



Emballages alimentaires innovants : applications aux produits céréaliers

Hélène Angellier-Coussy, UMR 1208 IATE
helene.coussy@univ-montp2.fr

Séminaire Trafoon – 21 nov. 2015 – Blé dur et pâtes : l'innovation au service de la tradition

1

Plan

1. Catégories & fonctions de l'emballage
2. Panorama des matériaux d'emballage utilisés pour les pâtes alimentaires
3. Choix raisonné d'un emballage sous atmosphère modifiée
4. Emballages innovants : valorisation des co-produits de la filière blé dur

2

Partie 1. Catégories et fonctions de l'emballage

3

Catégories

Trois catégories d'emballages

Primaire



Secondaire



Tertiaire



4

Catégories

Emballage primaire

- = en contact avec le produit
- = parfaite innocuité avec le contenu
- = unité de consommation ou d'utilisation



- = plusieurs éléments (ex : bouteille, bouchon, étiquette)
- = fonctions techniques (protection et conservation)
- = fonctions commerciales (achat à l'unité)



Exemples : bouteilles, flacons, pots, sachets, barquettes, caissettes

5

Catégories

Emballage secondaire

- = emballage de regroupement
- = destinés à l'utilisateur ou au consommateur
- = unités de vente



- = fonctions marketing (attraction, information)
- = fonctions de service (poignées, ouvertures)



Exemples : multipack en carton, films de regroupement, étui carton, cageot...

6

Catégories

Emballage tertiaire

- = emballage de distribution et logistique
- = regroupe plusieurs emballages secondaires
- = unités de distribution



- = fonctions de transport et de protection



Exemples : plateau carton, bac plastique, palette, films étirables...

7

Fonctions

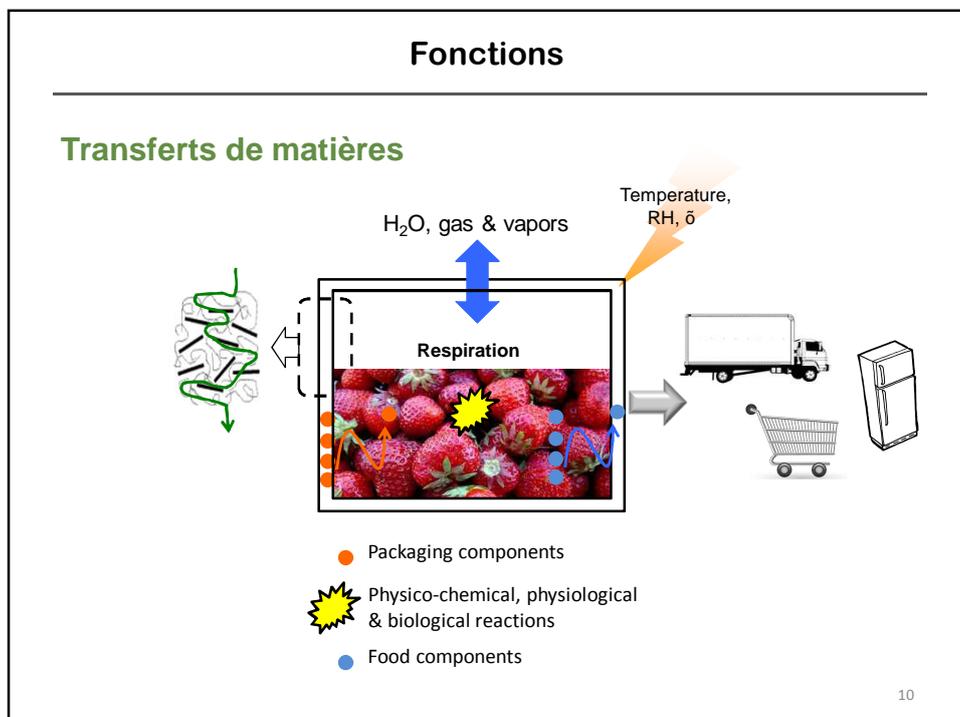
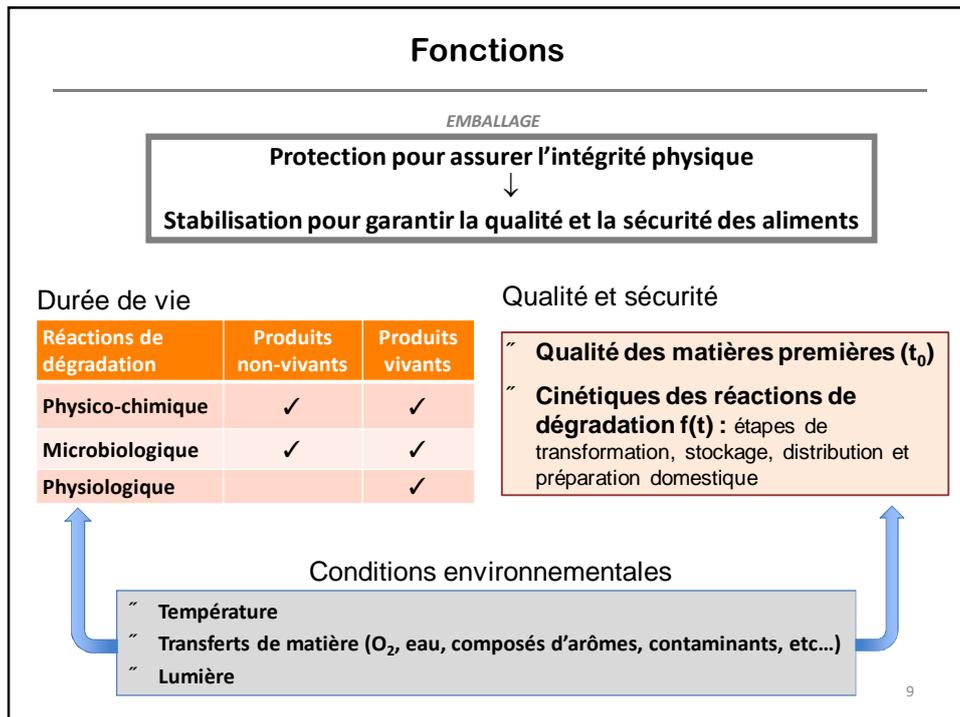
Fonctions techniques

- “ **Garantir la quantité ou le volume (= contenir)**
- “ **Protéger la qualité et la sécurité du contenu (de la production jusqu'à leur consommation)**
 - = maintien de la qualité originelle des produits (hygiénique, nutritionnelle, sensorielle et organoleptique et technologique)
 - = protection contre les agents extérieurs d'altération (thermique, photochimique, biochimique, microbiologique, physique)
 - = obligation d'innocuité et d'aperté de l'emballage primaire



Rôle clé des transferts de matière

8



Fonctions

Fonctions marketing

- “ **Faire vendre le produit** : repérage, attribution et positionnement au sein de la gamme, séduction (provoquer l'achat), fidélisation, ò
- “ **Informé le consommateur sur le produit** : mentions obligatoires (règlement INCO) et facultatives, allégations nutritionnelles et de santé, ò
- “ **Communiquer** : emballage comme média pour diffuser une information.

11

Fonctions

Fonctions de service

- “ **Pour la production** : machinabilité, aptitude à subir les contraintes de fabrication, ò
- “ **Pour la logistique et la distribution = faciliter les transferts entre le lieu de production et le lieu d'utilisation** : optimisation du rapport masse/volume, empilabilité, stockabilité, marquage, inviolabilité, ò
- “ **Pour la consommation** : facilité de manutention et d'usage, aptitude à l'ouverture et la fermeture, aptitude à la consommation fractionnée, ergonomie, conseils d'utilisation, ò

12

Fonctions

Fonctions pro-environnementales

“ **Réduction à la source = optimisation de l'emballage** : changement de matériaux, optimisation de procédés, adaptation des équipements, optimisation de la répartition de la matière, modifications des formes

Eco-emballage : mise à disposition d'un catalogue de réduction à la source des emballages pour partager les bonnes pratiques (<http://reduction.ecoemballages.fr/catalogue/>)

- “ Réutilisation / recyclage
- “ Valorisation énergétique
- “ Utilisation de ressources renouvelables

ÉVOLUTION DU POIDS DES EMBALLAGES ENTRE 1994 ET 2009



Emballages actifs & intelligents

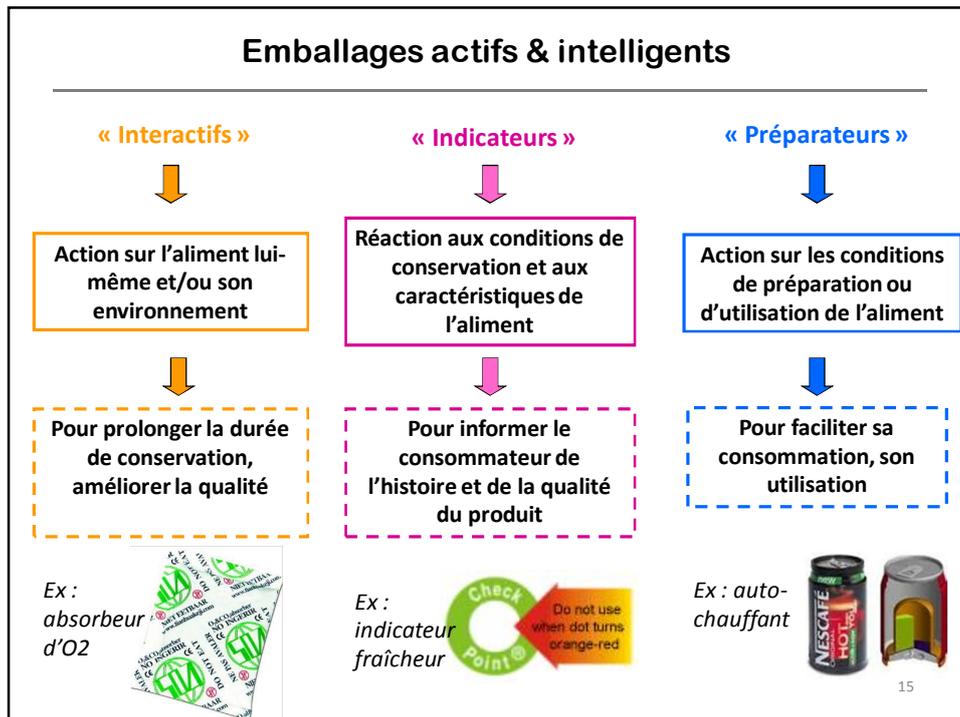
L'emballage dit « traditionnel »

1. Protège l'aliment par son effet barrière vis à vis des agents extérieurs de détérioration
2. Est inerte vis à vis de l'aliment : ne modifie pas les caractéristiques et la composition des aliments emballés

L'emballage dit « actif » modifie les conditions d'un produit alimentaire conditionné en vue d'étendre sa durée de conservation ou d'améliorer les aspects de sécurité alimentaire ou de qualité organoleptique / sensorielle, sans dénaturer la qualité du produit.

L'emballage dit « intelligent » surveille et contrôle l'évolution des conditions dans lesquelles un produit alimentaire a été emballé, en donnant des informations sur la qualité dudit produit pendant toutes les étapes de transport et de stockage précédant sa consommation.





Partie 2. Panorama des emballages des pâtes alimentaires

16

Emballages des pâtes sèches

Carton

- ~ Issu de pâtes à papier vierges ou recyclées
- ~ Avec ou sans fenêtre
- ~ Recyclable, grande surface de communication
- ~ Carton recyclé au contact alimentaire = migration d'hydrocarbures d'huiles minérales aromatiques (MOAH) et saturés (MOSH)



ONG Foodwatch – 17/10/2015

17

Emballages des pâtes sèches

Film plastique

- ~ Polypropylène
- ~ Produit visible
- ~ Inertie au contact alimentaire
- ~ Avec ou sans languette autocollante
- ~ Non recyclable



18

Emballages des pâtes fraîches

Tableau des caractéristiques physico-chimiques des pâtes fraîches¹⁹

Pâtes fraîches	% eau (m/m)	Activité de l'eau a_w	Conservation sous atmosphère protectrice	Conservation sous atmosphère normale
Vraiment fraîches	30-40	0,96 -0,98	-	1 à 5 jours
Paquet hermétique	26-30	0,91 -0,95	20-30 j	< 15 j
Paquet hermétique et pasteurisation finale	26-30	0,92 -0,95	30-90 j	30-50
Paquet hermétique et pasteurisation finale style Barilla	22-34	0,88 - 0,89	> 90 j	-

- ~ Sans traitement, DLC des pâtes fraîches = quelques jours (%ufs + teneur en eau)
- ~ Traitements : diminution du pH et de a_w , agents bactériostatiques, emballage hermétique, et surtout : pasteurisation, conditionnement sous atmosphère protectrice et conservation au froid.

19

Emballages des pâtes fraîches

Conditionnement sous atmosphère modifiée

- ~ **Vendues au rayon frais**
- ~ **Modification de l'environnement gazeux** du produit par une réinjection de gaz comme le CO_2 et l'azote.
- ~ DLC jusqu'à plus d'un mois
- ~ Combinaison nécessaire à une conservation sous régime froid
- ~ **Emballage** = rôle central, pour maintenir l'atmosphère protectrice pendant toute la durée de conservation.



Films complexes pour operculage

20

Emballages des pâtes fraîches

Boîte de conserve

- “ Vendues au rayon épicerie
- “ Stérilisation dans l'emballage
- “ Recyclable



Bocaux en verre

- “ Pas cher

- “ Coûteux, lourd, cassant



21

Emballages des pâtes fraîches

Poches multicouches

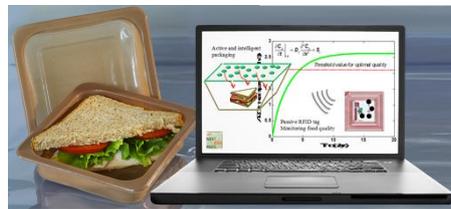
- “ Vendues au rayon épicerie
- “ Stérilisation dans l'emballage, micro-ondable
- “ Non recyclable, coûteux



Doypack = poche multicouche, supportant des traitements thermiques de pasteurisation, stérilisation et micro-ondes.

22

Partie 3. Raisonner le choix d'un emballage sous atmosphère modifiée



23

« MAP » design : quelle approche?

“ Approche de type essai-erreur

= Des propriétés de l'emballage vers l'aliment

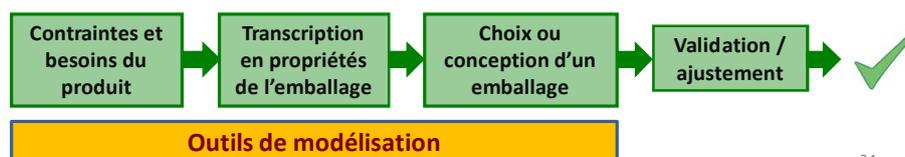


“ Adaptée pour produits secs dont les besoins sont très bien connus

“ Approche longue et donc coûteuse pour produits aux contraintes spécifiques (respirants, humides...)

“ MAP : Approche d'ingénierie réverse

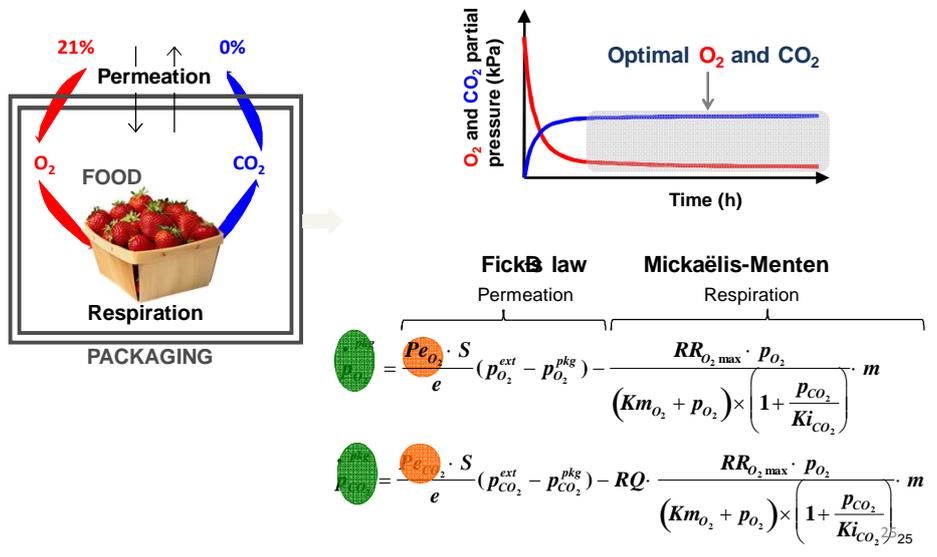
= Des contraintes de l'aliment vers l'emballage



24

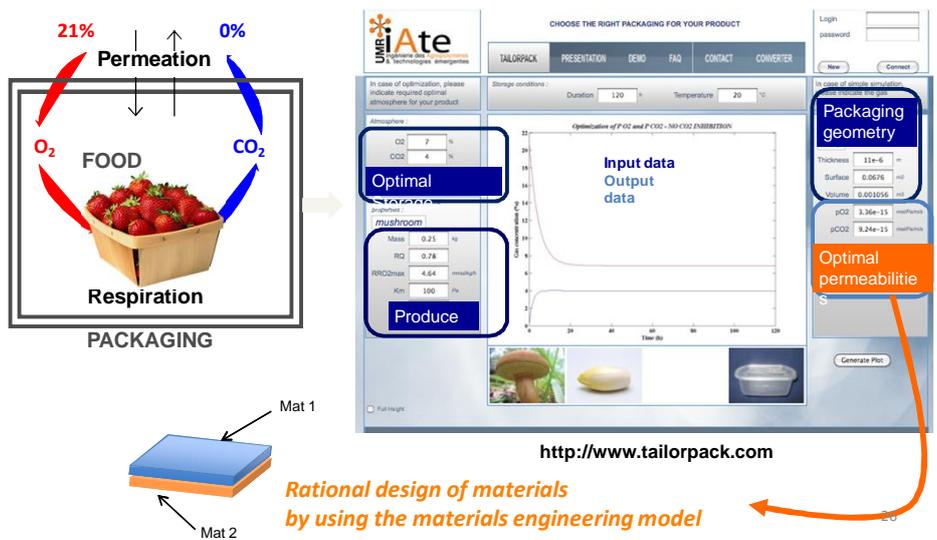
« MAP » design : modèles prédictifs

Prédiction de la concentration en gaz dans l'espace de tête



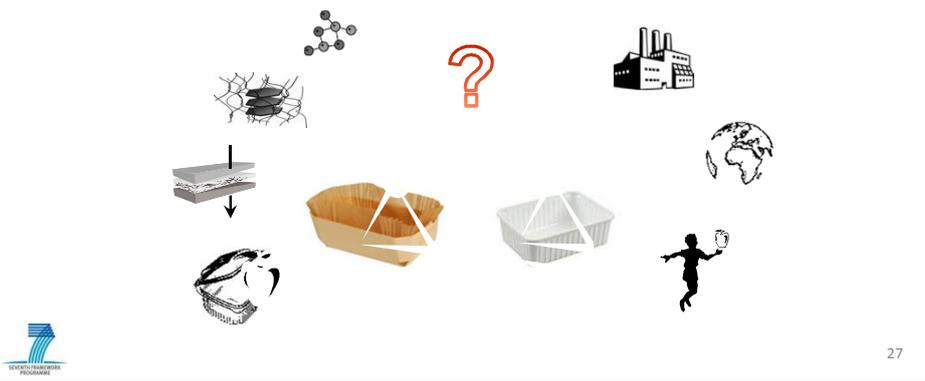
« MAP » design : outils d'aide à la décision

Prédiction des propriétés optimales de l'emballage



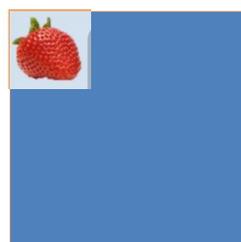
« MAP » design : approche multi-critères

- ~ Dans la conception de MAP, la sélection de l'emballage est le plus souvent le résultat d'une approche **multi-critères** (coût, processabilité des matières premières, faisabilité industrielle, fin de vie, transparence, etc .)
- ~ **Nécessité de trouver un compromis**



27

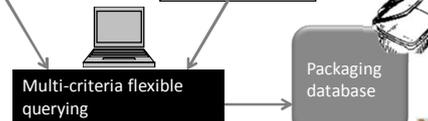
« MAP » design : outil d'aide à la décision



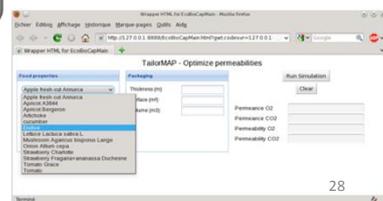
- ~ Industrial constraints
- ~ Consumer preferences
- ~ Waste management policy
- ~ etc

Stakeholder preferences and needs

"I want optimal gas permeabilities in order to guarantee the product quality and I would like a packaging material made from renewable resources, transparent if possible and with a cost for raw material less than 3 € / kg ...".



Ranked list of most relevant packagings



28

« MAP » design : outil d'aide à la décision

Choix du produit parmi la liste des possibilités

Food properties

- Endive
- Apple fresh-cut Annurca
- Apricot A3844
- Apricot Bergeron
- Artichoke
- cucumber
- Endive
- Lettuce Lactuca sativa L.
- Mushroom Agaricus bisporus Lange
- Onion Allium cepa
- Strawberry Charlotte
- Strawberry Fragaria*ananassa Duchesne
- Tomato Grace

Packaging geometry

Surface (cm²):

Volume (l):

run simulation

Permeance O2 (mol.m-2.s-1.Pa-1)

Permeance CO2 (mol.m-2.s-1.Pa-1)

Permeability O2 (mol.m-1.s-1.Pa-1 - 50 µm)

Permeability CO2 (mol.m-1.s-1.Pa-1 - 50 µm)

Preferences associated with criteria

allow the ranking of packagings with unknown values for mandatory criteria

	enlarge min	min	max	enlarge max	mandatory	optional
O2 permeance	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CO2 permeance	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temperature	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biodegradability	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transparency	transparent	<input type="checkbox"/>				
	translucent	<input type="checkbox"/>				
	opaque	<input type="checkbox"/>				

rank packagings

29

« MAP » design : outil d'aide à la décision

Importation automatique des caractéristiques du produit

Food properties

Endive

Mass (kg): 0.5

Shelf life (day): 7

Temperature (°C): 10

Optimal atmosphere value:

O2 (%): 5

CO2 (%): 4

Respiration properties:

RRO2 max (mmole/kg/h): 1.1833729665147

RQ (RRCO2 / RRO2): 0.74

KmO2 (Pa): 9250

Packaging geometry

Surface (cm²):

Volume (l):

run simulation

Permeance O2 (mol.m-2.s-1.Pa-1)

Permeance CO2 (mol.m-2.s-1.Pa-1)

Permeability O2 (mol.m-1.s-1.Pa-1 - 50 µm)

Permeability CO2 (mol.m-1.s-1.Pa-1 - 50 µm)

Preferences associated with criteria

allow the ranking of packagings with unknown values for mandatory criteria

	enlarge min	min	max	enlarge max	mandatory	optional
O2 permeance	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CO2 permeance	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temperature	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biodegradability	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transparency	transparent	<input type="checkbox"/>				
	translucent	<input type="checkbox"/>				
	opaque	<input type="checkbox"/>				

rank packagings

30

« MAP » design : outil d'aide à la décision

Saisie des données concernant la géométrie de l'emballage, puis lancement de la simulation
L'outil indique des valeurs de perméabilité optimales

The screenshot shows the 'EcoBioCap - Optimize permeabilities' interface. It is divided into several sections:

- Food properties:** Includes fields for Endive, Mass (kg) (0.5), Shelf life (day) (7), Temperature (°C) (1), Optimal atmosphere value (O2 (%): 5, CO2 (%): 4), and Respiration properties (RRO2 max, RQ, KmO2).
- Packaging geometry:** Includes Surface (cm²) (600) and Volume (l) (1).
- Simulation Results:** A table showing optimal permeability values:

Permeance O2 (mol.m-2.s-1.Pa-1)	5.777244e-11
Permeance CO2 (mol.m-2.s-1.Pa-1)	1.792195e-10
Permeability O2 (mol.m-1.s-1.Pa-1 - 50 µm)	2.888622e-15
Permeability CO2 (mol.m-1.s-1.Pa-1 - 50 µm)	8.960976e-15
- Preferences associated with criteria:** A table for setting criteria ranges and priorities:

	enlarge min	min	max	enlarge max	mandatory	optional
O2 permeance	4.044071e-11	5.19952e-11	6.354968e-11	7.510417e-11	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CO2 permeance	1.254537e-10	1.612976e-10	1.971415e-10	2.329854e-10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temperature	14	18	22	26	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Biodegradability					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transparency	transparent, translucent, opaque				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

31

« MAP » design : outil d'aide à la décision

Sélection de critères de choix (transparence, biodégradabilité, etc.)
Classement des matériaux les plus adaptés

The screenshot shows the 'Preferences associated with criteria' and 'Packagings ranking' sections.

Preferences associated with criteria: This section is identical to the one in slide 31, showing the selection of mandatory criteria for O2 permeance, CO2 permeance, and Temperature.

Packagings ranking: A table showing the ranking of materials based on the selected criteria:

ranking	name	type	% known value
1	PP + Corn-zéin	Polypropylène	66
2	PP + Corn-zéin	Polypropylène	66
3	HPCLipids	Polysaccharides	66
4	PP	Poliolefin	66

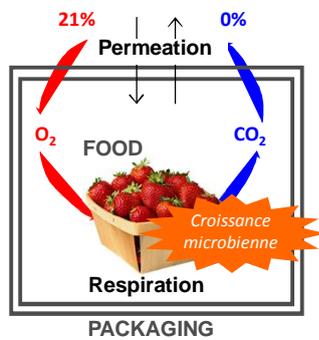
Detailed information for the top-ranked material (Ranking 1):

- Name:** PP + Corn-zéin
- Type:** Polypropylène
- Reference:** Issi Dogan-ATIK (2007)
- Author:** Issi Dogan-ATIK
- O2 permeance:** (mol.m-2.s-1.Pa-1): 5.79848153998026E-11
- CO2 permeance:** (mol.m-2.s-1.Pa-1): not available
- Temperature:** °C): 23.0
- Biodegradable:**
- Transparency:**
- Distance:**

Guillard, V., Buche, P. et al. 2015. Comput. Electron. Agric. 111, 131–139

32

« MAP » design : couplage avec la microbio prévisionnelle



$$\phi_{j,r} = M_j P_j (S_r / e_r) (p_{j,s} - p_{j,r})$$

$$\frac{\partial C_{jL}}{\partial t} \Big|_{t,x} = D_j \frac{\partial^2 C_{jL}}{\partial x^2} + S_j$$

Modèles de transferts de matière

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = 0 & \text{for } t \leq lag \\ \frac{dN}{dt} = \mu_{max} N \left(1 - \frac{N}{N_{max}}\right) & \text{for } t > lag \end{cases}$$

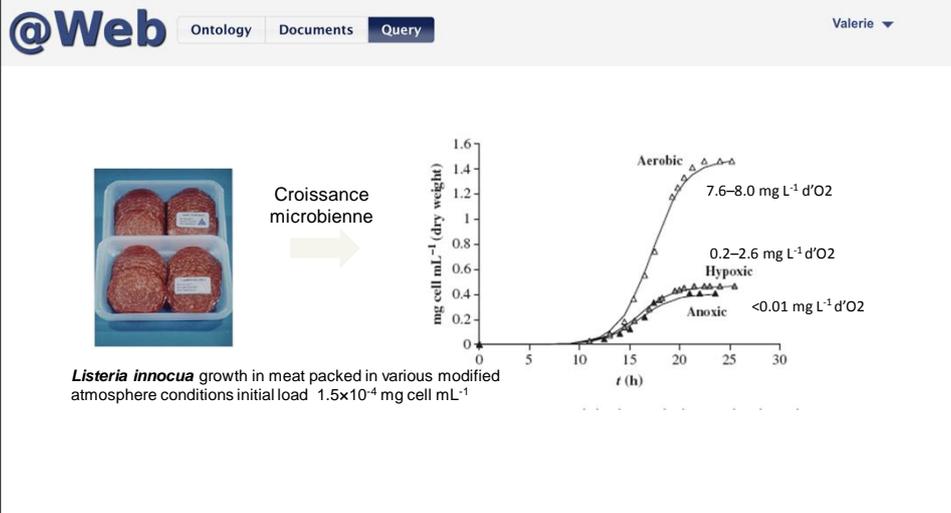
Microbiologie prévisionnelle

Couplage des transferts de matière & des modèles de microbio prévisionnelle

33

« MAP » design : outils d'aide à la décision

Building of the query on O_2 permeability using @Web software



« MAP » design : outils d'aide à la décision

Building of the query on O₂ permeability using @Web software



@Web Ontology Documents Query Valerie ▾

Query

- ✓ Define Scope
- ✗ Define Value domains
- ✗ Define Parameters
- ✗ Check and Run Query
- ✗ Delete Query

Export

Define value domain for relation 'O2 Permeability_relation' attributes

Select an attribute: O2 Permeability (result type) Define value domain

Rank value domains in priority order.

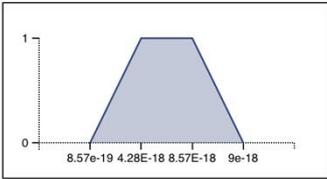
Mandatory value domains

Rank 1

Desirable value domains

Define domain values for attribute O2 Permeability ✕

Define numeric value domain



Select unit

Mole per Meter per second per pascal ▾

best values

min	max
8.57e-19	9e-18
4.28E-18	8.57E-18
min	max

acceptable values

Are values... mandatory ? desirable ?

save Cancel

Buche P., Dibie-Barthélemy J., et al. 2013. IEEE TKDE, 25(4): 805-819

« MAP » design : outils d'aide à la décision

Result of the query: ranking of the most suitable packaging material for the case study



@Web Ontology Documents **Query** Valerie ▾

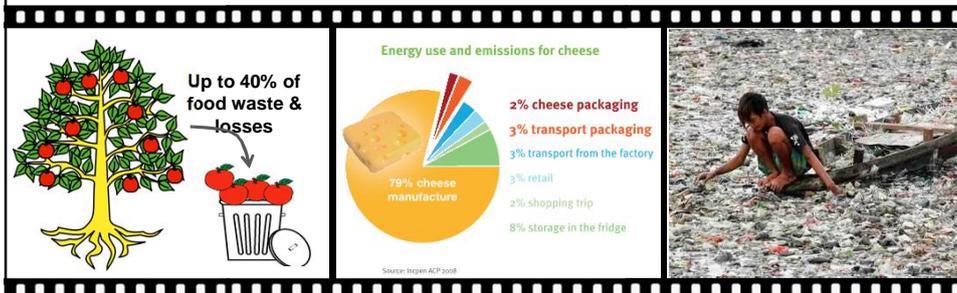
Query Query Results (2)

Ontology: MAPOPT - Topics: PackPermeability, MapOptTopic, Solubility, Isotherm, Diffusivity, DielectricPerm
Relation: O2 Permeability_relation Mandatory Desirable

rank	reliability score	O2 Permeability [8.570e-19;4.280e-18],mol/m.s/Pa	Temperature	Partial pressure difference	Packaging	Relative Humidity	Thickness
row 4_173 1	1	[1.500e-19;2.100e-19],m3.m/(m2.s...	[2.400e+01],oC	[0.000e+00;1.01...	(4%Nanoter) Polyhydroxybuty...	[0.000e+00],Per...	[1.000e-01;9.000e-01],mm
row 2_173 1	1	[2.100e-19;2.700e-19],m3.m/(m2.s...	[2.400e+01],oC	[0.000e+00;1.01...	(4%Nanoter) Polyhydroxybuty...	[0.000e+00],Per...	[1.000e-01;9.000e-01],mm

Partie 4. Emballages innovants

Contexte général



Un challenge majeur

Réduire l'impact environnemental du couple Aliment/emballage tout en assurant la sécurité du consommateur et la compétitivité économique des industries agro-alimentaires



Besoin de Emballages alimentaires innovants & durables

39

Enjeux spécifiques



Impact environnemental

- “ Ressources (renouvelables) et fin de vie (biodegradable/compostable)
- “ Design : limiter les pertes et gaspillage alimentaires



Fonctionnalités

- “ Propriétés mécaniques : protection physique
- “ Propriétés de transfert : maintien de la qualité



Mise en Œuvre à échelle industrielle

- “ Procédés conventionnels
- “ Cadences de production



Compétitivité économique

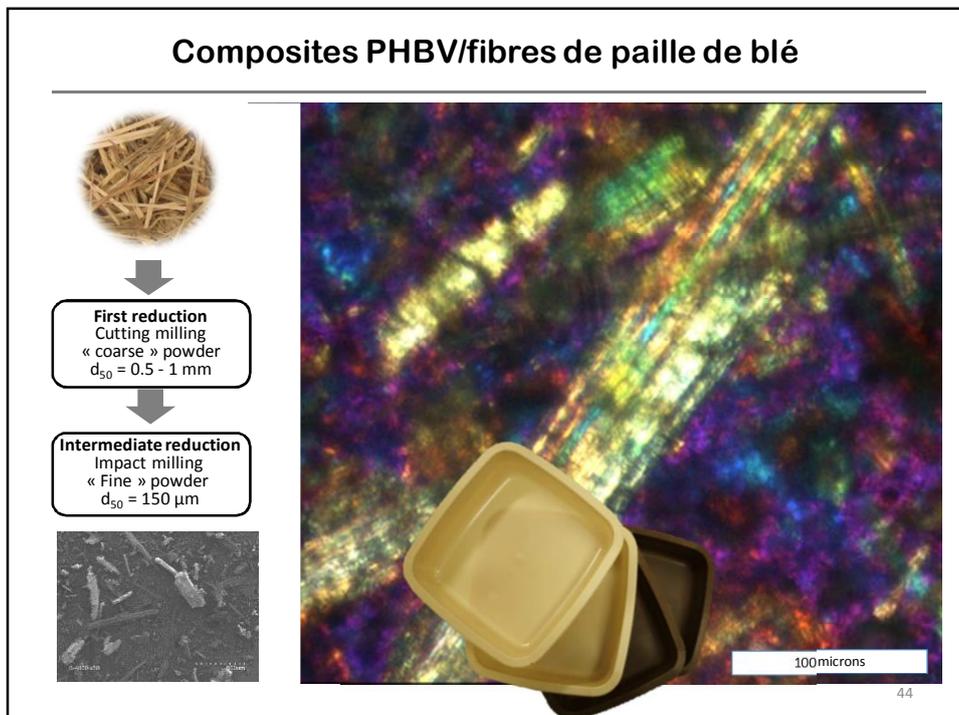
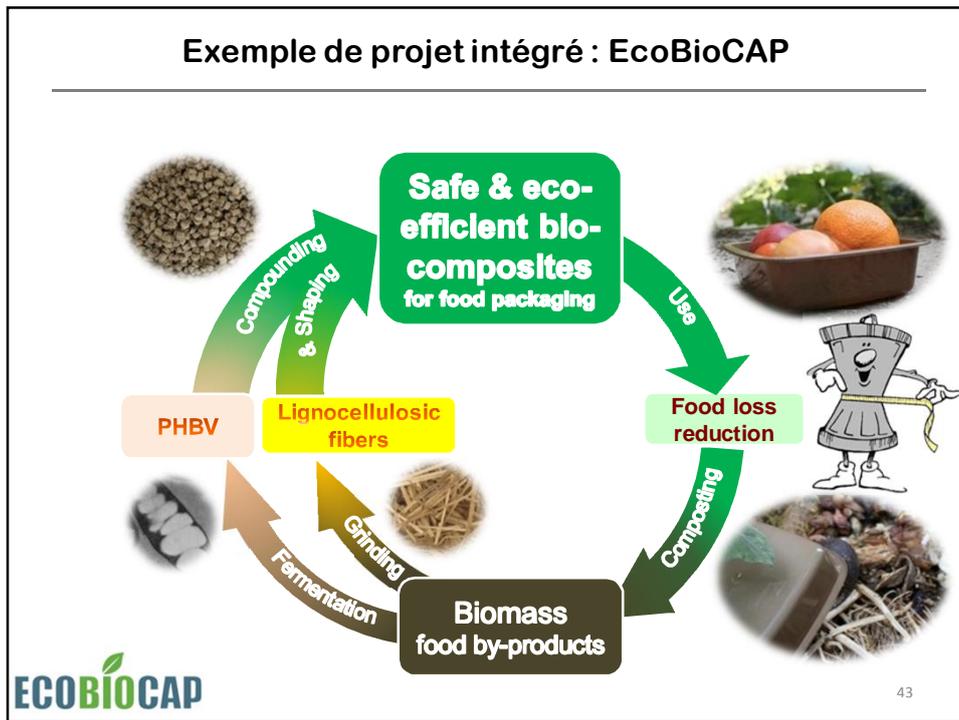
- “ Faible valeur ajoutée

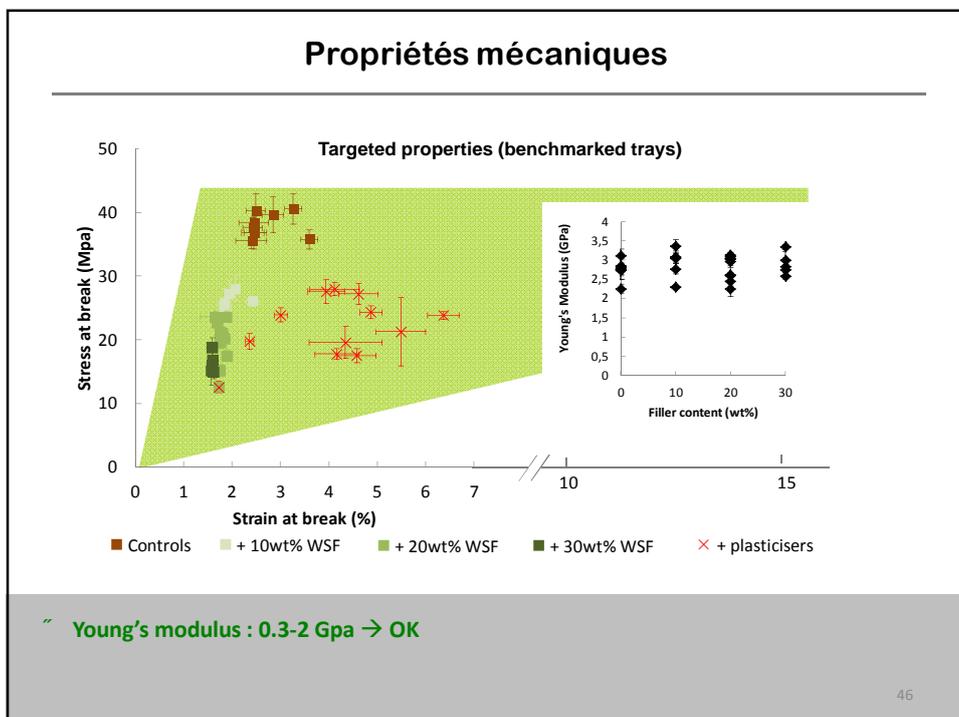
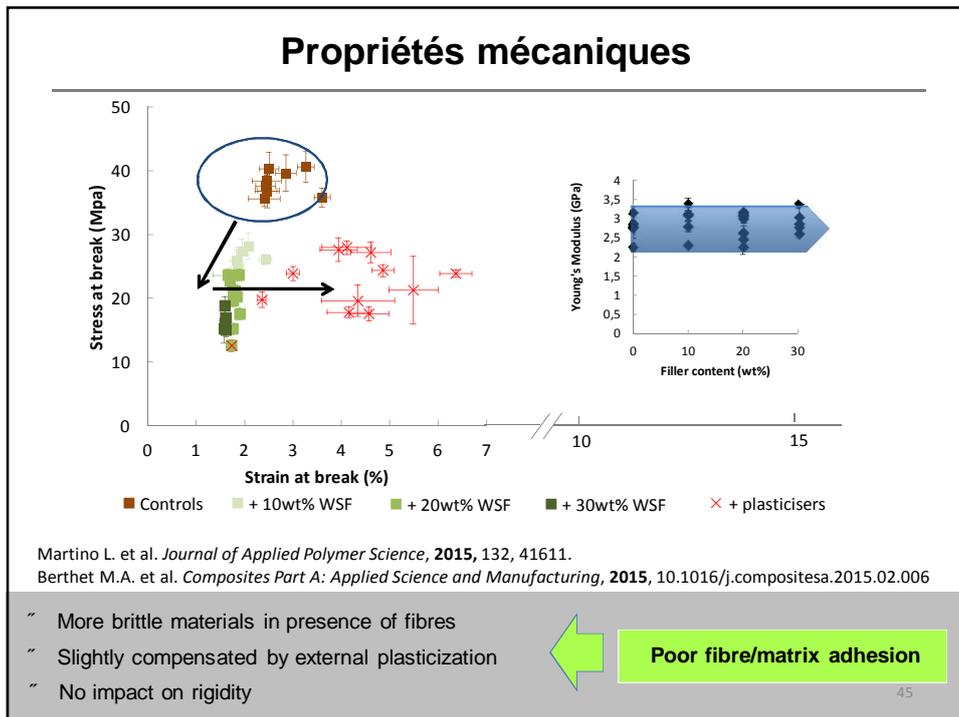


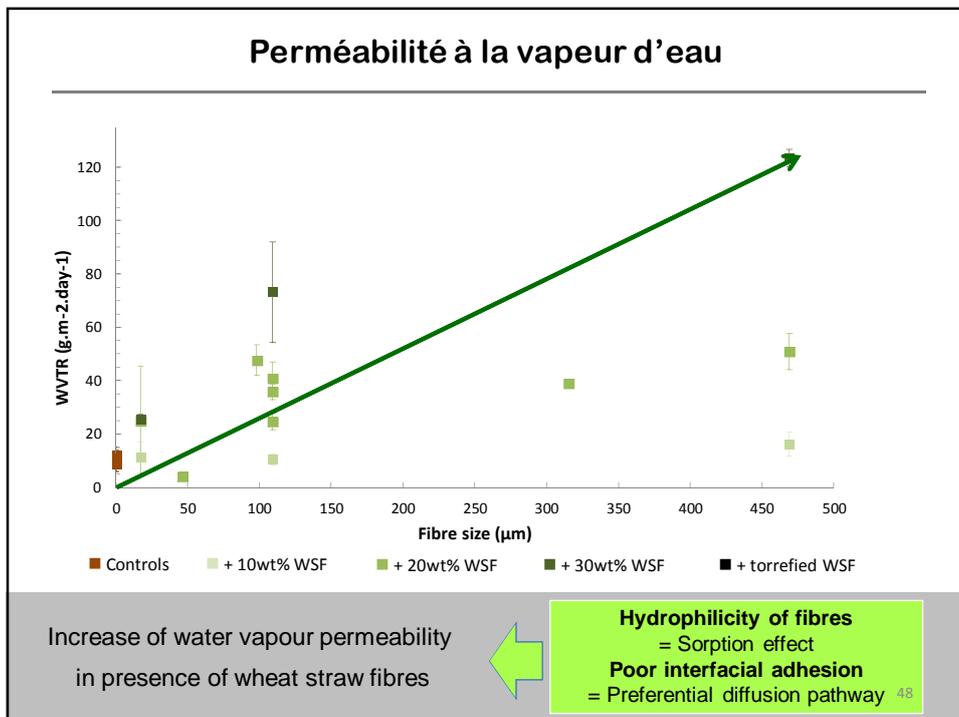
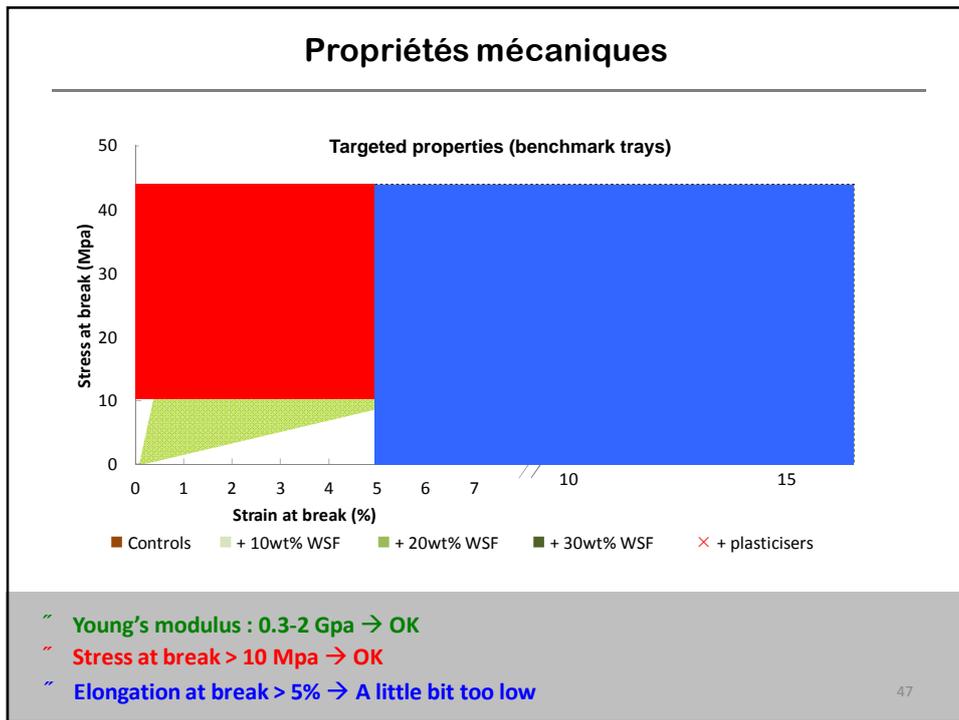
Contact alimentaire & sécurité du consommateur

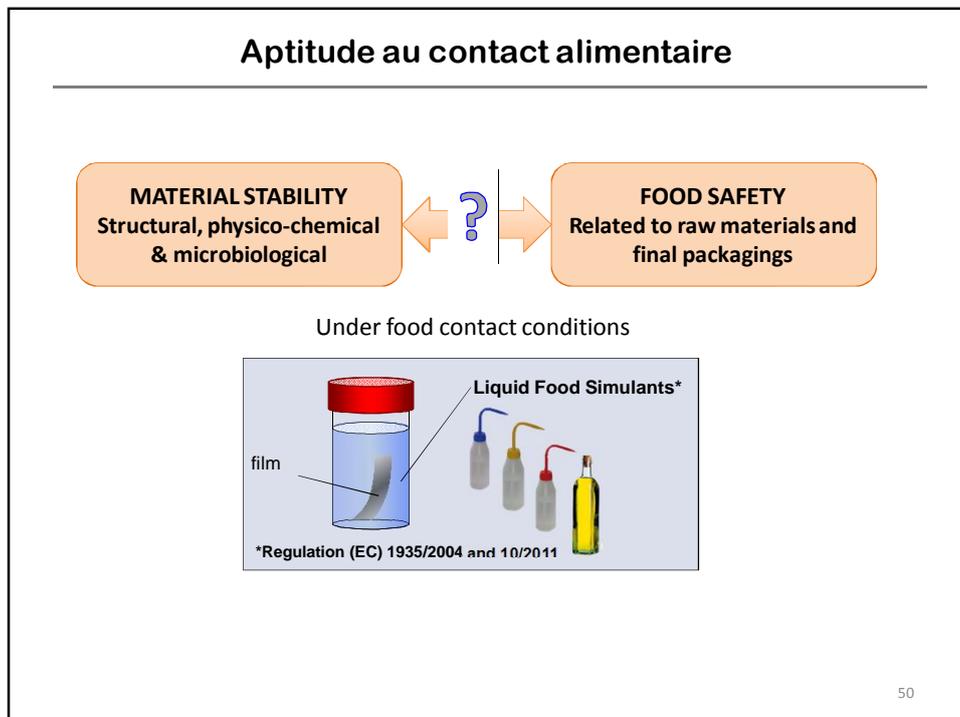
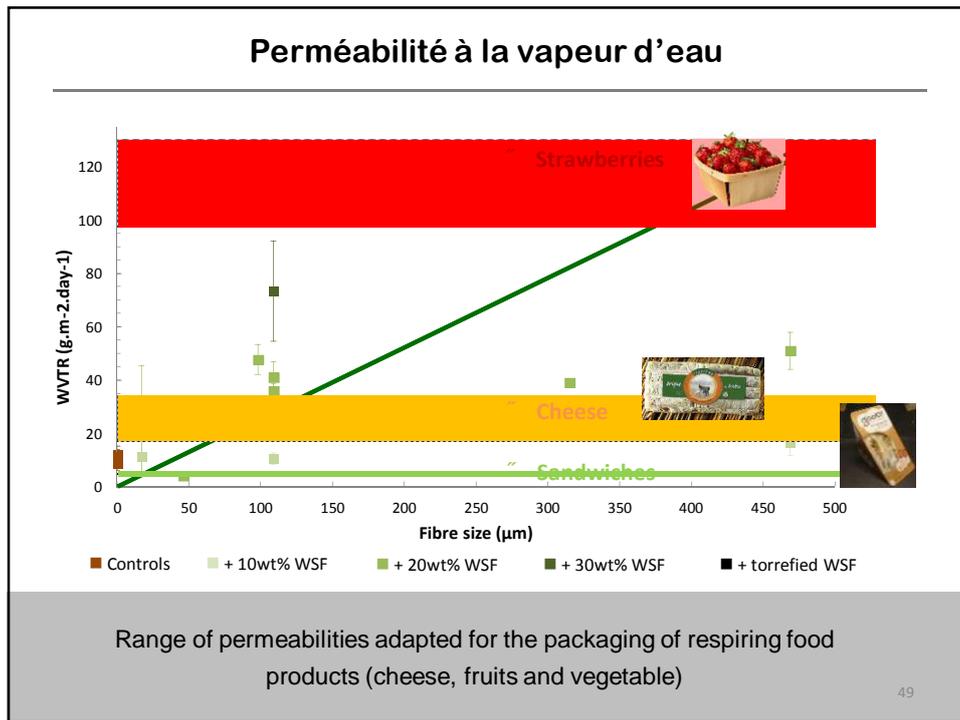
- “ Stabilité structurale et fonctionnelle
- “ Innocuité

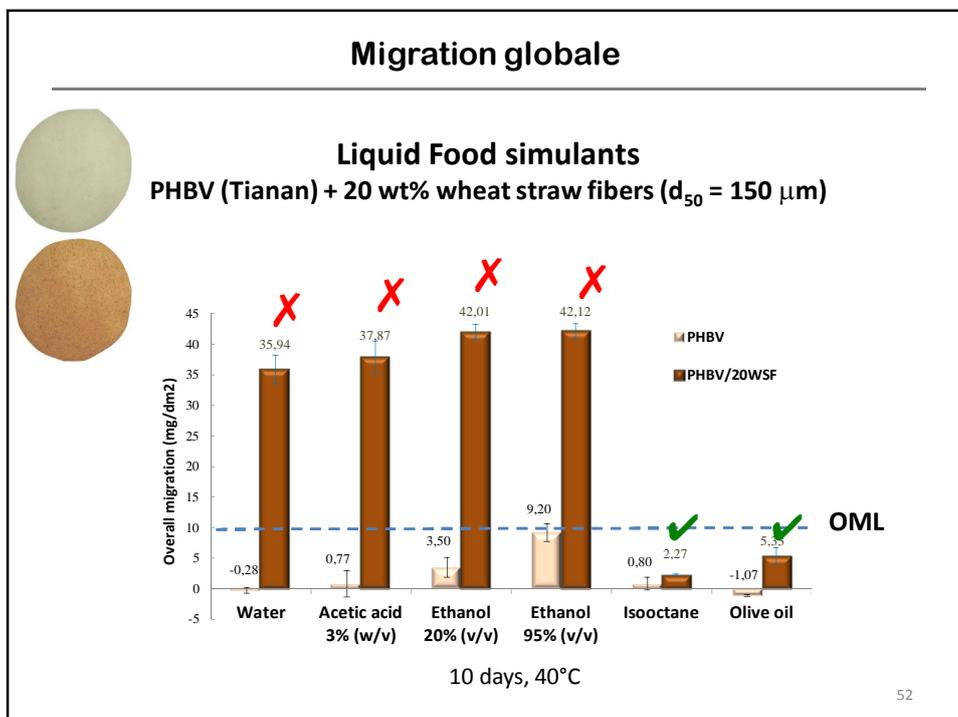
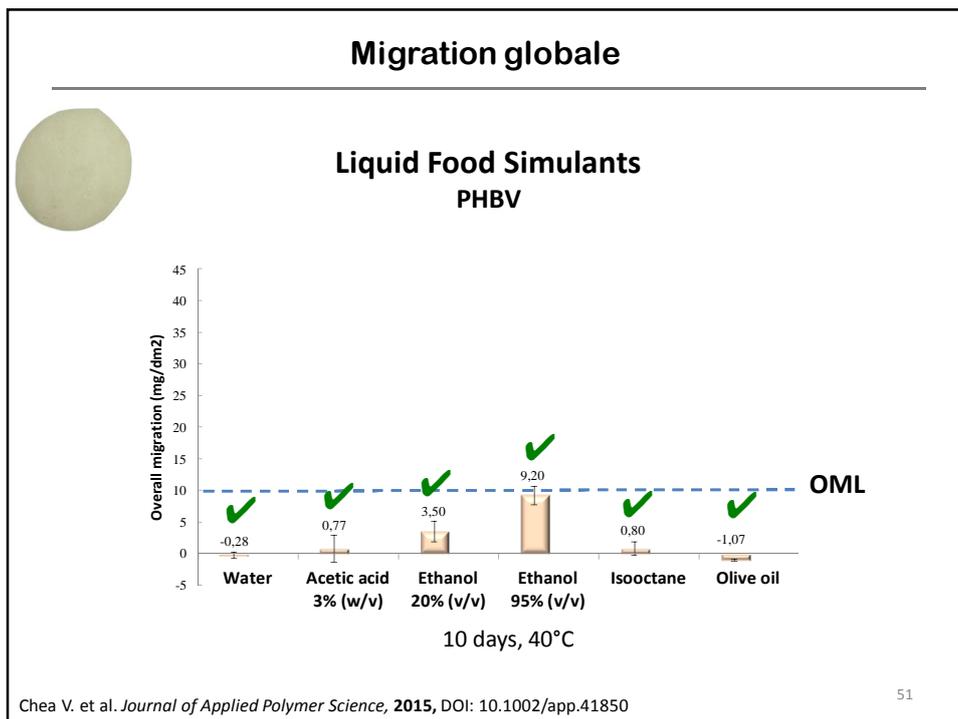
40

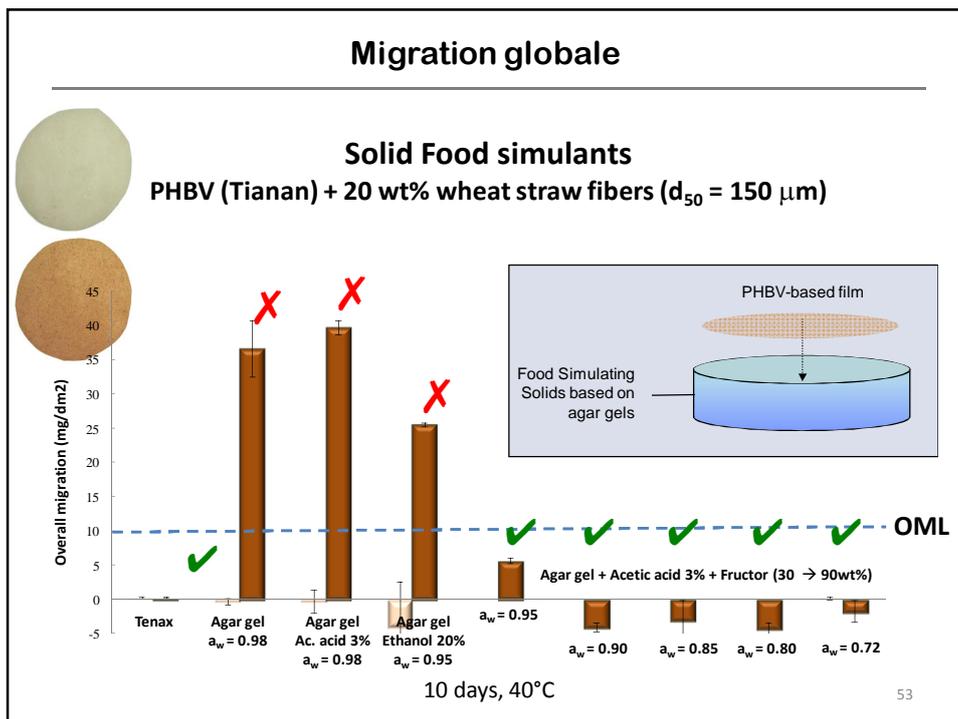














Licence Professionnelle

Métiers de l'emballage et du conditionnement

Qualité, Sécurité et Impact sur l'Environnement de l'Aliment et de son Emballage (AliPack)



Parce que l'emballage est un instrument essentiel pour la conservation de la qualité des produits alimentaires ...

◆ Qualité ◆ Sécurité ◆ Environnement ◆ Matériaux ◆ Produits Alimentaires
◆ Migration ◆ Emballages Actifs et Intelligents ◆ Analyse de Cycle de vie





Resp. Valérie Guillard et Hélène Angellier-Coussy
guillard@univ-montp2.fr / helene.coussy@umontpellier.fr

54

Merci de votre attention
