

# PACKAGING ET TRAÇABILITÉ

---

**Amine H. GUEZZEN**  
**2024-2025**

---

Université de Tlemcen

# CHAPITRE 4 | Conception et sûreté des produits emballés

- 
- 4.1 Statique et résistance des matériaux ;**
  - 4.2 Interactions contenus-contenants ;**

# Préserver la qualité de l'aliment

**Accélération du rancissement**

**Dégradation photochimique des nutriments**

**Décarbonation, Perte de CO<sub>2</sub> en atmosphère modifiée**

**Oxydation / Brunissement**

**Changement de texture**

**Développement de microorganismes**

**Déshydratation par perte d'eau, d'humidité**

**Contamination, Goûts étrangers**

**Perte en intensité Modification du goût et de l'arôme**

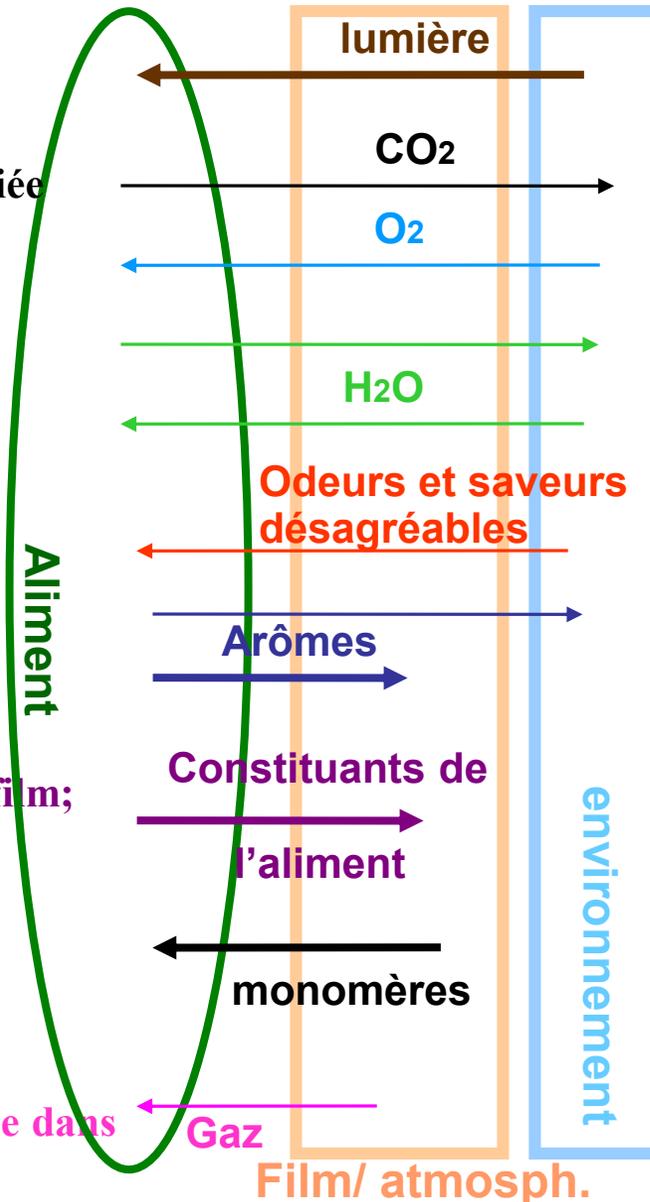
**Modification des propriétés physico-chimiques du film; évolution de la composition de l'atmosphère**

**Migrations de substances toxiques**

**Perte de l'appétit au contact alimentaire**

**Altérations sensorielles**

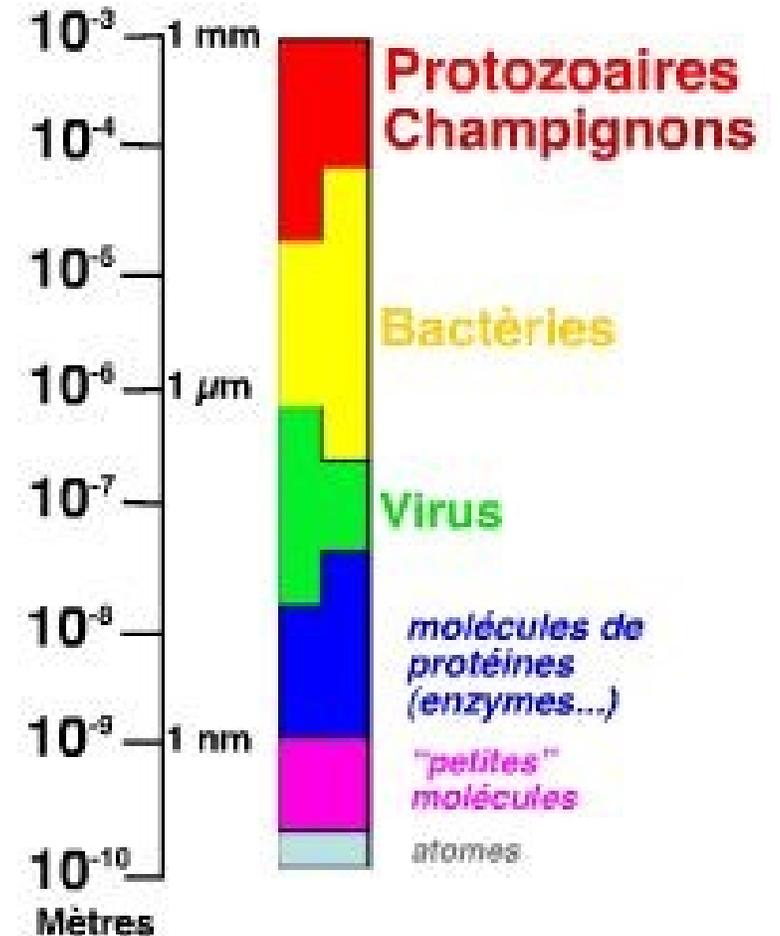
**Dissolution de composants de l'atmosphère modifiée dans l'aliment (CO<sub>2</sub>,...)**



# Préserver la qualité de l'aliment

!!!! Pas de maîtrise des gaz entrants ou sortants si l'emballage a des défauts d'étanchéité

Ceci justifie la complexité de conception d'un emballage « étanche » et pourquoi les « systèmes de fermeture » peuvent engendrer des design ou des compositions complexes (// en contradiction avec les objectifs de simplification des emballages...)



# Prévenir le risque microbiologique

Etre très barrière à O<sub>2</sub> CO<sub>2</sub> pour maintenir l'atmosphère modifiée

Etre barrière à l'eau pour maintenir la faible activité d'eau (cas des aliments déshydratés ou sucrés)

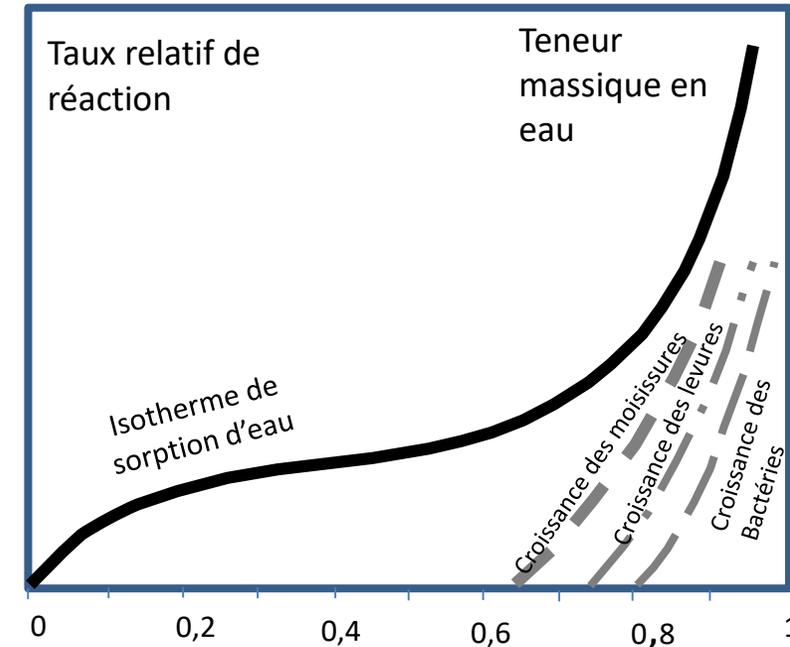
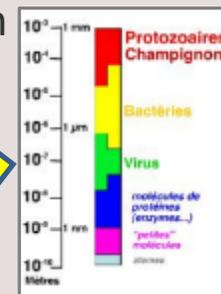
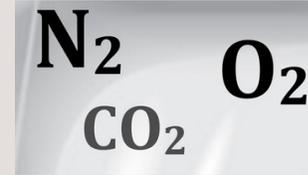
Etre physiquement compatible avec les traitements physiques et les conditions de transformation

Résistance en température (remplissage à chaud, pasteurisation stérilisation), résistance au froid (surgélation), déformabilité (traitement haute pression),

Contenir en surface ou émettre des substances à effet antimicrobien (« emballage actif »)

Donner des informations sur le produit, son évolution ou son environnement = emballages « intelligents »

Etre « Etanche »



# Préserver l'intégrité de l'emballage et son contenu

Résister à tous les types de contraintes,



A toutes les échelles (pack primaire, suremballé, groupé, palette, palette gerbée)



En toutes conditions d'environnement thermique et hydrique



Résister à tous les types d'altérations associées aux interactions avec le produit



# Prévenir le risque chimique

**RISQUE = f (DANGER, EXPOSITION)**

Critère  
de composition  
réglementaire

Réglementation  
spécifique à  
chaque matériau  
(plastiques...)

Liste de substances  
autorisées

Critère  
de transfert  
En fonction de l'usage

- Concentration initiale dans le matériau
- Propriétés de migration
- Conditions de contact
- **Concentration dans l'aliment**

restrictions d'usages...

# **Le principe général **D'INERTIE** pour préserver la santé du consommateur est décrit dans le règlement cadre 1935/2004/EC, Art 3**

« Les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les denrées, produits et boissons pour l'alimentation de l'homme **ne doivent pas**, dans les conditions normales ou prévisibles d'emploi, **céder à ces denrées alimentaires des constituants dans une quantité susceptible de présenter :**

- un danger pour la santé humaine ou,
- d'entraîner une modification inacceptable de la composition des denrées alimentaires ou,
- d'entraîner une altération des caractères organoleptiques de celles -ci»

## **Contrat d'objectifs pour tous les matériaux**

# Cadre réglementaire

## Arrêtés / Décrets / Circulaire / Note d'information

[Acier \(hors emballages\) -](#)

[Acier \(pour emballages\) -](#)

[Acier inoxydable](#)

[Aluminium et alliages d'aluminium](#)

[Bois](#)

[Caoutchouc](#)

[Complexes](#)

[Encres](#)

[Étain](#)

[Fonte](#)

[Matériaux plastiques](#)

[Objets en métaux divers revêtus \(métal blanchi\) -](#)

[Papiers et cartons](#)

[Papiers et cartons enduits](#)

[Verre - cristal - Céramique - Vitrocéramique - Objets émaillés](#)

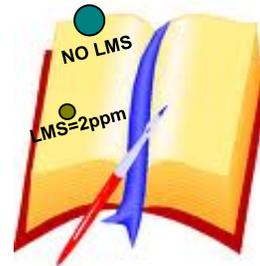
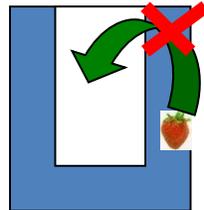
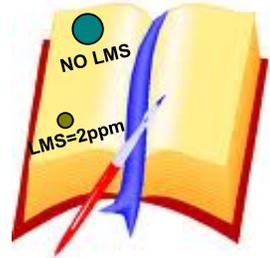
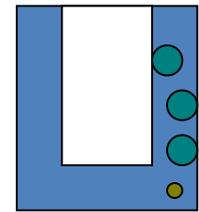
[Zinc](#)

# Contexte; R 10/2011/EC ; Contraintes

## Règlement UE 10/2011 et ses amendements

Le règlement établit des exigences spécifiques applicables à la fabrication et à la commercialisation de **matériaux et d'objets en matière plastique**:

- des critères de composition,
- des critères de transferts, => **tests de migration**
  - migration globale (10 mg/dm<sup>2</sup>; 60 mg/kg)
  - migration spécifiques (de 10 µg/kg à 60 mg /kg)
  - **des conditions de tests (analytique / calcul / modélisation)**



**Une obligation de déclaration**

**Des coûts associés**

... dans les conditions prévisibles d'emploi

Migrations spécifiques des substances soumises  
à limite de migration spécifique < LMS<sub>i</sub>

Composants du matériau  
appartiennent à la liste positive

Pas d'effet organoleptique

Migration globale < 10mg/dm<sup>2</sup>

# Répondre aux exigences techniques et économiques du fabricant et utilisateur d'emballage

## Coût des matières:

Déterminant sur le coût des emballages agroalimentaires  
Coût référence pour les matériaux de grande diffusion

## Cadences

Très élevées dans le domaine agroalimentaire – limite par exemple l'accès à des matières très visqueuses en plasturgie, ou la remise en cause des technologies standard de scellage

## Processabilité

Fabricants : imprimabilité, Compatibilisation et adhérence des composants,

aptitude aux post traitements (surface, perforation...)

Utilisateurs : Comportements mécaniques et électrostatiques sur lignes de conditionnement, ..

# Intéragir et communiquer avec le consommateur

## Répondre.....

Aux exigences , une fonction « information » réglementée

Aux nouvelles attentes sociétales en matière d'infos environnementales et de qualité nutritionnelle

Aux exigences techniques de praticité  
praticité, segment consommateurs seniors

Aux codes du marché et aux contraintes des distributeurs en matière de marketing, signalisation et expression

# Préserver l'environnement

Un emballage doit :



Avoir de faibles impacts intrinsèques, par une diminution de la masse, une diminution de l'énergie associée à sa fabrication, et par une meilleure intégration de composants recyclés et ou biosourcés

Etre recyclable par une limitation du nombre de composants, par une meilleure séparabilité des composants, par la suppression des composants et substances indésirables



LEGER  
SIMPLE  
« EO »

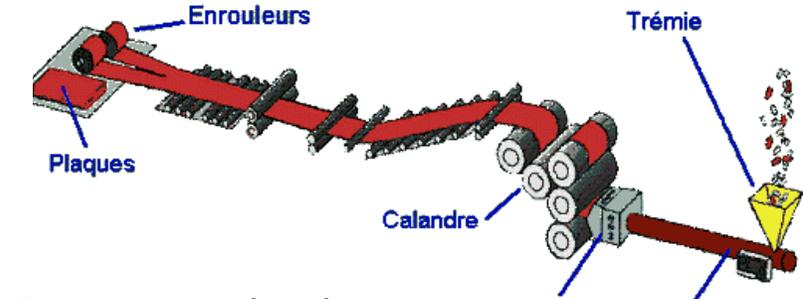
Etre fonctionnel pour préserver le produit et limiter le gaspillage alimentaire



FONCTIONNEL  
COMPLEXE?

# **LES MATERIAUX ET EMBALLAGES PLASTIQUES**

# Les films, sachets



Extrusion calendrage

**Films**

## Sachet

- Plat 2, 3, 4 soudures
- À soufflet de fond ou latéraux
- Doypack®
- Coussin ou Flowpack
- À gousset réalisé par piochage
- À 4 coins scellés
- Stick



Sachet 4 soudures



Sachet à maintien vertical



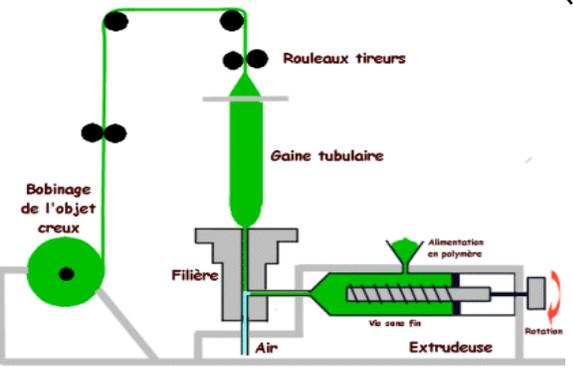
Sachet plat avec soufflets latéraux



Coussin ou flowpack



## EXTRUSION



Extrusion gonflage

**Feuilles  
Films**

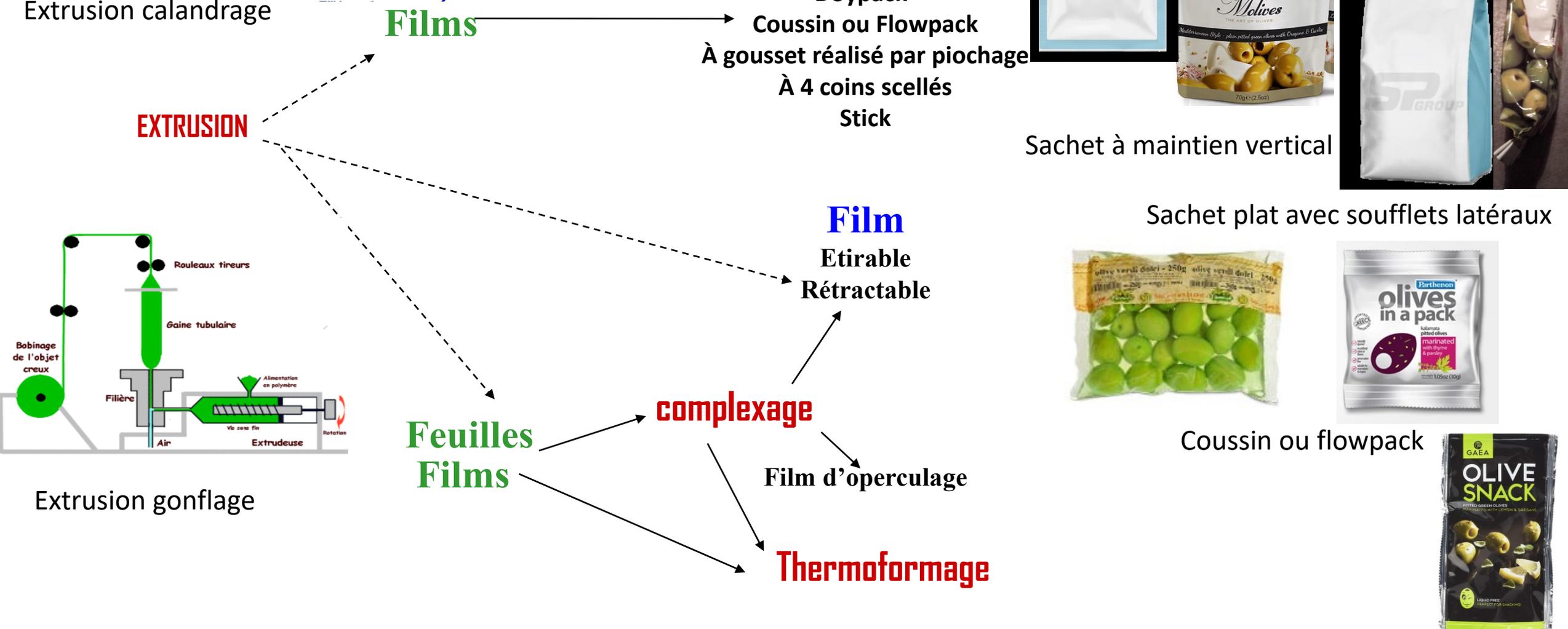
## Film

- Etirable
- Rétractable

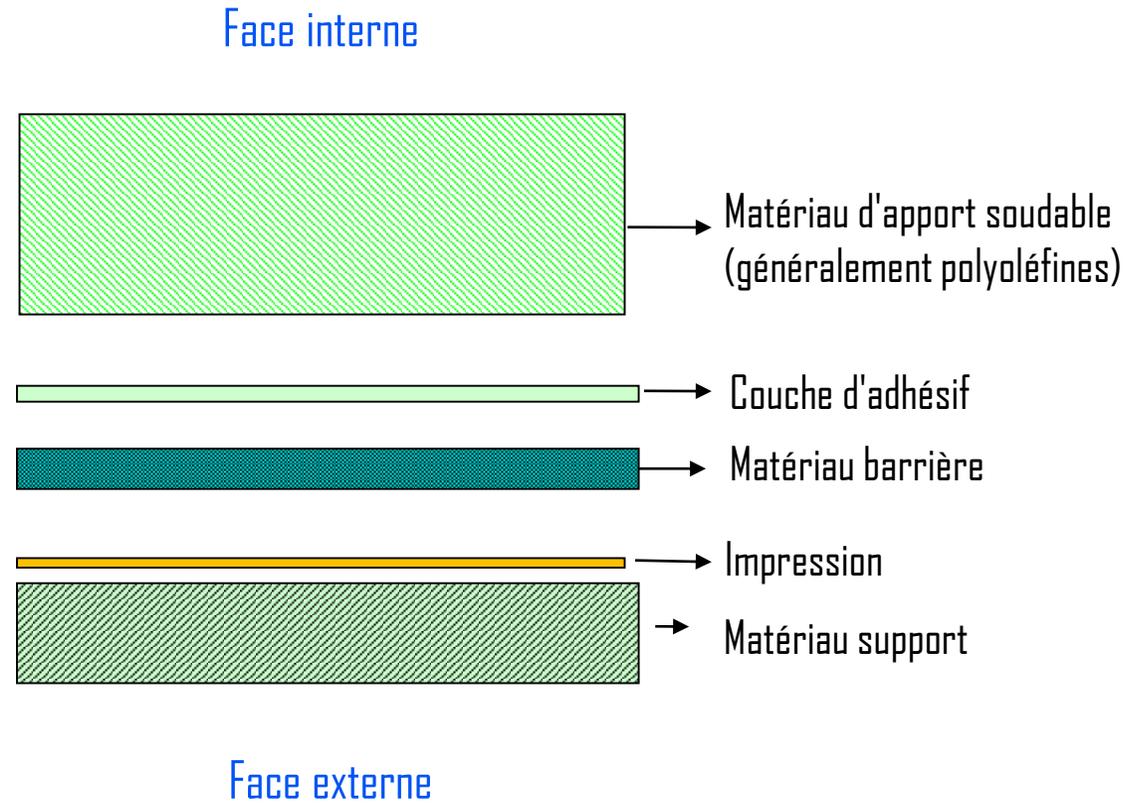
## complexage

Film d'operculage

## Thermoformage

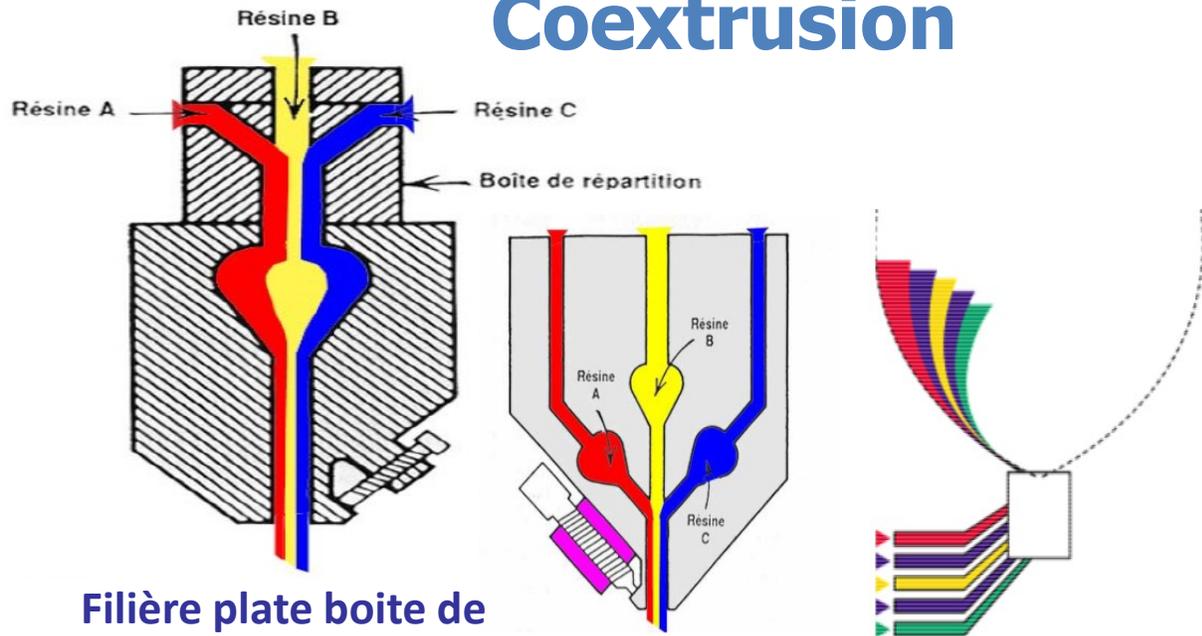


# Exemple de structure d'un matériau complexe



# LES FILMS COMPLEXES

## Coextrusion



Filière plate boîte de répartition 3 polymères

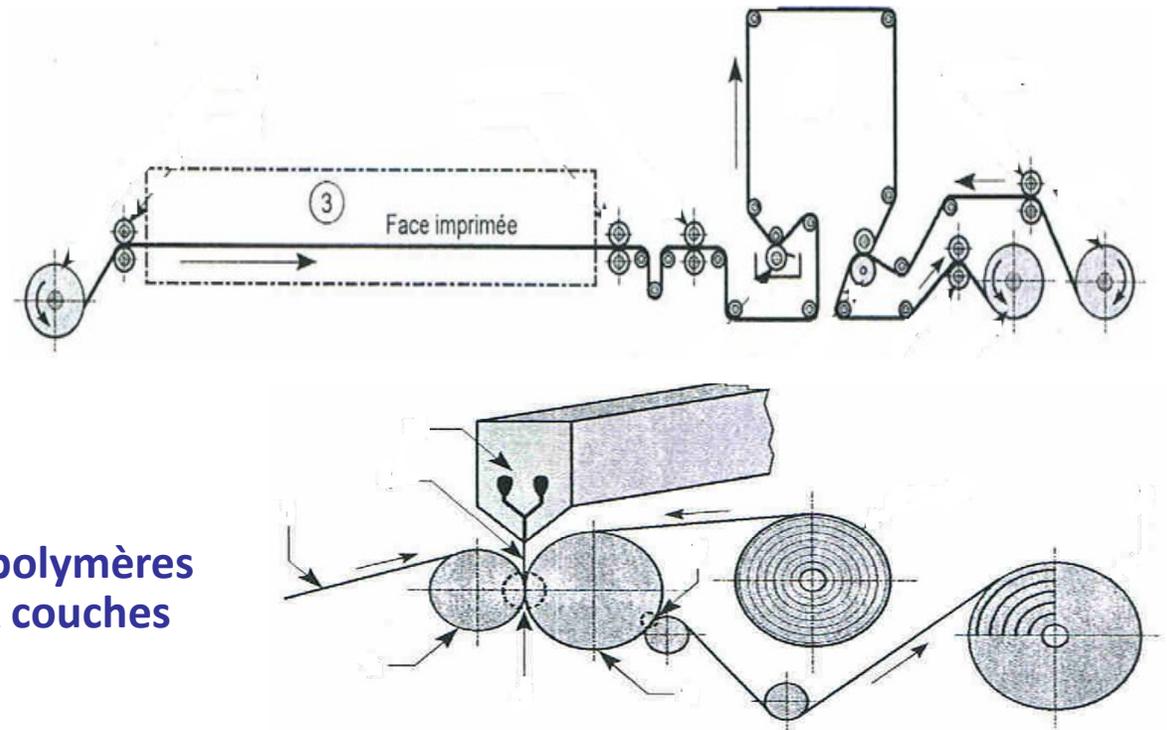
Filière plate canaux séparés 3 polymères

Filière annulaire 3 polymères intercalé par deux couches de liant

Parfaite adhésion des résines mises en contact à l'état fondu

## Complexage

Colle avec ou sans solvant  
Liant polymérique



# LES CORPS CREUX

Emballage thermoformé :  
monocouche ou multicouche

**THERMOFORMAGE**

A partir de  
feuilles  
extrudées  
ou  
calandrées  
ou  
complexées

## Applications

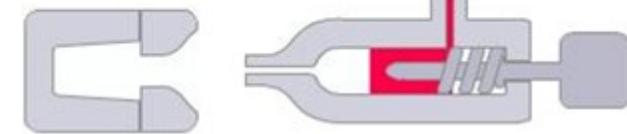
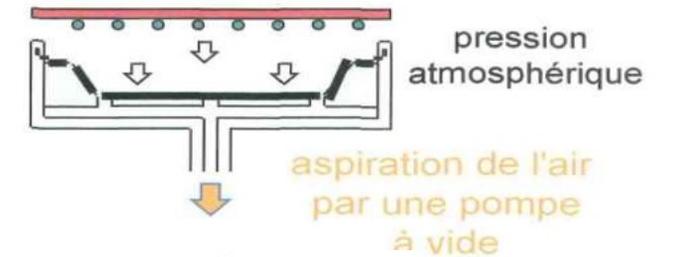
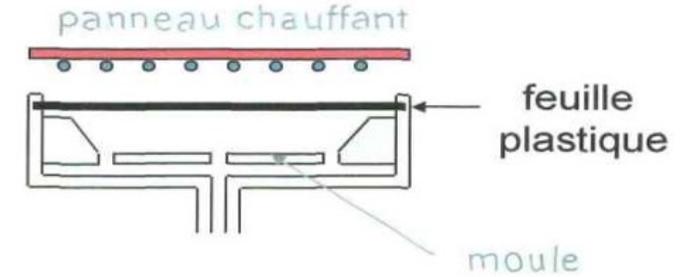
Gobelet  
Blister  
Couvercle  
Plateau à empreintes

Pot  
Barquette  
Boîte  
Bouchon  
Pompe  
Seau

**INJECTION**

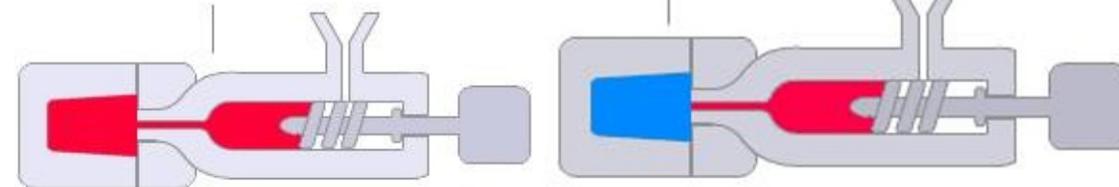
Pièces  
moulées

Emballage injecté  
monocouche



maintien de la pression dans le moule

retroissement



# LES CORPS CREUX

Emballage injecté  
avec étiquette IML  
(In-Mold Labeling)



Emballage injecté  
avec étiquette papier



Emballage avec  
couvercle servant de  
présentoir



Emballage  
thermoformé avec  
film operculé  
imprimé



Emballages  
thermoformés  
barrières sécables



Emballages avec  
compartment



Emballage hybride  
barquette plastique faible  
épaisseur operculable dans  
barquette carton (rigidité)



# LES CORPS CREUX

Emballage injecté  
avec IML barrière



Emballage plastique  
thermoformé

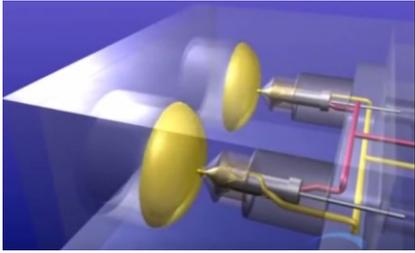


Emballage issu  
extrusion soufflage

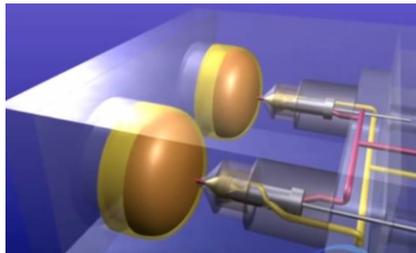


# LES CORPS CREUX

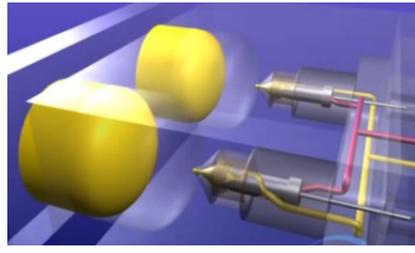
1



2



3



La co injection



corps en PP/EvOH/PP et fermé sur le dessus (et dessous) par un couvercle serti muni d'une ouverture facile (type Eole)

# LES MATERIAUX SUPPORT

## Apporte la résistance mécanique:

- Résistance à l'abrasion
- Résistance à la perforation
- Résistance à la déchirure
- résistance à la flexion

## Autres propriétés recherchées:

- Planéité
- Stabilité thermique
- Performances barrières
- Imprimabilité

## OPA / PA

(Polyamide bi-orienté) / polyamide

## OPP / PP

(Polypropylène bi-orienté) / polypropylène

## PET

(Polyester ou polyéthylène téréphtalate)

## PS

(polystyrène)

## PVC

(chlorure de polyvinyle)

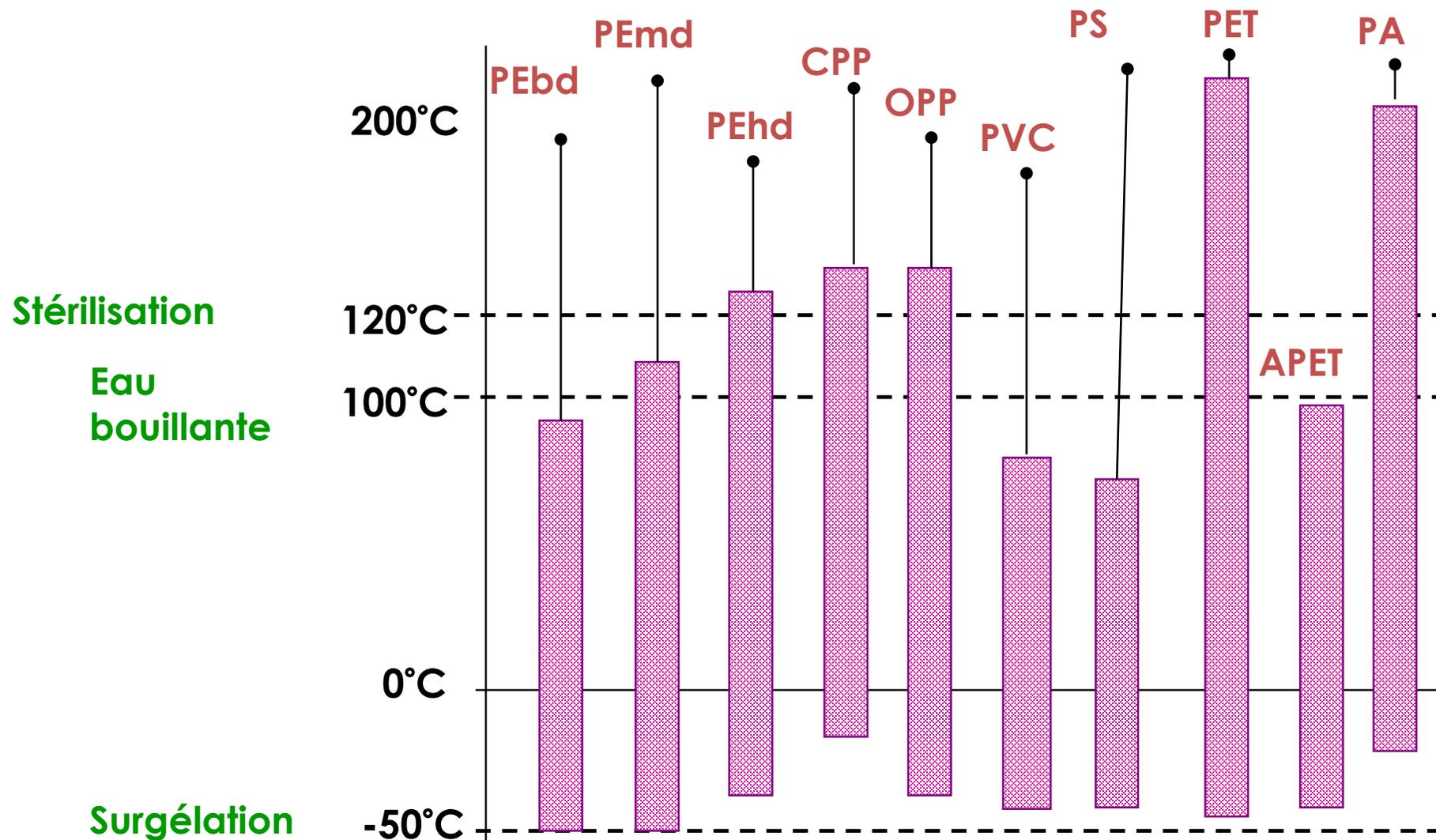
# LES MATERIAUX SUPPORT

Le	Apporte	Mais
PET	La rigidité à un film complexe	N'est pas autoscellant par scellage sous pression
LDPE	Film / La souplesse, la résistance au déchirement, au poinçonnement pour les films	Il est trop déformable pour beaucoup d'applications
HDPE	Objet injecté : résistance aux chocs	
Polyamide	La résistance à la rupture, il est utilisé dans les films complexes qui ont des zones de pliages sous contrainte (cf la base des sachets doypack)	Il est trop coûteux pour être un matériau de base d'un emballage
PP	La stabilité dimensionnelle jusqu'à des températures de l'ordre de 135°C	
Les copolymères de PP-PE	Un compromis entre les bonnes propriétés mécaniques du PP à chaud et la résistance au choc du PE aux températures négatives	
PVC	Brillance et transparence comme APET	Non adapté pour le remplissage à chaud ou aux $\mu$ -ondes
PS	Grande facilité de transformations (extrusion, thermoformage)	Plage de température d'utilisation faible

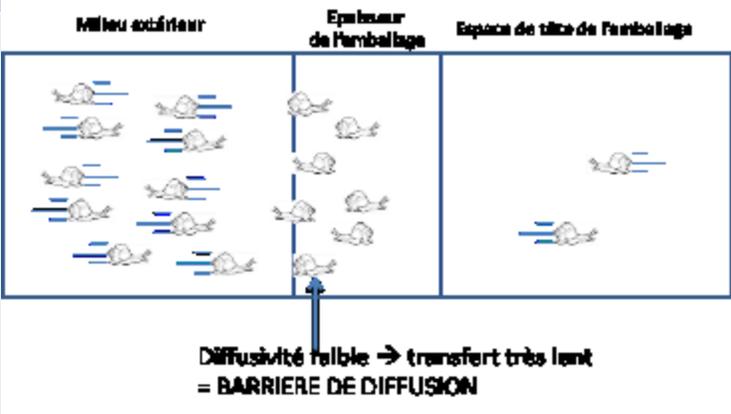
# TENUE THERMIQUE

Pasteurisation (65-100°C) et appertisation (100-135°C)

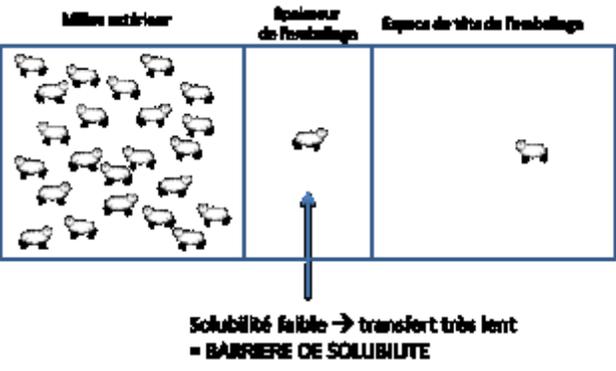
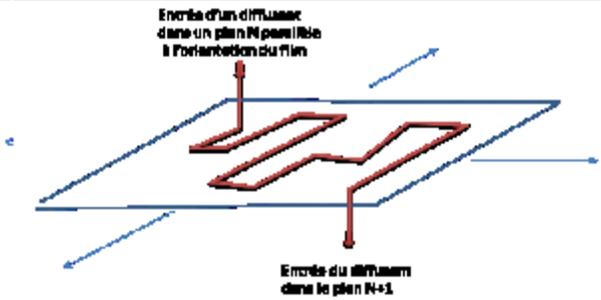
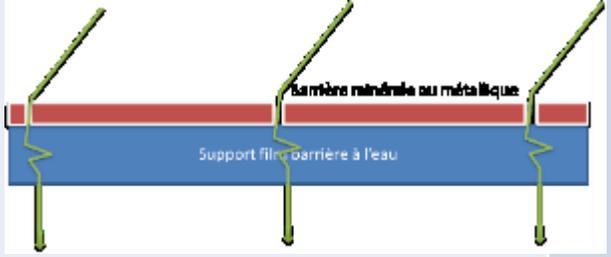
Matériaux adaptés au cahier des charges contrainte hygrothermique



# LES MATERIAUX BARRIERES A L'OXYGENE

	PET, PEF	EVOH	PA	SiO <sub>x</sub> , AlO <sub>x</sub> ,	Metallisation et couche métallique	PVDC (enduction)	Métaux et verre
Mécanisme barrière	Barrière de diffusion	Barrière de diffusion couplée à haute densité	Barrière de diffusion, couplée à haute densité	Masque	Masque	Barrière à l'O <sub>2</sub> et à la vapeur d'eau	Etanchéité quasi absolue
Illustration du mécanisme							
Biais	Stabilité thermique dépendante de l'état de cristallisation	Sensibilité de la barrière à l'hydratation: l'eau casse les liaisons hydrogène ces liaisons confèrent la haute densité au matériau		Fragilité mécanique: les stress engendrent d'avantage de défauts, d'où un moindre effet barrière			Performance dépendante de celle du système de fermeture
Recyclabilité / recyclage	Aisée si monomatériau	Non, systématiquement sous forme de complexe		Oui car les oxydes sont dispersés dans la masse sous forme de charge	Dépend des épaisseurs de couches métalliques conditions de recyclage matière gêne les opérations de tri	Matériau décrié au niveau environnement	Oui

# LES MATERIAUX BARRIERES A LA VAPEUR D'EAU

	PE, PP	OPP	Metallisation (sur OPP)	Métaux et verre	Absorbours
Mécanisme barrière	Barrière de solubilité	Barrière de diffusion couplée à orientation	Masque	Rarement utilisés pour cette fonction	
Illustration du mécanisme					
Biais	Stabilité thermique du PE	Aucun biais majeur	Bilan environnemental associé à la métallisation		
recyclabilité	Aisée si monomatériau	Aisée si monomatériau	Dépend des conditions de recyclage matière		

# Exemples de propriétés barrières de matériaux complexes

23°C, 0% H.R., cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.jr.atm

COMPLEXES	EPAISSEURS	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
OPP/PE	25/50	2000 à 3000	5000	2000
PET bi-orienté/PE	12/50	100	150	30
PET/PE-EVOH-PE	12/2/30	1	4	<1
PA/PE	60/100	30	140	6
PA/PVDC/PE	60/5/100	9	34	25
PA/EVOH/PA/PE	25/10/25/100	5	20	1
PET/PVDC/PE	12/3/50	8 à 10	30	8
PVDC/pell. Cello/PVDC/PE	1/25/1/50	12 à 25	30 à 35	10
PVC rigide/PE	400/75	15	30	4
PET métallisé/PE	12/50	2	10	7
PET métallisé/PVC/PE	12/200/50	2	10	7
PVDC/OPP/PVDC	15/25/1,5	10 à 12	30	8

# LES EMBALLAGES METALLIQUES

# Les emballages métalliques

## ■ Avantages

Aluminium = léger, flexible, mince, non cassable

- ❖ Résistance
- ❖ Etiquette ou impression directe sur le matériau
- ❖ Ouverture facile ou emballages autochauffants
- ❖ Barrière gaz, arômes, lumière
- ❖ Longue conservation des produits
- ❖ Aluminium et acier recyclable à l'infini et selon un procédé simple

## ■ Inconvénients

- ❖ Manque de variétés en termes de forme
- ❖ Aluminium = cher
- ❖ Acier et fer = poids



# Les emballages métalliques

- Le choix du conditionnement (choix du type de métal pour le corps de boîte et les fonds, choix des épaisseurs d'étain, choix des types de vernis intérieur et extérieur, etc.) appartient au conserveur et dépend de plusieurs facteurs contraints techniquement, mais aussi de choix commerciaux :
- 
- ✓ La **nature du produit** (produit acide, gras, etc..) qui détermine son agressivité chimique vis-à-vis du contenant.
- ✓ La **DDM** à satisfaire (en général entre 2 et 5 ans, à température « ambiante » mais pouvant aller jusqu'à plus de 45°C dans certaines conditions).
- ✓ Boîte dite « **3 pièces** » ou « **2 pièces** » (boîte emboutie), format et taille.
- ✓ Boîte **lisse** ou à **corps mouluré** : le choix sera fonction de la résistance mécanique recherchée notamment vis-à-vis du traitement thermique et de la pression, puis du conditionnement secondaire après traitement thermique (mise en carton, mise sur palettes, etc.. ).
- ✓ Les **équipements et techniques de remplissage et de sertissage**
- ✓ Les **circuits d'entreposage et de commercialisation**
- ✓ **L'attente des consommateurs** : praticité d'ouverture, avec notamment l'ouverture facile par pré-  
incision du couvercle (souvent appelé : boîte OF).
- ✓ **Empilabilité** : choix de boîte emboutie ou « rétreinte » avec un diamètre un peu plus faible en bas qu'en haut.
- ✓ **Aspect extérieur** par rapport à la décoration.
- ✓ Le **prix**.

# **LES EMBALLAGES EN VERRE**

# Les emballages en verre

## ■ Avantages

- ❖ Différentes formes
- ❖ Transparence
- ❖ Evocation naturel, authenticité
- ❖ Contenant privilégié pour produits à forte valeur ajoutée
- ❖ Image de produit haut de gamme
- ❖ Traitements de surface pour support d'information
- ❖ Utilisable four et micro-ondes
- ❖ Imperméable aux gaz , arômes
- ❖ Longue conservation des produits
- ❖ Recyclable
- ❖ Se nettoie très bien
- ❖ Stabilité des prix

## ■ Inconvénients

- ❖ Cassable
- ❖ Dangers : bris de verre
- ❖ Poids
- ❖ Volume important pour le transport
- ❖ Coût d'achat élevé
- ❖ Cher à recycler

# Les emballages en verre



Capsules twist off  
pasteurisables et stérilisables



Bocaux twist off



Bocaux à fermeture  
mécanique avec joint  
caoutchouc



Capsules deep  
pasteurisables



Bocaux avec sleeves

# Compatibilité chimique des matériaux

Le	avantages	Inconvénients	Voies d'amélioration
PET	Barrière aux migrants Peu formulé	Perte des qualités barrières à T > 90°C	PET à effet barrière amélioré
LDPE, HDPE, PP	Migration faible lorsqu'utilisés sous forme de film fin	Très formulés, et diversement formulés Thermosensibilité et néoformés Taux d'oligomères mal maîtrisé	Safe formulation Sélection de résines à faible taux d'oligomère
PA, EVOH	Barrières fonctionnelles	Perte des qualités barrières en conditions humides	
SiOx AlOx	Barrières fonctionnelles		Inertie absolue lorsqu'il sera possible d'utiliser ces couches en contact direct avec le produit
Couches de scellage	Faible épaisseur	Très migrantes en raison de la faible structuration (copolymères)	
Couches de vernis sur emballages métalliques	Niveau de migration faible en raison de la faible épaisseur	Mauvaise maîtrise des réactions secondaires issues de la réticulation des vernis	
Verre	Quasi inertie	Tout de même effet des traitements de surface Un emballage verre a toujours un système de fermeture qui n'est pas en verre!	
Matériaux recyclés utilisés en boucle fermée	environnementaux	Maîtrise des contaminants	
PEF	Barrière > à celle du PET	Composés furaniques ?	
bioplastiques		Dégradabilité générant des migrants Forte interaction des blends amidon	

# Les matériaux en fonction du process/durée de vie

2 à 6 mois T° réfrigérée	Matériaux thermoformables ou injectés moyennes barrières ou barrières PVC/PE, APET/PE, PP , PP-EVOH, PP IML barrière Films d'opercule moyennes barrières ou barrières OPA/PE, PET/PE, OPP/PVDC/PE, OPP/PA/PE, PET/PE-EVOH/PE	Sous vide ou avec Atmosphère protectrice
6 à 24 mois Température ambiante	Sachets métallisés , à barrière minérale, sachets aluminisés Matériaux hautes barrières: PETAlOx/PE, PETSIOX/PE, PETAlu/PE Emballages thermoformés PP/EVOH/PP, CPET Emballages injectés barrières Boite métalliques Emballages en verre	Associé à traitement thermique de pasteurisation
6 à 24 mois Température ambiante	Sachets métallisés , à barrière minérale, sachets aluminisés Matériaux hautes barrières: PETAlOx/PP, PETSIOX/PP, PETAlu/PP Emballages thermoformés PP/EVOH/PP, CPET Emballages injectés barrières Boite métalliques Emballages en verre	Associé à traitement thermique de stérilisation

Voici la signification des abréviations des matériaux thermoformables et des films d'operculation mentionnés :

### **Matériaux thermoformables ou injectés**

1. **PVC/PE** : Polychlorure de Vinyle / Polyéthylène
2. **APET/PE** : Polyéthylène Téréphtalate Amorphe / Polyéthylène
3. **PP** : Polypropylène
4. **PP-EVOH** : Polypropylène / Éthylène Vinyle Alcool (une couche barrière)
5. **PP IML barrière** : Polypropylène avec In-Mold Labeling (étiquetage dans le moule) et une couche barrière

### **Films d'operculation**

1. **OPA/PE** : Polyamide Orienté / Polyéthylène
2. **PET/PE** : Polyéthylène Téréphtalate / Polyéthylène
3. **OPP/PVDC/PE** : Polypropylène Orienté / Polychlorure de Vinyle Dichloré (barrière) / Polyéthylène
4. **OPP/PA/PE** : Polypropylène Orienté / Polyamide / Polyéthylène
5. **PET/PE-EVOH/PE** : Polyéthylène Téréphtalate / Polyéthylène-Éthylène Vinyle Alcool / Polyéthylène

Ces matériaux et combinaisons de couches sont utilisés pour améliorer les propriétés barrières, comme la protection contre l'oxygène et l'humidité, ce qui est essentiel dans l'emballage pour prolonger la durée de vie des produits.

## Sachets métallisés et sachets aluminisés

1. **Sachets métallisés** : Sachets contenant une couche métallique pour renforcer la barrière contre l'oxygène et l'humidité.
2. **À barrière minérale** : Matériaux avec une fine couche minérale (comme de l'oxyde de silicium) pour une protection accrue contre les gaz et la vapeur.
3. **Sachets aluminisés** : Sachets avec une couche d'aluminium pour des propriétés barrières optimales.

## Matériaux hautes barrières

1. **PETAlOx/PE** : Polyéthylène Téréphtalate avec une couche d'oxyde d'aluminium (AlOx) / Polyéthylène
2. **PETSiOX/PE** : Polyéthylène Téréphtalate avec une couche d'oxyde de silicium (SiOx) / Polyéthylène
3. **PETAlu/PE** : Polyéthylène Téréphtalate avec une couche d'aluminium / Polyéthylène

## Emballages thermoformés

1. **PP/EVOH/PP** : Polypropylène / Éthylène Vinyle Alcool (EVOH, barrière) / Polypropylène
2. **CPET** : Polyéthylène Téréphtalate Cristallin, qui est un PET modifié pour une meilleure résistance thermique, utilisé dans des emballages nécessitant une haute barrière.