

# Compte rendu de la première journée du forum scientifique sur les besoins de recherche sur les emballages alimentaires

Reims , les 24 et 25 novembre 2005

## 1. Contraintes générales de l'emballage alimentaire

En France, le secteur de l'emballage est le huitième secteur industriel (900 à 1000 entreprises de 20 salariés et plus, 105.000 emplois) et représente un chiffre d'affaire de 20 milliards d'euros (cinquième rang mondial). L'emballage alimentaire représente 50-70% de la production (en fonction du matériau).

Les produits alimentaires sont très sensibles aux conditions de conservation, ce qui fait que l'emballage y joue un rôle primordial, afin de les préserver des différentes conditions environnementales. Parmi celle-ci, on peut citer :

- Chimiques (réactions de Maillard, dénaturation...)
- Enzymatiques (hydrolyse, oxydation...)
- Biologiques (microorganismes, insectes, rongeurs...)
- Physico-chimiques (déstabilisation des émulsions, rassissement, précipitation, floculation...)
- Autres : T°, quantité de chaleur, humidité, pH, chocs, perte d'arômes, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>...

Les plus importantes solutions apportées par les emballages aux problèmes cités ci-dessus se réalisent dans le contrôle de l'accès de l'oxygène, de l'humidité et de la lumière aux emballages.

A l'heure actuelle on demande de plus en plus à un emballage d'être adapté à la conservation du produit. Le facteur environnemental est également pris de plus en plus en considération. Enfin, la composante marketing prend également une importance plus grande (odeur, toucher, couleur) : on parle alors de packaging sensoriel.

## 2. L'emballage des produits laitiers

Pour les produits laitiers, comme pour la plupart des produits d'ailleurs, le client désire les trouver avec un aspect et des qualités aussi voisines que possibles de celles qui les caractérisent lorsqu'elles viennent d'être fabriquées. Il est donc nécessaire de les emballer pour :

- empêcher une contamination par des micro-organismes
- préserver leurs propriétés nutritionnelles et organoleptiques
- permettre leur commercialisation (protection des chocs et des chutes)
- informer (contenu, lieu de fabrication...)

Les principaux matériaux utilisés pour l'emballage des produits laitiers sont :

- papiers (en contact avec fromage)
- carton (briques de lait)
- plastiques : polypropylène (limite transferts d'humidité), polyéthylène (conservation du lait et scellage de emballages), polystyrène (résistance mécanique et protection des UV) ...
- verre, métal, bois sont employés de façon plus restreinte et spécifique

Caractéristiques requises : perméabilité plus ou moins importante à l'oxygène, au CO<sub>2</sub>, à la vapeur d'eau ; protection aux ultraviolets. Afin de multiplier les propriétés, on fabrique des emballages à partir de plusieurs substances.

En collaboration avec les spécialistes des fromages, l'industrie de l'emballage doit essayer de créer, avec les matériaux cités ci-dessus, l'emballage idéal pour le transport et la conservation.

### **3. Emballages des fruits et légumes : contraintes spécifiques**

#### **Introduction**

Emballer les fruits et légumes est un problème complexe car il s'agit d'un produit vivant. En effet, différents phénomènes ont lieu au sein du produit :

- catabolisme respiratoire (perte de CO<sub>2</sub>, absorption de O<sub>2</sub>) ;
- transpiration (perte H<sub>2</sub>O) ;
- échanges d'éthylène (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) ;
- prolifération de microorganismes.

↳ Tous ces phénomènes sont influencés par la T°, la composition gazeuse de l'atmosphère, l'humidité relative.

Le fait que les fruits et légumes perdent le contact avec leur plante, qu'ils aient une activité métabolique importante après la récolte et qu'ils doivent vivre de leurs propres réserves en font des denrées périssables et de courte durée de vie.

#### **Procédure d'optimisation de la conservation**

Pour emballer les fruits et légumes sous atmosphère contrôlée, il faut :

*Bien connaître sa matière première (paramètres respiratoires notamment)*

Les différentes denrées ont des physiologies différentes. Celles-ci peuvent être mesurées à l'aide de divers appareils : catharomètre (CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>), FID (éthylène), respiromètre...

*Déterminer les conditions optimales de conservation (T°, atmosphère, ...)*

- Une augmentation de la T° mène à un accroissement de l'intensité respiratoire (IR)
- ↗ CO<sub>2</sub> : réduit l'IR, réduit la sensibilité des fruits à l'éthylène (mûrissement moins rapide), limite la croissance des microorganismes, a des effets phytotoxiques.
- O<sub>2</sub> : Une hypoxie (0.1-5% de O<sub>2</sub>) réduit la flore aérobie, l'intensité respiratoire et le brunissement ; une anoxie (~0% de O<sub>2</sub>) inhibe le développement de la flore aérobie et les oxydations, le catabolisme passera de aérobie à anaérobie, risque de botulisme ; les effets d'une hyperoxie (20-100% de O<sub>2</sub>) sont encore mal connus.

*Choisir le film adéquat*

Après avoir optimisé le choix (modèle), il faut déterminer quelles doivent être les perméances du film à O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O. En fonction de ces données, il faut choisir un film existant ou en développer un nouveau. Une solution fréquente pour l'ajustement des besoins respiratoires des fruits et légumes, des problèmes de transferts d'eau et de sélectivité est la microperforation des films (à l'aide de laser, aiguilles froides ou chaudes).

#### **Conclusion**

Le problème de l'emballage des fruits et des légumes réside dans le fait que l'on manque encore, à l'heure actuelle, de données sur les matières premières et que celles-ci sont variables et évoluent dans le temps. On manque également de données sur les propriétés des films, et ceux-ci sont souvent peu adaptés aux besoins. Il reste dès lors un important travail à fournir afin de mieux connaître les paramètres de respiration et d'atmosphères de conservation. Les films existants devront également être mieux caractérisés et, enfin, de nouveaux films devront être développés pour mieux répondre aux besoins.

## 4. Les oxydations dans la viande et l'emballage

### Introduction

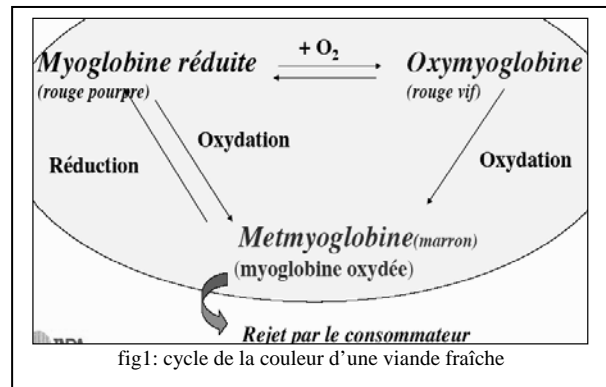
La qualité de la viande est influencée par différents facteurs biologique, tel que l'âge de la bête, la race, le sexe, le type métabolique, le mode d'alimentation, le stress ... à cela s'ajoutent des facteurs technologiques comme le mode d'abattage et de réfrigération, le temps de maturation, mode de conservation. Les facteurs biologiques déterminent la qualité potentielle de la viande, tandis que les facteurs technologiques déterminent la qualité finale de celle-ci.

### Couleur de la viande

La couleur de la viande est le facteur le plus important pris en compte par le consommateur. Pour celui-ci, une viande de couleur rouge vif est synonyme de fraîcheur. La figure 1 montre les cycles de la couleur de la viande.

Les principaux facteurs technologiques ayant une influence sur la couleur de la viande sont : T°, pression en oxygène, contamination bactériologique, oxydation lipidique, type d'éclairage. Le mode d'emballage (à l'air, sous atmosphère modifiée, sous vide) est très important pour freiner les oxydations, les pertes en eau et le développement des micro-organismes. D'autres techniques, tel que la congélation, le chauffage, la cuisson ou même l'irradiation peuvent également être utilisées pour freiner le phénomène.

Enfin, le phénomène oxydation peut être réduit par l'ajout de lipides alimentaires et d'antioxydants (par exemple vitamine E).



### Comparaison des différentes possibilités pour emballer la viande

Il faut une bonne hygiène au niveau de l'abattoir, avec une réfrigération correcte et un stockage de la viande au froid. La découpe et l'emballage doivent être réalisés au plus tard après cinq jours. Enfin, le pH de la viande doit être inférieur à 6.

- Pour la conservation à l'air, un film perméable à l'oxygène est utilisé. Celle-ci peut alors se faire pendant sept jours à une température de 3 °C.
- Pour la conservation sous atmosphère contrôlée, il est évidemment important d'utiliser des films imperméables aux gaz. La conservation peut ainsi être augmentée de 5 à 10 jours. En effet, l'atmosphère modifiée permet un ralentissement de la flore aérobie et la couleur de la viande reste bien rouge vif (si oxygène est présent en grande quantité). Il est recommandé d'avoir un rapport gaz/viande de 3.
- Les films qu'on utilise doivent posséder les propriétés suivantes : solidité et soudabilité, barrière aux différents gaz, résistance, transparence. Cependant, au cours de la conservation, les mélanges gazeux évoluent à cause de la respiration des mitochondries, le métabolisme microbien ainsi que de la dissolution des gaz dans la viande. Au cours de la conservation, il y a donc augmentation du gaz carbonique dans la barquette.
- Les mélanges gazeux les plus utilisés sont [O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>] :
  - 0/20/80 : début de l'effet bactériostatique (volaille, charcuterie) ;
  - 0/60/40 : effet bactériostatique important, dégradation de couleur ;
  - 40/20/40 : début effet positif sur la couleur
  - 80/20/0 : couleur rouge vif (viande) et effet bactériostatique.

Mais l'effet bactériostatique disparaît si T° >5 °C et si la contamination bactériologique initiale est trop grande.

- Par rapport à l'emballage sous atmosphère contrôlée, l'emballage sous vide présente quelques inconvénients majeurs : de faibles quantités d'oxygène résiduelles peuvent conduire à l'oxydation de la myoglobine. Il y a fréquemment des problèmes avec des morceaux contenant des os. La viande de bovin à pH élevé ne peut pas être mis sous vide (d'un point de vue microbiologique), et la couleur rouge pourpre est également problématique pour la vente au détail (sauf pour la volaille).

- La conservation sous CO<sub>2</sub> présente l'avantage d'avoir un effet bactériostatique. Par contre il a un effet négatif, voire néfaste sur la couleur de celle-ci, en fonction des concentrations en CO<sub>2</sub> et de O<sub>2</sub> résiduel. Durant ce type de conservation il y aura :



fig2: exemple d'un absorbeur d'oxygène

- Diminution des bactéries aérobies strictes et des bactéries anaérobies facultatives
- Croissance des bactéries lactiques (peu sensibles au CO<sub>2</sub>), donc bénéfique pour la santé
- Sur les viandes à pH élevé, la croissance de certains pathogènes sera freinée : Yersinia, Aeromonas et dans une moindre mesure Listeria et Clostridium, ce qui fait qu'à un pH normal et pour une T° < 0 °C, la croissance des pathogènes est quasiment nulle.

### **Les absorbeurs d'oxygène (fig. 2)**

Ce sont des produits destinés aux industries agro-alimentaires qui sont apparus au courant des années 80 en Europe et aux Etats-Unis. Ils sont constitués d'une matière qui va s'oxyder en présence d'oxygène (donc fixer celui-ci) : acide ascorbique, catéchols, fer (le plus utilisé), cuivre, cobalt ...

L'emploi des absorbeurs est conditionné à l'hygiène et la maîtrise des process technologiques, à la chaîne du froid et sa logistique ainsi qu'aux techniques de conditionnement et emballages.

### **L'emballage : attentes du marché, contraintes techniques, tendances et recherches**

L'emballage doit être choisi en fonction du type de produit, de ses critères de marketing et de critères techniques liés au choix des barquettes et des films.

Les contraintes techniques liées aux emballages sont principalement les suivantes :

- supports
- choix du film
- résistants aux conditions externes et de fabrication (chaleur...)
- fermeture : opercule, scellage, pelable, repositionnable, couvercle...
- épaisseur
- emballage actif, sachets absorbeurs...

Les tendances vont actuellement vers des emballages attrayants (en forme, couleur...). De plus en plus d'articles sont emballés et prêts à l'emploi, avec des DLC qui sont allongées (grâce aux atmosphères contrôlées notamment). Il y aura également une amélioration dans la fonctionnalité et la praticité des emballages. Enfin, en vue de réduire les coûts, les épaisseurs seront également réduites.

Les recherches à mener dans ce domaine vont dès lors dans le sens « plus fin, plus léger, plus solide » : amélioration de l'efficacité, du coût ainsi la prise en considération de la traçabilité, de la sécurité, des impacts sur l'environnement mais aussi des emplois générés.

## 5. Dépôt couche-par-couche : les millefeuilles moléculaires à tout faire

### Introduction

La déposition couche-par-couche est une technologie permettant la nanofabrication de films multicouche et ce sur des surfaces accessibles à des solvants. Concrètement, cette technologie consiste en la déposition de nanosphères, nanotubes ou nanoparticules (qui sont des groupes fonctionnels, aussi appelés ligands) sur des surfaces, ce qui fait que le rapport surface/volume des films est augmenté considérablement. Ceci peut par exemple mener à une plus grande résistance aux phénomènes de migration à travers eux-ci (fig 1). En principe, il est possible de coupler n'importe quelle surface et n'importe quel ligand, qui lui procurerait alors des propriétés bien déterminées.

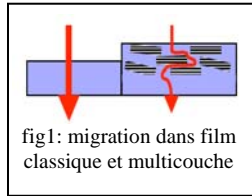


fig1: migration dans film classique et multicouche

### Principe de fonctionnement

L'approche modulaire se déroule en deux étapes : 1. Couplage – 2. Adsorption (fig 2). Les avantages de l'approche en deux étapes sont les suivantes :

1 – Couplage d'un ligand sur un polymère : c'est une réaction facile et de routine qui permet de séparer les produits de la réaction. Le degré de substitution peut être contrôlé et la qualité des produits de réaction peut être contrôlée avant leur dépôt sur film.

2 – Dépôt du polymère sur la surface : les conditions de déposition sont similaires pour des combinaisons ligand/surface différentes. La déposition nécessite uniquement des solutions aqueuses et la caractérisation peut être effectuée sur différents échantillons, même sur différents substrats.

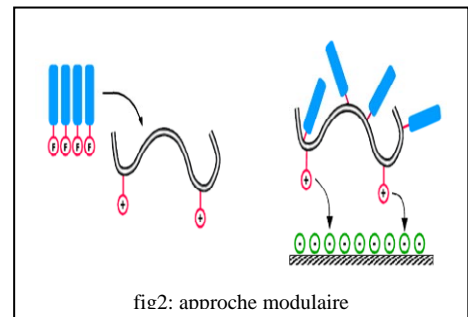


fig2: approche modulaire

De manière pratique la déposition couche-par-couche se déroule de la manière suivante (fig 3) :

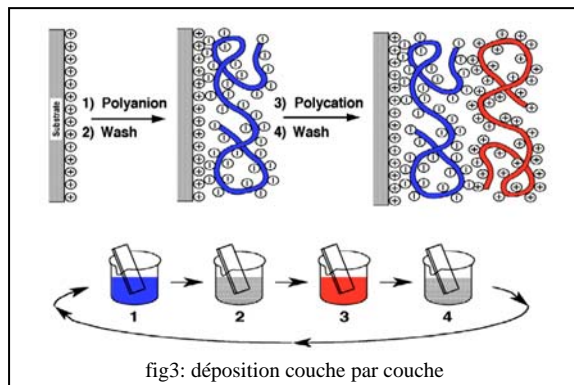


fig3: déposition couche par couche

- 1 – On nécessite au moins deux espèces moléculaires, de charges opposées (ou interagissant d'une autre manière) Une couche de polymères chargés se dépose alors sur le substrat.
- 2 – Lavage.
- 3 – Trempage dans une nouvelle solution, contenant des molécules de charges opposées à celles de la première solution.
- 4 – Lavage, etc...

### Applications

Au niveau des emballages, cette technologie offre de toutes nouvelles opportunités : ainsi, il est possible d'imaginer des films avec des propriétés fonctionnelles différentes des deux côtés. Il est, par exemple, tout à fait envisageable de créer un emballage qui porte sur son côté interne un des ligands répondant à des variations du pH (emballages intelligents), alors que le côté externe porte des ligands qui diminuent la perméabilité du film à l'oxygène ou autres gaz tandis qu'un troisième ligand procure la résistance mécanique. Les possibilités de combinaison entre les différentes propriétés des ligands sont très grandes.

*Cet article est un résumé des présentations de la première journée du forum scientifique sur « Les besoins de recherche sur les emballages alimentaire ». Ce forum était organisé par l'ECRIN et s'est tenu le 24 et 25 novembre à Reims.*

*Les auteurs des différentes présentations sont :*

- *Stéphane Desorby (LSGA – ENSAIA – INPL) : Contraintes générales de l'emballage alimentaire*
- *Stéphane Desorby (LSGA – ENSAIA – INPL) : L'emballage des produits laitiers*
- *Barbara Gouble (INRA) : Emballages des fruits et légumes – contraintes spécifiques*
- *Michel Renerre (INRA) : Les oxydations dans la viande et l'emballage*
- *Gero Decher (Institut Charles Sadron) : Déposition couche-par-couche – les millefeuilles moléculaires à tout faire*