques.
Commission technique - 65, rue de Prony - 75854 Paris Cedex 17.
4. AFNOR : Association française de Normalisation.
Recueil de normes.
Tour Europe - Paris.
5. O.I.V. : Office international de la Vigne et du Vin.
11, rue Roquépine - 75008 PARIS.
6. IV^e Congrès international des Jus de Fruits, Munich 10-15 mai 1982.
Secrétariat du Congrès : Ottobrunner Strasse 1 - D 8000 MUNCHEN 83.
7. LEFAUX (R.). 1967.
Emballages et conditionnement d'aujourd'hui.
Compagnie française d'Editions, 40, rue du Colisée, 75008 Paris.
8. HANLON (J.F.). 1971.
Handbook of package engineering.
Mc Graw Hill Book Company.
9. CARON (P.E.). 1967.
L'emballage - Techniques et Matériels.
Compagnie française d'Editions.
10. CARON (P.E.). 1967.
Encyclopédie internationale du Conditionnement des Liquides.
Compagnie française d'Editions.
11. CROSBY (N.). 1981.
Food packaging materials - Aspects of analysis and migration of contaminants.
Technique et Documentation, 11, rue Lavoisier - 75008 Paris.
12. BOST (J.). 1980.
Matières plastiques.
Technique et Documentation, Paris.
13. DEHOVE (R.A.). 1981.
La réglementation des produits alimentaires et non alimentaires.
Répression des Fraudes et de la Qualité. 10^e édition.
Commerce Editions, 2, rue des Petits Pères - Paris.
14. DUPAIGNE (P.). 1972.
Les boissons de fruits.
Presses universitaires de France.
15. Statut légal des jus de fruits et de légumes, nectars boissons aux fruits.
Textes réunis par l'Union nationale des Producteurs et des Distributeurs de fruits et légumes, de nectars et de boissons aux fruits de la Métropole et d'Outre-Mer, 10, rue de Liège, 75009 Paris.
16. Annales des falsifications, de l'expertise chimique et toxicologique.
Commission internationale des Industries agricoles et alimentaires, 35, rue du Général Foy - 75008 Paris.
17. SAUVAGEOT (F.). 1982.
L'évaluation sensorielle des denrées alimentaires. Aspects méthodologiques.
Technique et Documentation, 11, rue Lavoisier 75008 Paris.
18. Ann. Fals. Expert. Chim., 1982, 812, 473.