



TECHNIQUES
DE L'INGÉNIEUR

LES FOCUS
TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR



BOIS ET PAPIERS

ALIMENTARITÉ DES EMBALLAGES EN BOIS

Octobre / 2021



Date de publication :
10 septembre 2018

Alimentarité des emballages en bois

Cet article est issu de : **Génie industriel | Emballages**

par **Florence FRICOTEAUX, Florence AVIAT,
Nadia OULAHAL**

Mots-clés

emballage | réglementation |
emballage alimentaire |
aliment | bois | santé humaine
| Biocompatibilité

Résumé Excepté pour les applications traditionnelles où le bois est utilisé comme matériau de bonification, les caractéristiques organoleptiques ou microbiologiques du produit final résultant d'échanges recherchés entre le bois et l'aliment en contact, le bois comme tout autre matériau au contact des aliments doit répondre au principe d'inertie. Le bois ne doit donc, ni modifier les propriétés organoleptiques de l'aliment, ni céder de constituants susceptibles de présenter un danger pour la santé humaine. Après une présentation des principes de la réglementation, les possibilités et les limites de leur application aux emballages en bois destinés au contact alimentaire sont présentés et discutés en considérant l'évaluation de leur inertie chimique et microbiologique.

Keywords

packaging | regulation | Food
packaging | food | wood |
Healthcare | biocompatibility

Abstract Except in cases where wooden materials are used to improve organoleptic or microbiological characteristics of a food product, through deliberate exchanges between wood and food in direct contact, wood should comply with the inertness principle, like any other food-contact material. Wooden materials should thus neither alter organoleptic properties of food, nor release constituents that could adversely affect human health. After a brief presentation of European and French regulations, the scope and limits of their applications to wooden packaging materials in contact with foods are presented and discussed, together with how their chemical and microbiological inertness is evaluated.

Pour toute question :

Service Relation clientèle
Techniques de l'Ingénieur
Immeuble Pleyad 1
39, boulevard Ornano
93288 Saint-Denis Cedex

Par mail :
infos.clients@teching.com

Par téléphone :
00 33 (0)1 53 35 20 20

Document téléchargé le : **29/10/2021**

Pour le compte : **7200106152 - éditions ti // céline BLONBOU // 92.170.153.116**

Alimentarité des emballages en bois

par **Florence FRICOTEAUX**

Maître de Conférences, ESIReims (École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Reims) – URCA (Université de Reims Champagne Ardennes) (Reims, France)

et **Florence AVIAT**

Docteur en Sciences, fondatrice et Présidente YouR Research – Bio-Scientific (Nantes, France)

et **Nadia OULAHAL**

*Maître de Conférences (HDR), IUTLyon1, BioDyMIA (Bioingénierie et Dynamique Microbienne aux Interfaces Alimentaires), Université Lyon 1 (Bourg en Bresse, France)
Membre du RMT Chlean Pass.*

1. Point sur la réglementation du bois au contact des aliments....	AG 6 529 - 2
1.1 Réglementation européenne.....	— 2
1.2 Réglementation française.....	— 3
2. Les emballages en bois pour le contact alimentaire : éléments déterminants	— 4
2.1 Le matériau.....	— 4
2.2 Les composés du matériau bois.....	— 5
2.3 L'aliment en contact.....	— 5
2.4 La température et l'humidité relative	— 6
2.5 Corrélation entre les conditions réelles et de tests	— 6
3. Exemples d'études – Enjeux industriels	— 6
3.1 Inertie microbiologique	— 6
3.2 Inertie chimique : démarche pour l'évaluation de l'aptitude au contact alimentaire.....	— 8
3.3 Enjeux industriels.....	— 9
4. Conclusion.....	— 9
5. Glossaire	— 10
Pour en savoir plus	Doc. AG 6 529

Le bois, matériau ancien, est toujours utilisé de nos jours en tant que matériau d'emballage et matériau entrant dans la fabrication d'objets destinés à être au contact de produits alimentaires.

Dans le domaine de l'agro-alimentaire, le bois se retrouve dans la composition d'objets destinés à la manipulation de produits alimentaires, tels que les planches à découper, les ustensiles de cuisines (couverts, plats,...).

Il entre dans la fabrication d'emballages dits « légers », mais également plus rarement d'emballages dits « lourds ».

Les emballages légers sont :

- les caquettes utilisées pour les fruits et légumes ;
- les bourriches utilisées pour les produits de la mer (poisson et fruits de mer) ;
- ou les boîtes à fromage.

Les emballages lourds sont :

- les caisses ;

- les pallox ;
- les palettes utilisées pour le stockage et le transport de certains fruits en vrac.

Dans ces trois cas, le bois est utilisé pour présenter, manipuler, stocker ou transporter, et ne doit pas libérer de substances susceptibles de modifier le contenu (garantir une inertie organoleptique et chimique, et ne pas être vecteur de micro-organismes indésirables).

Lorsqu'il est utilisé en tant que matériau de bonification pour la fabrication de fûts destinés à la maturation du vin, de gerles pour ensemercer le lait avant la fabrication de fromages, de planches d'affinage pour certains fromages, le bois influe sur les caractéristiques organoleptiques ou microbiologiques du produit final résultant d'échanges entre le bois et le produit alimentaire en contact.

Excepté pour la filière viticole, le bois fait l'objet d'une concurrence par les emballages plastique et carton, notamment due à la réglementation très détaillée et actualisée de ces deux matériaux depuis une bonne trentaine d'années. En effet, la réglementation du bois au contact alimentaire, et donc son aptitude au contact alimentaire, est mal identifiée, d'où l'importance de faire un point sur l'alimentarité du bois.

1. Point sur la réglementation du bois au contact des aliments

L'ensemble de la réglementation des matériaux et objets au contact des aliments est composé d'un règlement cadre, de règlements et directives spécifiques à certains groupes de matériaux.

Si les règlements sont applicables tels quels, chaque état membre peut transposer les directives européennes en arrêtés ou lois propres, et peut également, dans le cas de non-harmonisation de la réglementation européenne, définir des réglementations nationales.

Les emballages entrent dans le champ d'application de la réglementation des matériaux et objets destinés au contact alimentaire.

L'alimentarité des matériaux est traitée dans la référence [M 4 490].

1.1 Réglementation européenne

■ Règlement CE 1935/2004

Dans l'Union européenne, le règlement cadre relatif aux matériaux et objets destinés à entrer en contact des denrées alimentaires est le Règlement CE 1935/2004 ou « **règlement cadre** ».

• Dix-sept matériaux sont concernés par ce règlement

Les règles pouvant différer d'un matériau à l'autre, c'est la raison pour laquelle des textes spécifiques à certains matériaux ou groupes de matériaux ont été mis en place (sous forme de règlements ou directives au niveau européen, ou de lois ou d'arrêtés au niveau national).

Le bois fait partie de cette liste de 17 matériaux, **mais ne fait l'objet d'aucune directive spécifique**, ni d'une harmonisation réglementaire au sein de l'Union européenne.

• Article 3 et la sécurité alimentaire

Les principes d'inertie et de sécurité alimentaire pour tous les Matériaux au Contact des Denrées Alimentaires (MCDA) sont définis dans l'article 3 de ce règlement.

Ainsi il est inscrit que « Les matériaux et objets, y compris les matériaux et objets actifs et intelligents, sont fabriqués conformément aux bonnes pratiques de fabrication afin que, dans les conditions normales ou prévisibles de leur emploi, ils ne cèdent pas aux denrées alimentaires des constituants en une quantité susceptible : de présenter un danger pour la santé humaine, ou d'entraîner une modification inacceptable de la composition des denrées, ou d'entraîner une altération des caractères organoleptiques de celles-ci. ».

• Article 5 et le matériau « bois »

L'article 5 de ce règlement indique que le bois ne peut pas être assimilé à un matériau d'emballage actif ou intelligent : « Les matériaux et objets actifs destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires sont conçus de manière délibérée pour contenir des constituants "actifs" destinés à être libérés dans les denrées alimentaires ou absorber des substances provenant des denrées alimentaires. Il convient de les distinguer des matériaux et objets traditionnellement utilisés pour libérer leurs ingrédients naturels dans des types particuliers de denrées alimentaires au cours de leur fabrication, comme les fûts en bois. »

• Article 6 et les mesures nationales

L'article 6 rappelle qu'en cas de non-harmonisation, réglementaire du MCDA, alors des mesures nationales peuvent être prises par les États Membres.

• Articles 15, 16 et 17

Trois autres articles importants sont :

– l'article 15 qui signifie les règles d'étiquetage « *convient pour aliments* » ;

– l'article 16 qui mentionne « *l'obligation d'accompagner les matériaux et objets d'une déclaration écrite attestant leur conformité avec les règles qui leur sont applicables.* ». La déclaration de la conformité au règlement cadre ne couvre pas que les aspects en lien avec la sécurité sanitaire, mais également la mise en place par le fabricant d'emballage en bois des bonnes pratiques de fabrication, d'un système de traçabilité ;

– l'article 17 qui rappelle la notion de traçabilité à tous les stades de la fabrication de l'emballage.

■ Règlement CE 2023/2006

En complément, vient le règlement cadre CE 2023/2006 qui définit les Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF) des matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires.

• Article 4

Il spécifie notamment en Article 4 que l'entreprise doit s'assurer que « *les opérations de fabrication sont réalisées conformément aux BPF* ».

• Article 5

L'article 5 indique que « *l'exploitant d'entreprise établit et met en œuvre un système d'assurance de la qualité efficace et documenté et il veille au respect de celui-ci.* ».

• Articles 6

L'article 6 est dédié au système de contrôle de la qualité : « *l'exploitant d'entreprise établit et maintient un système efficace de contrôle de la qualité* ».

• Article 7

Et l'article 7 spécifie que « *l'exploitant d'entreprise crée et tient une documentation appropriée en format papier ou électronique portant sur les spécifications, les formules de fabrication et les transformations qui présentent un intérêt du point de vue de la conformité et de la sécurité du matériau ou de l'objet fini.* ».

■ Norme NIMP 15

Au niveau européen, la norme NIMP 15 (*ISPM 15* en anglais) (Norme Internationale de Mesures Phytosanitaires n° 15), adoptée le 23 août 2003, a pour objectif d'uniformiser les mesures à appliquer afin d'éviter l'infestation des forêts d'un pays importateur par des nuisibles présents dans le bois des emballages.

1.2 Règlementation française

En France, la réglementation nationale concernant le matériau bois en tant que MCDA est la plus avancée en Europe. En effet, le bois se soumet aux règlements européens, mais également à 4 textes nationaux (voir le *Pour en Savoir plus*) :

- le décret 2008-1469 ;
- le code de la consommation ;
- l'arrêté de 1945 ;
- la note d'information « Fiche matériau bois n° 2012-93 / DGC-CRF » (figure 1).

■ Code de la consommation et décret 2008-1469

Ainsi, le code de la consommation rappelle le principe d'inertie des emballages en contact avec des denrées alimentaires.

Puis, le décret 2008-1469 définit la liste, entre autres :

- des substances autorisées pour la fabrication de MCDA ;
- les limites spécifiques ou globales de migration de certains constituant dans ou sur les denrées alimentaires ;
- des prescriptions relatives à la déclaration écrite attestant la conformité des MCDA.

■ Arrêté du 18 novembre 1945 (JORF 1945)

Cet arrêté donne la liste des essences de bois pouvant être utilisées pour le contact alimentaire, initialement sur les instruments de mesure, étendu aux récipients destinés au stockage et conservation des boissons et denrées alimentaires dans la circulaire du 28 octobre 1980.

Ainsi, la liste des essences de bois admises dans l'arrêté du 15 novembre 1945 a évolué et aujourd'hui, pour tout type d'aliments, sont acceptées les essences de bois traditionnellement utilisées en France et provenant de pays tempérés européens tels que les Aulne, Bouleau, Charme, Châtaignier, Chêne, Douglas, Épicéa, Frêne, Hêtre, Olivier, Pin Maritime, Pin sylvestre, Peuplier, Platane, Robinier, Sapin, Tremble et pour les contacts avec des solides alimentaires, les Hêtre, Noyer et Orme.

■ Note d'information n° 2012-93

Plus récemment, afin d'actualiser la réglementation, la DGCCRF a communiqué une note d'information n° 2012-93 sur le cas du bois au contact alimentaire.

La fiche du matériau bois a pour but de présenter les modalités de vérification de l'aptitude au contact alimentaire du bois en l'absence de texte réglementaire ; elle n'est pas opposable.

Elle prend en référence les textes réglementaires à utiliser (notamment ceux des matières plastiques, des papiers et cartons, des produits chimiques,...). Elle rappelle les essences de bois utilisées en fonction du type d'aliment et les réglementations applicables en cas :

- de traitements antifongiques ;
- d'utilisation d'encres, vernis, peinture, adhésifs ;
- de revêtements.

Cette fiche n'autorise pas de traitement chimique du bois à une seule exception : les traitements contre le bleuissement du bois (traitement antifongique). Elle fixe les méthodes normées d'évaluation de certaines substances, ainsi que leur limite d'acceptabilité dans le bois.

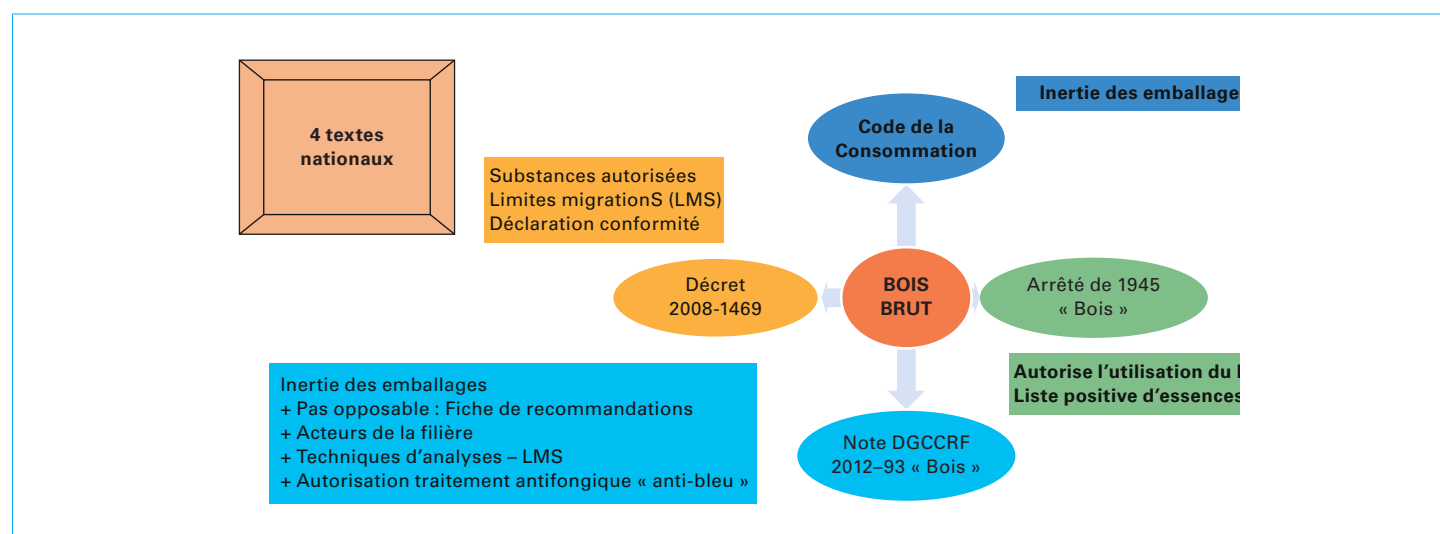


Figure 1 – Règlementation française sur le bois comme Matériau Contact Denrées Alimentaires (MCDA)

La fiche ne donne pas d'indications concernant les produits organiques volatils libérés par le bois.

À ce jour, il n'existe pas de limites de migrations globales et spécifiques dans la réglementation française pour le matériau au contact « bois ». Il faut préciser que cette note d'information ne concerne pas les objets en bambou ni les objets en liège. Ces deux matériaux sont soumis à d'autres réglementations.

Une révision de cette note d'information n° 2012-93-DGCCRF est toujours en attente afin de l'implémenter avec des méthodes d'analyse spécifiques au matériau bois et des résultats scientifiques récents quant à l'inertie de celui-ci vis-à-vis de l'aliment.

■ Guides référentiels

D'autre part, il faut noter que la filière emballage bois se dote de Guides référentiels.

Par **exemple**, le Guide de Bonnes Pratiques du Syndicat des Industriels de l'Emballage Léger en Bois (SIEL) donne les lignes directrices d'un point de vue hygiène de fabrication, système documentaire...

Le domaine de la palette bois est, quant à lui, surtout régi par des normes (plus d'une trentaine) concernant :

- la mesure de l'humidité des palettes ;
- la réparation des palettes ;
- la qualité d'assemblage des palettes neuves...

■ Certification PEFC

Enfin, pour être utilisés dans le domaine de l'emballage, les bois doivent être certifiés *PEFC* (Programme de reconnaissance des certifications forestières (*PEFC*, en anglais : *Pan European Forest Certification* devenu *Program for the Endorsement of Forest Certification schemes*)).

Cette certification promeut des règles de gestion durable de la forêt en :

- pérennisant la ressource forestière ;
- préservant la biodiversité ;
- garantissant le respect de ceux qui possèdent les forêts, y vivent et y travaillent ;
- maintenant un équilibre entre production, environnement et accueil des usagers de la forêt.

Remarque

Par ailleurs, dans la filière emballage légers en bois, les industriels financent la replantation *via* une opération nationale « *Merci le Peuplier* », c'est-à-dire le financement volontaire et responsable de la ressource (<https://www.peupliersdefrance.org>).

2. Les emballages en bois pour le contact alimentaire : éléments déterminants

L'échange de molécules entre un emballage ou un objet et l'aliment à son contact est régi par un certain nombre de facteurs.

Dans l'article 3 du règlement CE 1935/2004 (voir § 1.1 et le *Pour en Savoir plus*), deux termes sont importants dans l'évaluation de l'aptitude au contact alimentaire, il s'agit de la **composition** et de la **quantité**. En effet, derrière ces deux mots, se dessine toute la problématique de la sécurité alimentaire, à savoir quelle(s) substance(s) et quelle quantité de cette (ces) substance(s) représentante(nt) un risque pour le consommateur.

Puis, une autre partie de cet article pèse également de toute son importance, avec l'indication « *dans les conditions normales ou prévisibles de leur emploi* » qui nous amène à nous interroger sur la notion de **température, de temps, de mode de contact et d'aliment en contact** entre l'emballage et son produit dans les conditions d'utilisations prévues.

Remarque

Nous voyons ici se dessiner les **5 facteurs qui influencent les échanges entre le matériau et le produit à son contact**, à savoir :

- **le matériau** (§ 2.1) :
 - sa composition,
 - sa cohésion,
 - sa capacité à retenir ou libérer des substances ;
- **les substances présentes dans le matériau** (§ 2.2) : leur capacité à la mobilité (nature, taille, volatilité) ;
- **l'aliment en contact** (§ 2.3) :
 - type d'aliment (gras, sec, humide,...),
 - type de contact (direct ou indirect) ;
- **l'environnement du produit emballé** : température, l'humidité ;
- **le temps de contact « matériau – aliment ».**

2.1 Le matériau

2.1.1 Essences utilisées en France

Pour le cas du bois, sa particularité est d'être un matériau issu du milieu naturel. Ainsi, sa composition dépend essentiellement du type d'essence, et également, dans une moindre mesure, du lieu géographique de la culture et de l'âge de l'arbre à la récolte.

Les principales essences de bois utilisées pour la fabrication des emballages en bois destinés au contact alimentaire en France sont :

- le peuplier (77 %) qui entre dans la composition des emballages légers, tels que cagettes, bourriches d'huîtres, boîtes de fromage ;
- le pin maritime (8 %) dans la fabrication des caisses palettes, pallox, palettes ;
- d'autres bois sciés : épicea, chêne, olivier...

2.1.2 Composition du matériau bois

Quelle que soit l'essence, le bois est constitué de trois polymères en proportions variables en fonction des essences :

- la **cellulose** (40 à 60 %) qui constitue les zones cristallines (près de 70 %) ;
- l'**hémicellulose** (25 à 30 %) ;
- la **lignine** (25 à 30 %) constituant les zones amorphes.

L'ensemble de ces polymères se trouve dans les parois des cellules constituant les tissus du bois.

Au sein de ces tissus, un certain nombre de composés organiques de plus faibles poids moléculaires, appelés « extractibles », sont présents dans une proportion allant de 5 à 20 %. Les extractibles sont constitués de molécules lipophiles (acides gras, terpènes, terpénoïdes, résines) et hydrophiles (sucres, polyphénols), constituant un potentiel de molécules plus ou moins volatiles et mobiles ([1], [2], [C 925])

2.1.3 Propriétés du matériau bois

Les études menées sur le transfert de micro-organismes, qui peuvent exister entre une surface et un aliment en contact direct, sont peu nombreuses. L'étude sur le modèle « cagette de peuplier / pommes Golden » a permis d'étudier un scénario sévère de contamination intentionnelle du bois et d'évaluer le taux de transfert des bactéries et des moisissures à la pomme [3].

Ainsi, des micro-organismes ont été inoculés volontairement sur des échantillons de peuplier : *Penicillium expansum* et *Escherichia coli*. Les résultats obtenus montrent que le peuplier est un matériau avec des propriétés antimicrobiennes qui limitent la survie de bactéries (mortalité d'*E. coli*, danger reconnu pour la filière Fruits & Légumes). Même dans des conditions de contamination très sévères du bois (non réalistes), le taux de transfert est particulièrement faible ($\leq 0,25\%$) [4].

Ces résultats, associés à d'autres études, montrent que le bois est apte au contact alimentaire.

2.2 Les composés du matériau bois

2.2.1 MCDA et composition chimique

D'une manière générale, si la composition du matériau est connue (notamment grâce au certificat d'alimentarité fourni par le fabricant), alors la connaissance des substances le composant (et intentionnellement ajoutées), ainsi que de leurs concentrations respectives, seront des informations précieuses pour faire l'évaluation de l'aptitude au contact alimentaire.

Dans le cas idéal, ces substances constituant le matériau doivent être inscrites sur une liste positive. Cette liste regroupe les substances autorisées pour la fabrication des objets et matériaux destinés au contact alimentaire, ainsi que leur teneur maximale autorisée dans le matériau et/ou leur teneur maximale autorisée dans le produit alimentaire.

La teneur maximale autorisée d'une substance est définie à partir de données toxicologiques la concernant. Ces données toxicologiques, couplées à la connaissance de la consommation humaine en aliments, permettent de définir des doses quotidiennes autorisées exprimées en $\mu\text{g}/\text{kg}$ de poids corporel/jour.

Dans le cas d'un additif alimentaire, la teneur maximale est exprimée en mg de substance/ kg d'aliment.

Dans le cas de la migration à partir d'un emballage, elle s'appelle Limite de Migration Spécifique (LMS) et est exprimée en mg/kg d'aliment au contact de l'emballage.

Ces deux valeurs peuvent être associées à la molécule dans une liste d'autorisation réglementaire. Par exemple, dans le cas d'une LMS, la migration de la substance (exprimée en mg/kg d'aliment) devra être quantifiée et conforme à la réglementation en vigueur.

Dans la pratique, il a été largement rapporté qu'il existe également dans la composition de certains matériaux des substances non intentionnelles (substances apparues suite à un traitement, ou issues de réactions de dégradation, ou issues d'impuretés) appelées NIAS (*Non-Intentionally Added Substances*, en français « substances non intentionnellement ajoutées »).

Dans ce cas, la détermination de l'aptitude au contact alimentaire passe par :

- une identification de ces substances [5] ;
- une évaluation de leur potentialité toxique (à l'aide de logiciels ou par des biotests *in vitro*) [6] ;
- une estimation de leur teneur dans l'aliment au contact, le cas échéant.

2.2.2 Bois et composition chimique

Étant donné que le bois utilisé comme matériau d'emballage pour les aliments est un bois naturel et non traité, il existe très peu d'études sur les molécules libérées par le bois (en dehors de celles concernant la bonification du vin).

Cependant, les études récentes réalisées sur le peuplier et le pin, secs et non traités, montrent que, même si de nombreuses molécules sont libérées et détectées, elles ne constituent pas un danger pour le consommateur ([7] [8]).

En France, les constituants des produits utilisés pour le nettoyage des MCDA doivent être autorisés par la législation nationale. Ils peuvent être soumis à :

- des critères de pureté chimique ;
- des seuils de concentration minimale ou maximale ;
- des conditions d'emploi (JORF du 27 décembre 2013).

Pour une utilisation dans le domaine alimentaire, les produits utilisés pour la désinfection doivent être autorisés conformément à la réglementation « Biocides ». La composition chimique de ces produits et les modalités de stockage et de leur utilisation (température, concentration, durée de contact) doivent être compatibles avec les MCDA traités.

Les traitements du bois sont également réglementés. Aucun traitement chimique n'est autorisé pour les bois destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires.

Remarque

Cependant, ce principe connaît une exception : le traitement antifongique dit « anti-bleu » pour les conteneurs de fruits et légumes (DGCCRF n° 2012-93).

Outre la question de la composition du bois (duramen et aubier), et des traitements chimiques du bois, nous pouvons citer la contamination du vin par le 2,4,6-trichloroanisole (TCA). Il faut souligner que le liège est « non concerné par la fiche matériau Bois DGCCRF n° 2012-93 » (§ 1.2).

Dans le monde du vin, on fait référence au TCA qui serait le principal responsable de 95 % des cas de contaminations. Le liège bouchonnable (apte à être transformé par taille pour fabriquer des bouchons naturels), représentant une petite fraction de la production totale de liège, est principalement cultivé au Portugal et Algérie. Ainsi, le logo CorkMark mis en place au niveau international permet d'identifier les bouchons produits à plus de 51,5 % de liège véritable et fabriqué selon un guide drastique pour éviter une contamination par TCA [9].

Le TCA est une molécule aromatique ayant un seuil de perception olfactive d'à peine plus de 4 nanogrammes.

Ainsi, une concentration de 4.10^{-9} g par litre suffisent à donner ce « goût de bouchon » au vin.

La méthode de dosage du 2,4,6-trichloroanisole (TCA) relargable par les bouchons en liège est donnée dans la norme ISO 20752 : 2007.

2.3 L'aliment en contact

L'aliment lui-même et le type de contact contenant-contenu seront déterminants dans les éventuels échanges avec le bois. La composition de l'aliment va intervenir au niveau de l'affinité entre les substances issues du bois et l'aliment. Cette affinité est régie par un coefficient de partage entre les deux milieux qui constituent le bois, d'un côté, et l'aliment, de l'autre.

Dans le domaine des emballages en bois, les produits emballés sont des solides (avec des taux d'humidité variables), et dans ce

cas, le paramètre déterminant est le type de contact entre le bois et l'aliment.

Il a été montré, par **exemple**, que pour une cagette de pommes, le contact direct entre les pommes et le bois représente seulement 20 % de la surface totale de la cagette.

Ce pourcentage tombe à 3 % pour une bourriche d'huitres [3].

Ces données sont primordiales lors d'étude de migrations de molécules chimiques ou de micro-organismes. En effet, ces données permettent d'appliquer un facteur correctif reflétant les taux de migrations réels, notamment lors d'études d'Appréciation Quantitative du Risque.

Ainsi, les substances concernées par une migration n'étant pas les mêmes lorsque l'aliment est solide ou liquide, les tests de migration devront prendre en compte cette réalité, et s'intéresser aux substances volatiles.

Pendant de nombreuses années, seule la migration par contact direct était étudiée. Mais quelques cas de contamination par contact indirect ayant été constatés, la commission européenne a proposé l'utilisation du Tenax® comme simulant des aliments secs (dans le règlement UE 10/2011 spécifique aux matières plastiques).

Ce polymère est également préconisé pour l'étude de la migration spécifique de substances issues d'emballages secondaires en carton et possède des propriétés absorbantes importantes qui, comme le montrent certains résultats comparatifs entre l'aliment réel et le simulant, conduisent à une évaluation surestimée de la migration ([10] [11]).

2.4 La température et l'humidité relative

Quels que soient les processus (physico-chimiques ou cinétiques) mis en jeu, l'ensemble des phénomènes qui conduisent à la migration de substances sont dépendants de la température, selon une loi exponentielle de type Arrhenius. Cela a été montré également pour le bois avec divers simulants [7].

En ce qui concerne l'humidité relative, cela peut provoquer un phénomène de gonflement du bois. En effet, la présence de groupements hydroxyles dans la cellulose et dans l'hémicellulose permet une absorption d'eau, surtout au niveau des zones amorphes (imputées à l'hémicellulose) [C 925].

2.5 Corrélation entre les conditions réelles et de tests

L'objectif d'un test de migration est de pouvoir faire l'évaluation dans un temps limité, mais dans des conditions représentatives des conditions réelles, ce que l'on appelle des « conditions simulées ». Ces conditions définissent :

- un temps de contact ;
- une température ;
- un aliment simulé.

Pour le bois, en 2015, une étude financée par le SIEL (Syndicat des Emballages Légers en bois) montre que les tests peuvent être réalisés à 40 °C pendant 10 jours avec le Tenax comme simulant des aliments, conditions déjà préconisées par d'autres études pour le carton ([11] [7]).

3. Exemples d'études – Enjeux industriels

Ces dernières années, des travaux scientifiques et techniques sur le bois ont confirmé le principe d'inertie microbiologique, chimique et organoleptique vis-à-vis de l'aliment qu'il contient, ce qui permet de répondre aux attentes des consommateurs, aux attentes de l'industrie agro-alimentaire et de la distribution par rapport à la maîtrise de la sécurité alimentaire des emballages en bois.

Les tests d'inertie sont réalisés dans les conditions simulant celles pour lesquelles le matériau bois doit être utilisé.

3.1 Inertie microbiologique

3.1.1 Méthodes d'analyses microbiologiques du bois – MCDA

Ce paragraphe permet d'informer toutes les personnes effectuant des analyses des MCDA sur les outils méthodologiques disponibles afin d'évaluer le statut microbiologique du matériau bois destiné au contact alimentaire direct.

Il existe :

- des **méthodes dites « non-destructives »** ne nuisant pas aux surfaces avant l'analyse microbiologique (§ 3.1.1.1) ;
- des **méthodes « destructives »** qui pourraient endommager les surfaces cibles, mais cependant nécessaires lors de certains contrôles (§ 3.1.1.2).

3.1.1.1 Les méthodes « non-destructives » adaptées au bois :

■ Méthode par empreinte

Le but est de réaliser une empreinte de micro-organismes présents sur la surface solide d'intérêt.

L'avantage de cette méthode est d'être utilisée sans préparation d'échantillon. Cependant, la surface testée doit être assez propre pour donner un résultat acceptable et exploitable c'est-à-dire sans un nombre élevé de colonies.

Parmi les méthodes de prélèvement par empreinte les plus courantes se trouvent :

- les boîtes de gélose – contact (dites aussi « boîtes de Rozier-Pantaléon ») ;
- les lames gélosées ;
- les films enduits de gélose.

■ Méthode de brossage ou par frottis

Cette méthode est utilisée pour l'échantillonnage de grandes surfaces (> 100 cm²).

La norme ISO/FDIS 18593 : 2018 recommande des éponges ou des tissus stériles (nommées « chiffonnettes ») en remplacement des boîtes-contact.

■ Écouvillonnage

Couramment utilisée sur les surfaces en plastique, l'acier inoxydable et le bois, cette méthode, recommandée par la norme ISO/FDIS 18593 : 2018, permet le prélèvement d'échantillons à partir de surfaces à la topographie variée et difficile d'accès.

Les avantages techniques de ces méthodes « non destructives » sont :

- l'analyse de grandes surfaces à partir desquelles plusieurs micro-organismes pourront être recherchés ;
- un prélèvement rapide ;
- peu de manipulations.

Les inconvénients sont :

- la sous-estimation de la contamination microbienne, de par le faible décrochage des micro-organismes ;
- l'impossibilité d'évaluer la contamination microbienne des couches intérieures des matériaux.

■ Méthode par microscopie confocale spectrale

Cette méthode a été mise au point récemment dans le cas du matériau bois.

Son objectif est de détecter et imager les bactéries sur les surfaces de bois non traitées permettant d'évaluer l'état d'hygiène du matériau [12].

3.1.1.2 Les méthodes « destructives » adaptées au bois

■ Rinçage et immersion

La méthode de rinçage existe sous multiples variations selon différentes études. La surface d'intérêt (copeaux ou morceaux de surface) ou l'outil d'échantillonnage (tampon, une éponge) est placé dans un sac filtrant pour Stomacher.

La solution de rinçage est recueillie dans des conditions stériles pour une analyse microbiologique.

■ Sonication

Le passage dans un bain à ultrasons permet de nettoyer ou désinfecter la surface d'un matériau en décrochant la flore adhérente par rupture des membranes cellulaires ou des agrégats moléculaires [13].

D'autres méthodes permettent un décrochage par ultrasons à l'aide d'un sonotrode (dans ce cas le test est non destructif) [14], ou bien en couplant un système de pression sous vide à la sonication pour récupérer les bactéries et les spores fongiques à partir de surfaces en bois [15].

■ Broyage et rabotage

Ces deux méthodes s'appliqueront à extraire les micro-organismes de la surface et des sous-couches du bois permettant une meilleure évaluation de la charge microbienne.

Le broyage s'adapte aux surfaces d'épaisseur inférieure à 0,5 cm [15], tandis que le rabotage s'adaptera aux surfaces en bois d'épaisseur supérieure à 0,5 cm [16].

Une étude comparative des trois méthodes d'extraction des micro-organismes, à partir de surfaces en bois, broyage, brossage (frottis) et rabotage, a été réalisée. Trois micro-organismes modèles, considérés comme « dangers » dans l'industrie agroalimentaire : *Escherichia coli* (filière légumes), *Listeria monocytogenes* (filière produits laitiers), et *Penicillium expansum* (filière fruits), et 3 essences de bois brut peuplier, pin maritime et épicéa, ont été choisies.

Une des principales conclusions est que la technique de broyage donne le meilleur rendement d'extraction avec une moyenne de :

- 30,1 % pour *L. monocytogenes* sur l'épicéa et *E. coli* sur le peuplier ;
- 30,4 % pour *P. expansum* sur peuplier humide [17].

3.1.2 Bois : barrière au développement des micro-organismes

Comme il a été décrit au § 1.1 de cet article, l'inertie microbiologique de l'emballage vis-à-vis de son contenu est une exigence du Règlement Cadre Européen N° 1935-2004. Ainsi, plusieurs travaux ont eu pour objectif d'étudier, de quantifier, de qualifier l'inertie microbiologique du matériau bois vis-à-vis des denrées alimentaires.

En 2016, une revue scientifique internationale, basée sur plus de 80 études scientifiques, mettait en exergue que le bois était microbiologiquement sain, donc hygiénique [18].

Les conclusions de cette étude montrent que le bois peut être utilisé comme barrière aux micro-organismes préjudiciables, tant d'un point de vue de l'altération de l'aliment en contact, que pour la santé du consommateur. Cette propriété est particulièrement utilisée par les filières des fruits & légumes, les produits de la mer et les produits laitiers.

■ Caractéristiques anatomiques et propriétés intrinsèques

En effet, les propriétés intrinsèques du bois empêchent la survie et la multiplication des micro-organismes redoutés à son contact :

- les **propriétés antimicrobiennes naturelles** du matériau bois ont été décrites dans plusieurs études scientifiques, et notamment, un effet *anti-Listeria* a été décrit pour les planches d'affinage en Épicéa : cet effet est recherché par la filière de production de reblochon [19] ;

- la **porosité** du bois présente une surface interne considérable provoquant des échanges hygrométriques importants qui entraînent les micro-organismes en profondeur. Ainsi, les micro-organismes sont piégés dans ces pores sans nutriment ni oxygène, ce qui entraîne leur mortalité ;

- le **pH** de l'essence de bois en question joue également un rôle « antimicrobien ». En effet, un pH acide (du Frêne pH = 6 au Pin Douglas pH = 3-4) défavorisera la croissance ou la survie des micro-organismes au contact du bois.

Ces caractéristiques anatomiques du bois ont permis de démontrer que ce matériau peut être qualifié de **matériau hygiénique**.

■ Études scientifiques et leurs conclusions

- **En 2012**, une étude comparative des numérations de micro-organismes (Nombre total d'aérobies (TAC), Entérobactéries, *Escherichia coli*, moisissures, levures, et *Staphylococcus aureus*) a été effectuée au cours de la fabrication de pâtes fraîches sur une ligne de production d'éléments en bois, *versus* une ligne de production d'éléments en plastique [20].

Cette étude a mis en évidence que le nombre de micro-organismes (UFC / 20 cm²) était significativement plus faible sur les cadres en bois que sur les cadres en plastique. De même, 30 % des échantillons prélevés sur des cadres en plastique dépassaient 200 UFC / 20 cm² alors que, pour les échantillons prélevés sur des cadres en bois, la proportion n'était que de 3 %.

Les auteurs ont conclu à l'aptitude du bois d'un point de vue hygiénique et technologique pour une utilisation dans l'industrie alimentaire des pâtes.

- **En 2014**, une étude, réalisée sur le Peuplier, l'Épicéa et le Pin maritime brut, a permis de démontrer qu'une réduction drastique des micro-organismes (d'un facteur allant de 20 à 200) sur ces bois est observée après seulement 24 heures de contact [21].

Un autre résultat significatif est le très faible taux de transfert de micro-organismes du bois vers l'aliment en contact direct.

- **Deux études récentes** sur le transfert « Bois (Peuplier)-aliment sec (pomme) » et « Bois (Épicéa)-Aliment humide et gras (fromage) » démontrent que 99 % des micro-organismes ne migrent pas du bois vers l'aliment, maîtrisant l'altération et la contamination du produit ([3] [22]).

- Des travaux ont été menés sur la **contamination croisée microbiologique** des planches à découper en bois *versus* planches à découper en plastique ou en marbre.

Des bactéries ont été inoculées au centre des planches. Après les avoir laissées tremper, les avoir lavées avec des détergents puis séchées, il a été constaté que les bactéries ne se multipliaient pas sur la planche en bois contrairement aux autres matériaux.

Au contraire, le bois piègeait naturellement des micro-organismes grâce à sa porosité. Après 12 h de contact, le nombre de bactéries avait réduit de 98 % [23].

- Les palettes en bois jouent un rôle important dans le transport des denrées alimentaires, mais rarement en contact direct avec les aliments. Une **étude comparative du comportement hygiénique des palettes bois et des palettes plastiques** démontre que le bois absorbe les bactéries, qui ne peuvent plus être récupérées vivantes à sa surface.

A *contrario*, les bactéries survivent à la surface des palettes plastique neuves et peuvent être transférées sur d'autres surfaces engendrant une contamination croisée. Les abrasions sur le plastique usagé ont tendance à permettre aux bactéries de persister dans un état viable.

Les auteurs concluent que le choix du bois ne peut être remis en cause pour des raisons hygiéniques, notamment par les propriétés antimicrobiennes naturelles de ce matériau [24].

■ Désinfection et nettoyage du matériau bois

Une étude récente a été menée sur l'évaluation de l'efficacité du nettoyage et de la désinfection thermique des planches d'affinage en bois afin de garantir la sécurité sanitaire des fromages. La survie de *Listeria monocytogenes* en surface et à l'intérieur des planches d'affinage en bois a été étudiée. Aucune *L. monocytogenes* n'a été extraite des blocs d'Épicéa (sur 2 mm d'épaisseur) après nettoyage et désinfection thermique (à 80 °C et 65 °C).

Ces résultats ont confirmé l'efficacité du processus de décontamination habituellement appliqué dans les alpages autrichiens, ainsi que dans d'autres pays comme la France et la Suisse.

Les auteurs ont mis en évidence que les planches d'affinage en bois n'influent pas sur la sécurité hygiénique des fromages en contact direct. Les auteurs ont conclu qu'« **il n'y a aucune raison de remplacer le bois utilisé dans les processus d'affinage du fromage par d'autres matériaux** » tant que les procédures de nettoyage sont scrupuleusement suivies [25].

3.2 Inertie chimique : démarche pour l'évaluation de l'aptitude au contact alimentaire

Pour évaluer l'aptitude au contact alimentaire d'un matériau dont on ne connaît pas précisément la composition (cas du bois), une démarche en 4 étapes peut être mise en place (figure 2).

■ Première étape de l'évaluation de l'aptitude au contact alimentaire

Il s'agit de l'identification des molécules susceptibles de migrer. En effet, certaines substances présentes dans la partie extractible du bois, sont des composés organiques volatils – donc très mobiles – de diverses familles (acides, cétones, aldéhydes, alcools, ester, terpènes,...).

■ Deuxième étape : évaluer leur danger pour le consommateur.

Cette évaluation passe par une recherche d'antériorité pour chaque substance, ce qui consiste à rechercher si :

- elles sont répertoriées dans les listes des molécules autorisées pour le contact alimentaire, et donc évaluées d'un point de vue toxicologique ;
- elles entrent dans la composition d'espèces végétales utilisées dans les aliments (aromates, plantes,...).

Remarque

Listes consultables (non exhaustives) :

- CE 10/2011 (liste des substances autorisées dans les matériaux plastiques au contact alimentaire) ;
- CE 1334/2008 (liste des additifs alimentaires) ;
- CE 872/2012 (liste des arômes alimentaires) ;
- avis consultatifs de l'EFSA (European Food Safety Authority).

- **Si cette substance est bien répertoriée dans une de ces listes, et qu'il n'y a pas de restriction vis-à-vis de son utilisation dans les aliments ou au contact des aliments**, alors l'utilisation de l'essence de bois ne pose pas de problème de sécurité alimentaire.

- **Si cette substance est répertoriée dans une de ces listes, avec une quantité limite autorisée dans l'aliment**, alors l'utilisation de l'essence de bois pourra être envisagée en respectant cette quantité limite.

■ Troisième étape dans la démarche d'évaluation

Si cette substance n'est pas répertoriée dans ces listes, et qu'aucune donnée toxicologique n'existe à son sujet, il est possible de déterminer la toxicité probable de cette molécule, par comparaison avec des molécules de structure chimique proche pour lesquelles des données de toxicités sont connues.

Ainsi, à partir, du numéro CAS (*Chemical Abstract Service*) ou de la structure chimique de la substance (sous la forme de code *SMILES (Simplified Molecular Input Line Entry Specification)*), il est possible de déterminer si cette molécule possède une alerte structurale de toxicité, de génotoxicité et de cancérogénèse, à l'aide de logiciels utilisant des bases de données de molécules (*TTC*, leur potentiel mutagène, ou cancérogène) [*QSAR Toolbox*, *Toxtree*] et des arbres de décisions (statistiques) ([26] [27]).

■ Quatrième étape de l'évaluation

Enfin, pour les molécules pour lesquelles une alerte structurale a été trouvée, la dernière étape de l'évaluation consiste à déterminer l'exposition humaine à cette molécule [28]. L'exposition est calculée à partir de la quantité de la substance qui migre dans l'aliment et de la consommation journalière de cet aliment :

On peut aussi déterminer la toxicité probable de cette molécule par la réalisation de biotests *in vitro* (techniques mises en place pour les papiers et cartons [6]).

$$\text{Exposition} = \text{quantité migrée} (\mu\text{g/g d'aliment}) \times \text{consommation} (\text{g d'aliment/kg corporel})$$

L'exposition ainsi déterminée doit être inférieure au seuil d'exposition (*TTC*) de la catégorie dans laquelle cette molécule a été classée.

Le concept *TTC (Threshold of Toxicological Concern* ou, en français « seuil de préoccupation toxicologique », a été utilisé par la *FDA (Food and Drugs Administration)* depuis les années 1990 et permet d'évaluer le risque toxicologique d'une substance à partir de sa structure chimique. Ce concept probabiliste utilise des bases de données permettant de classer les molécules en reliant leur toxicité à leur structure chimique. Ainsi, les seuils d'exposition (*TTC*) ont été fixés pour trois différentes classes de substances (Classement de toxicité de Cramer). Voir figure 2.

Cette approche n'est pas utilisable pour quelques catégories de substances, telles que :

- les substances hautement cancérogènes ;
- les substances inorganiques ;
- les métaux et les composés organométalliques ;
- les protéines ;
- les stéroïdes ;
- les polymères ;
- les mélanges de molécules de structures non connues ;
- les nanomatériaux ;
- les substances radioactives ;
- les perturbateurs endocriniens ;
- les molécules susceptibles de bioaccumulation.

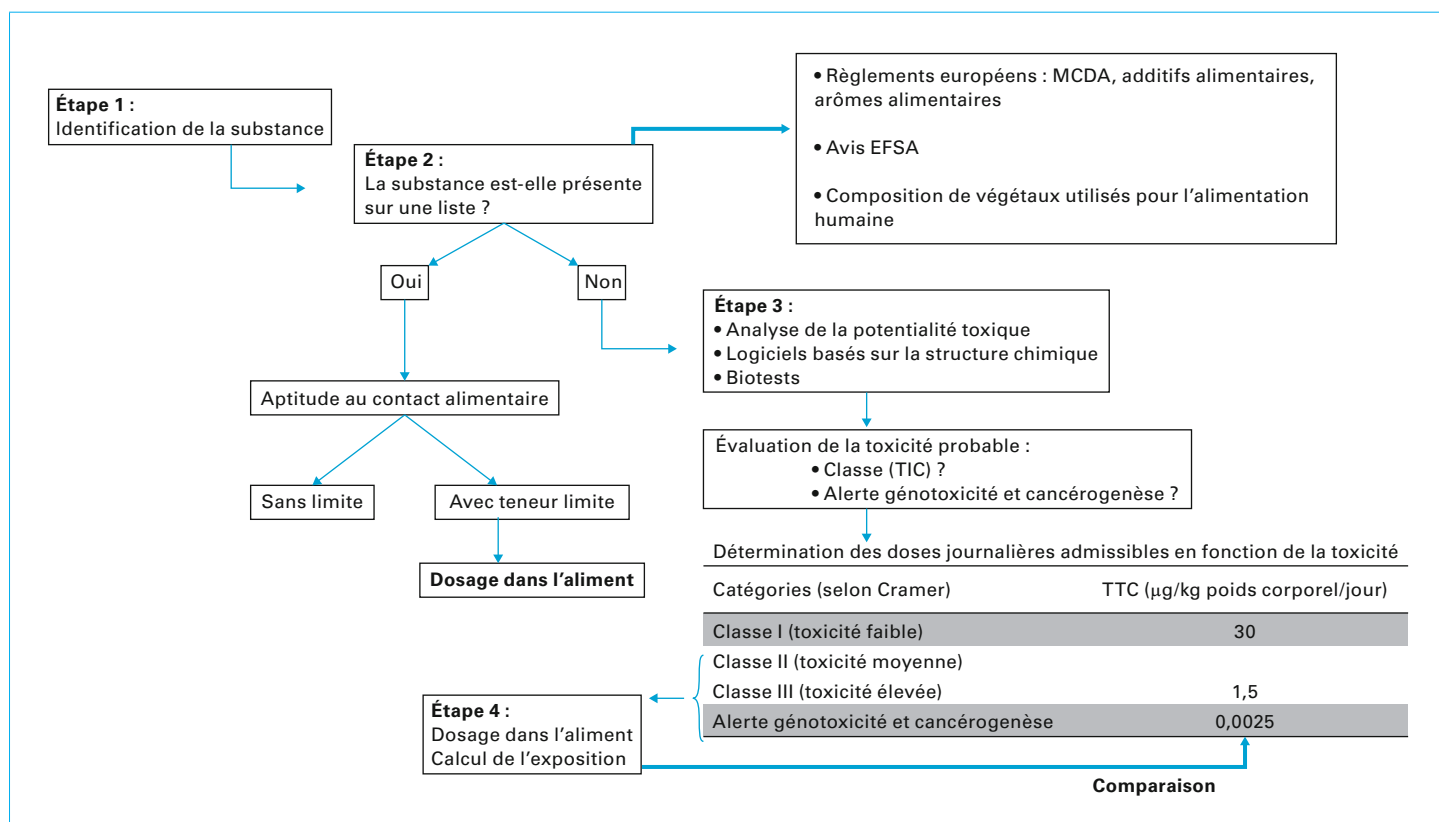


Figure 2 – Démarche d'évaluation du danger d'une substance pour la santé du consommateur et détermination des doses journalières admissibles en fonction de la toxicité

3.3 Enjeux industriels

Le bois est concurrencé par les emballages plastique et carton qui possèdent la réglementation la plus poussée en terme de contact alimentaire.

Pour le domaine du vin, le bois est indispensable dans les échanges bois-vin durant l'élevage en fut, le bois est le seul matériau qui permet ces échanges gazeux entre l'atmosphère et le vin. Déjà utilisé pour des applications traditionnelles (filieres fruits et légumes, fromagerie, vinification, boulangerie, ostréiculture...), l'emballage bois, matériau au contact des denrées alimentaires continue à se développer : barquettes de cuissons...

Les résultats récents obtenus concernant l'aptitude du bois au contact des aliments pourront renforcer son utilisation dans les années à venir.

Aujourd'hui, la notion « d'Économie circulaire » se fait plus prégnante, notamment dans le milieu de l'emballage alimentaire. Le concept d'économie circulaire entend encourager le développement de nouvelles filières industrielles à la fois prometteuses économiquement et indispensables au regard des enjeux écologiques actuels. L'économie circulaire vise à changer le modèle de l'économie dite « linéaire » « extraire, produire, consommer, jeter » en circulaire « réduire (écoconception), récupérer, réutiliser, recycler » les productions en créant des « boucles » de valorisation positives.

L'impact environnemental du bois en tant qu'emballage est quasiment neutre, ceci notamment grâce à la gestion *PEFC*, mais aussi à la gestion et à la valorisation des déchets et sous-produits :

– valorisation matière = recyclage du matériau bois : pâte à papier, panneaux à base de bois, compost, litières animales... ;

– valorisation énergétique = combustion du bois avec récupération d'énergie, fabrication de charbon de bois.

Une analyse de cycle de vie a été réalisée par l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) en 2010 pour quantifier le bilan carbone® des entreprises du SIEL en étudiant le cycle de vie de l'emballage (depuis l'exploitation des peupleraies jusqu'à la fin de vie des produits).

Le bois est favorable à l'environnement :

– 1 tonne d'emballages en bois fabriqués et livrés équivaut à 129 kg eq CO₂ ;

– 1 tonne d'emballages en bois fabriqués sortie d'usine équivaut à 72 kg eq CO₂.

Ces résultats montrent les impacts extrêmement bas sur l'environnement. Son faible impact environnemental lié à son caractère recyclable, et surtout renouvelable, est son principal atout [29].

4. Conclusion

La filière bois a su faire la démonstration de l'alimentarité du bois comme en témoignent les résultats des nombreuses publications récentes sur le sujet.

Le bois, matériau naturel, utilisé depuis des siècles en contact direct avec des aliments est, toujours de nos jours, utilisé dans l'agroalimentaire, car il possède un certain nombre de caractéristiques qui en font un matériau unique :

– ses propriétés antimicrobiennes naturelles permettent de préserver l'aliment des attaques microbiologiques et ont permis de le qualifier de « matériau hygiénique » ;

– son caractère durable attire les consommateurs, et suscite un nouvel intérêt pour son utilisation en tant que matériau emballage alimentaire ;

– sa composition et sa structure particulière sont ses atouts pour des utilisations en tant qu'outil technologique pour l'amélioration des produits agroalimentaires.

5. Glossaire

Alimentarité

Aptitude d'un matériel ou matériau à entrer au contact avec un aliment sans lui céder des constituants en une quantité susceptible :

- de présenter un danger pour la santé humaine ;
- ou d'entraîner une modification inacceptable de la composition des denrées ;

– ou d'entraîner une altération des caractères organoleptiques de celles-ci (principe de sécurité alimentaire ou d'inertie).

Emballage

L'emballage est défini comme tout objet constitué de matériaux de toute nature, destiné à :

- contenir et à protéger des marchandises allant des matières premières aux produits finis ;
- permettre leur manutention et leur acheminement du producteur au consommateur ou à l'utilisateur ;
- assurer leur présentation [AG 6 000].

Matériau Bois

Le bois est un tissu végétal qui assure le rôle de conduction de la sève brute des racines jusqu'aux feuilles et le rôle de soutien mécanique de la plante.

Le matériau bois est un matériau composite naturel et renouvelable, ultra perfectionné à la structure ingénieuse et optimisée [C 925].

Alimentarité des emballages en bois

par **Florence FRICOTEAUX**

Maître de Conférences, ESIReims (École nationale Supérieure d'Ingénieurs de Reims) – URCA (Université de Reims Champagne Ardennes) (Reims, France)

Florence AVIAT

Docteur en Sciences, fondatrice et Présidente YouR Research – Bio-Scientific (Nantes, France)

et **Nadia OULAHAL**

Maître de Conférences (HDR), IUTLyon1, BioDyMIA (Bioingénierie et Dynamique Microbienne aux Interfaces Alimentaires), Université Lyon 1 (Bourg en Bresse, France)
Membre du RMT Chlean Pass

Sources bibliographiques

- [1] STEVANOVIC (T.) et PERRIN (D.). – *Chimie du bois*. Presses Polytechniques et Universitaire Romandes (2009).
- [2] SJOSTROM (E.). – *Wood Chemistry : Fundamentals and Applications*. Second Edition, San Diego, Academic Press Inc (1993).
- [3] MONTIBUS (M.), ISMAÏL (R.), MICHEL (V.), FEDERIGHI (M.), AVIAT (F.) et LE BAYON (I.). – *Assessment of Penicillium expansum and Escherichia coli transfer from poplar crates to apples*, Food Control, 60, 95-102 (2016).
- [4] ISMAIL (R.). – *Bois et contact alimentaire : de la méthodologie d'extraction des micro-organismes à partir du bois à l'évaluation du transfert microbiologique aux aliments cibles*. Thèse de l'École nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation de Nantes-Atlantique (Oniris) (2015).
- [5] NERIN (C.), ALFARO (P.), AZNAR (M.) et DOMENO (C.). – *The challenge of identifying non-intentionally added substances from food packaging materials : A review*. Analytica Chimica Acta 775 14-24 (2013).
- [6] CHAGNON (M.C.). – *Évaluation et gestion des risques Exemple des matériaux d'emballage au contact alimentaire*. Lettre scientifique IFN (Institut Français pour la Nutrition), N° 145 (2010).
- [7] EBRAHIMZADEH MOUSAVI (S.M.A.). – *Migration de molécules volatiles dans un système aliment emballage bois : Modélisation des transferts et mesure des coefficients de diffusion*, Thèse de doctorat INPL / ENSAIA (1998).
- [8] LUDOSKY (D.). – *Emballages légers en bois : étude de la migration des molécules organiques du bois vers un aliment*, Thèse de doctorat Université de Reims (2015).
- [9] VARELA (M.C.). – *Le bon goût de bouchon-Plaïdoyer pour des bouchons en liège*. Journées Techniques du liège, Collobrières (Var, France), Mai 2011, Forêt Méditerranéenne t.XXXIII – n° 1, mars 2012.
- [10] REINAS (I.), OLIVEIRA (J.), PEREIRA (J.), MACHADO (F.) et POÇAS (M.F.). – *Migration of two antioxidants from packaging into a solid food and into Tenax®*. Food Control, 28, 333-337 (2012).
- [11] BRADLEY (E.L.), CASTLE (L.) et SPECK (D.R.). – *Model studies of migration from paper and board into fruit and vegetables and into Tenax™ as a food simulant*. Food Additives & Contaminants : Part A, Vol. 31, No. 7, 1301-1309 (2014).
- [12] DUBREUIL (L.), AVIAT (F.), ANTHOINE (V.), ISMAIL (R.), ROSSERO (A.) et FEDERIGHI (M.). – *Confocal spectral microscopy – an innovative tool for tracking of pathogen agents on contaminated wooden surfaces*. European Journal of Wood and Wood Products, 76 (3), 1083-1085 (2018).
- [13] . – *Guide pratique pour la réalisation d'essais de l'adhésion microbienne à la formation de biofilm*. Edition ACTIA. Anonyme (2015).
- [14] OULAHAL-LAGSIR (N.), MARTIAL-GROS (A.) et BONNEAU (M.) AND BLUM (L.J.). – *Escherichia coli-milk" biofilm removal from stainless steel surfaces : synergism between ultrasonic waves and enzymes*. Biofouling, 19 (3), 159-168 (2003).
- [15] LE BAYON (I.), CALLOT (H.) et KUTNIK (M.). – *Development of microbiological test methods for the wooden packaging of foodstuffs*. In the International Research Group on Wood Protection, IRG, Ed. Biarritz, France (2010).
- [16] ZANGERL (P.), MATLSCHWEIGER (C.), DILLINGER (K.) et ELISKASES-LECHNER (F.). – *Survival of Listeria monocytogenes after cleaning and sanitation of wooden shelves used for cheese ripening*. European Journal of Wood and Wood Products, 68, 415-419 (2010).
- [17] ISMAÏL (R.), AVIAT (F.), MICHEL (V.), LE BAYON (I.), GAY-PERRET (P.), KUTNIK (M.) et FÉDÉRIGHI (M.). – *Methods for recovering microorganisms from solid surfaces used in the food industry : a review of the literature*. International journal of environmental research and public health, 10(11), 6169-6183 (2013).
- [18] AVIAT (F.), GERHARDS (C.), RODRIGUEZ-JEREZ (J.J.), MICHEL (V.), BAYON (I.), ISMAIL (R.) et FEDERIGHI (M.). – *Microbial safety of wood in contact with food : a review*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 15(3), 491-505 (2016).
- [19] MARIANI (C.), OULAHAL (N.), CHAMBA (J.F.), DUBOIS-BRISSENET (F.), NOTZ (E.) et BRIANDET (R.). – *Inhibition of Listeria monocytogenes by resident biofilms present on wooden shelves used for cheese ripening*. Food Control 22(8) : 1357-62 (2011).
- [20] FILIP (S.), ODER (M.) et JEVSNIK (M.). – *Hygienic acceptance of wood in food industry*. Wood Science and Technology, 6(4) : 657-65 (2012).
- [21] ISMAÏL (R.), LE BAYON (I.), MICHEL (V.), JEQUEL (M.), KUTNIK (M.), AVIAT (F.) et FEDERIGHI (M.). – *Comparative study of three methods for recovering microorganisms from wooden surfaces in the food industry*. Food Analytical Methods, 8(5), 1238-1247 (2015).
- [22] ISMAIL (R.), AVIAT (F.), GAY-PERRET (P.), LE BAYON (I.), FEDERIGHI (M.) et MICHEL (V.). – *An assessment of L. monocytogenes transfer from wooden ripening shelves to cheeses : Comparison with glass and plastic surfaces*. Food Control, 73, 273-280 (2017).
- [23] AK (N.O.), CLIVER (D.O.) et KASPAR (C.W.). – *Cutting boards of plastic and wood contaminated experimentally with bacteria*. Journal of Food protection, 57(1), 16-22 (1994).
- [24] BOERSIG (M.R.), CLIVER (D.O.). – *The role of pallets in microbial food safety*. Food Protection Trends, 30(10), 576-579 (2010).
- [25] ZANGERL (P.), MATLSCHWEIGER (C.), DILLINGER (K.) et ELISKASES-LECHNER (F.). – *Survival of Listeria monocytogenes after cleaning and sanitation of wooden shelves used for cheese ripening*. European Journal of Wood and Wood Products, 68 : 415-9 (2010).

- [26] SERAFIMOVA (R.), FUART GATNIK (M.F.) et WORTH (A.). – *Review of QSAR Models and Software Tools for Predicting Genotoxicity and Carcinogenicity*. JRC Scientific and technical Reports EUR 24427 EN (2010).
- [27] PATLEWICZ (G.), JELIAZKOVA (N.), SAF-FORD (R.J.), WORTH (A.P.) et ALEKSIEV (B.). – *An evaluation of the implementation of the Cramer classification scheme in the Toxtree software SAR QSAR Environ Res.* 19(5-6) : 495-524 (2008).
- [28] EFSA. – *Scientific opinion on exploring options for providing advice about possible human health risks based on the concept of Threshold of toxicological Concern (TTC)*. EFSA Journal 10 (7) : 2750 (2012).
- [29] ETUDE ADEME. – *portant sur les emballages industriels : Évaluation environnementale, économique et sociale de l'intérêt comparé entre réutilisation et usage unique*, Rapport final, Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par RDC-Environnement (Contrat n° 0802C0078) (2010).

À lire également dans nos bases

- MILLET (P.). – *Liquides alimentaires – Emballages, conditionnement et caractéristiques*, [AG 6 520] (2015).
- MILLET (P.). – *Liquides alimentaires – Conditionnements spéciaux*, [AG 6 524] (2012).
- TROUY-TRIBOULOT (M.-C.) TRIBOULOT (P.). – *Matériau bois, Structure et caractéristiques*, [C 925] (2012).
- KOZLOWSKI (A.). – *Alimentarité des matériaux – Règlementation*. [M 4 490] (2011).
- KOZLOWSKI (A.). – *Contact alimentaire – Principaux matériaux autorisés*, [F 1 305] (2005).
- KOZLOWSKI (A.). – *Matériaux au contact des denrées-législation et réglementation* [F 1 306] (2005).
- MARCEL (H.). – *Fonction emballage*, [AG 6 000] (2002).
- CHANRION (P.) et FERRO (P.). – *Emballages en bois*, [AG 6 100] (2001).

Outils logiciels

• **QSAR Toolbox**
<https://www.qsartoolbox.org/>

• **Toxtree**
<http://toxtree.sourceforge.net>

Normes et standards

NIMP 15	2003	Norme Internationale pour les Mesures Phytosanitaires N° 15	ISO/FDIS 18593	2018	Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal methods for sampling techniques from surfaces using contact plates and swabs. Genève, Switzerland.
Norme ISO 20752	2007	Bouchon en liège – Dosage du 2,4,6-trichloroanisole (TCA) relargable.			

Réglementations

- RÈGLEMENT (CE) No 1935/2004 du 27 octobre 2004, concernant les matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires et abrogeant les directives 80/590/CEE et 89/109/CEE
- RÈGLEMENT (CE) No 2023/2006 du 22 décembre 2006, relatif aux bonnes pratiques de fabrication des matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires
- DÉCRET n° 2008-1469 du 30 décembre 2008 portant application du code de la consommation en ce qui concerne les matériaux et les objets destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires
- JORF 1945 page 7672, Journal Officiel de la République Française du 18 novembre 1945, fixant la liste des matériaux susceptibles d'être utilisés sans inconvénient pour la santé publique dans la fabrication des instruments de mesure. Disposition de cet arrêté relatives aux verres et aux bois sont étendues aux récipients destinés au stockage et à la conservation des boissons et denrées alimentaires (lettre circulaire du 28 octobre 1980).
- DGCCRF n° 2012-93 Note d'information du ministère de l'Économie et des Finances, Direction Générale de la Consommation, de la Concurrence et de la Répression des Fraudes relative aux matériaux au contact des denrées alimentaires – Cas du bois.
- RÈGLEMENT (CE) No 10/2011 du 14 janvier 2011, concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires
- RÈGLEMENT (CE) No 1334/2008 du 16 décembre 2008, relatif aux arômes et à certains ingrédients alimentaires possédant des propriétés aromatisantes qui sont destinés à être utilisés dans et sur les denrées alimentaires.
- RÈGLEMENT D'EXÉCUTION (UE) No 872/2012 du 1^{er} octobre 2012, portant adoption de la liste de substances aromatisantes et introduction de ladite liste dans l'annexe I du règlement (CE) No 1334/2008
- JORF N° 0300 2013, page 21472, texte n° 18, Journal Officiel de la République Française du 27 décembre 2013 portant sur les fraudes et falsifications en ce qui concerne les procédés et les produits utilisés pour le nettoyage des matériaux et objets destinés à entrer en contact avec des denrées, produits et boissons pour l'alimentation de l'homme et des animaux

Annuaire

Organismes – Fédérations – Associations (liste non exhaustive)

- **SIEL** – Syndicat national des Industries de l'Emballage Léger en Bois
<http://www.emballage-leger-bois.fr>

- **ADEME** – Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
<https://www.ademe.fr>

GAGNEZ DU TEMPS ET SÉCURISEZ VOS PROJETS EN UTILISANT UNE SOURCE ACTUALISÉE ET FIABLE

Techniques de l'Ingénieur propose la plus importante collection documentaire technique et scientifique en français !

Grâce à vos droits d'accès, retrouvez l'ensemble des **articles et fiches pratiques de votre offre, leurs compléments et mises à jour,** et bénéficiez des **services inclus.**



RÉDIGÉE ET VALIDÉE
PAR DES EXPERTS



MISE À JOUR
PERMANENTE



100 % COMPATIBLE
SUR TOUS SUPPORTS
NUMÉRIQUES



SERVICES INCLUS
DANS CHAQUE OFFRE

- > + de 350 000 utilisateurs
- > + de 10 000 articles de référence
- > + de 80 offres
- > 15 domaines d'expertise

- Automatique - Robotique
- Biomédical - Pharma
- Construction et travaux publics
- Électronique - Photonique
- Énergies
- Environnement - Sécurité
- Génie industriel
- Ingénierie des transports
- Innovation
- Matériaux
- Mécanique
- Mesures - Analyses
- Procédés chimie - Bio - Agro
- Sciences fondamentales
- Technologies de l'information

**Pour des offres toujours plus adaptées à votre métier,
découvrez les offres dédiées à votre secteur d'activité**

Depuis plus de 70 ans, Techniques de l'Ingénieur est la source d'informations de référence des bureaux d'études, de la R&D et de l'innovation.

www.techniques-ingenieur.fr

CONTACT : Tél. : + 33 (0)1 53 35 20 20 - Fax : +33 (0)1 53 26 79 18 - E-mail : infos.clients@teching.com

LES AVANTAGES ET SERVICES compris dans les offres Techniques de l'Ingénieur

ACCÈS



Accès illimité aux articles en HTML

Enrichis et mis à jour pendant toute la durée de la souscription



Téléchargement des articles au format PDF

Pour un usage en toute liberté



Consultation sur tous les supports numériques

Des contenus optimisés pour ordinateurs, tablettes et mobiles

SERVICES ET OUTILS PRATIQUES



Questions aux experts*

Les meilleurs experts techniques et scientifiques vous répondent



Articles Découverte

La possibilité de consulter des articles en dehors de votre offre



Dictionnaire technique multilingue

45 000 termes en français, anglais, espagnol et allemand



Archives

Technologies anciennes et versions antérieures des articles



Impression à la demande

Commandez les éditions papier de vos ressources documentaires



Alertes actualisations

Recevez par email toutes les nouveautés de vos ressources documentaires

*Questions aux experts est un service réservé aux entreprises, non proposé dans les offres écoles, universités ou pour tout autre organisme de formation.

ILS NOUS FONT CONFIANCE



www.techniques-ingenieur.fr

CONTACT : Tél. : + 33 (0)1 53 35 20 20 - Fax : +33 (0)1 53 26 79 18 - E-mail : infos.clients@teching.com

Gagnez du temps et sécurisez vos projets en utilisant une source actualisée et fiable



RÉDIGÉE ET VALIDÉE
PAR DES EXPERTS




MISE À JOUR
PERMANENTE



100 % COMPATIBLE
SUR TOUS SUPPORTS
NUMÉRIQUES



SERVICES INCLUS
DANS CHAQUE OFFRE

- > + de 340 000 utilisateurs chaque mois
- > + de 10 000 articles de référence et fiches pratiques
- > Des Quiz interactifs pour valider la compréhension 

SERVICES ET OUTILS PRATIQUES



Questions aux experts*

Les meilleurs experts techniques et scientifiques vous répondent



Articles Découverte

La possibilité de consulter des articles en dehors de votre offre



Dictionnaire technique multilingue

45 000 termes en français, anglais, espagnol et allemand



Archives

Technologies anciennes et versions antérieures des articles



Info parution

Recevez par email toutes les nouveautés de vos ressources documentaires

*Questions aux experts est un service réservé aux entreprises, non proposé dans les offres écoles, universités ou pour tout autre organisme de formation.

Les offres Techniques de l'Ingénieur

INNOVATION

- Éco-conception et innovation responsable
- Nanosciences et nanotechnologies
- Innovations technologiques
- Management et ingénierie de l'innovation
- Smart city – Ville intelligente

MATÉRIAUX

- Bois et papiers
- Verres et céramiques
- Textiles
- Corrosion – Vieillessement
- Études et propriétés des métaux
- Mise en forme des métaux et fonderie
- Matériaux fonctionnels. Matériaux biosourcés
- Traitements des métaux
- Élaboration et recyclage des métaux
- Plastiques et composites

MÉCANIQUE

- Frottement, usure et lubrification
- Fonctions et composants mécaniques
- Travail des matériaux – Assemblage
- Machines hydrauliques, aérodynamiques et thermiques
- Fabrication additive – Impression 3D

ENVIRONNEMENT – SÉCURITÉ

- Sécurité et gestion des risques
- Environnement
- Génie écologique
- Technologies de l'eau
- Bruit et vibrations
- Métier : Responsable risque chimique
- Métier : Responsable environnement

ÉNERGIES

- Hydrogène
- Ressources énergétiques et stockage
- Froid industriel
- Physique énergétique
- Thermique industrielle
- Génie nucléaire
- Conversion de l'énergie électrique
- Réseaux électriques et applications

GÉNIE INDUSTRIEL

- Industrie du futur
- Management industriel
- Conception et production
- Logistique
- Métier : Responsable qualité
- Emballages
- Maintenance
- Traçabilité
- Métier : Responsable bureau d'étude / conception

ÉLECTRONIQUE – PHOTONIQUE

- Électronique
- Technologies radars et applications
- Optique – Photonique

TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

- Sécurité des systèmes d'information
- Réseaux Télécommunications
- Le traitement du signal et ses applications
- Technologies logicielles – Architectures des systèmes
- Sécurité des systèmes d'information

AUTOMATIQUE – ROBOTIQUE

- Automatique et ingénierie système
- Robotique

INGÉNIERIE DES TRANSPORTS

- Véhicule et mobilité du futur
- Systèmes aéronautiques et spatiaux
- Systèmes ferroviaires
- Transport fluvial et maritime

MESURES – ANALYSES

- Instrumentation et méthodes de mesure
- Mesures et tests électroniques
- Mesures mécaniques et dimensionnelles
- Qualité et sécurité au laboratoire
- Mesures physiques
- Techniques d'analyse
- Contrôle non destructif

PROCÉDÉS CHIMIE – BIO – AGRO

- Formulation
- Bioprocédés et bioproductions
- Chimie verte
- Opérations unitaires. Génie de la réaction chimique
- Agroalimentaire

SCIENCES FONDAMENTALES

- Mathématiques
- Physique Chimie
- Constantes physico-chimiques
- Caractérisation et propriétés de la matière

BIOMÉDICAL – PHARMA

- Technologies biomédicales
- Médicaments et produits pharmaceutiques

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS

- Droit et organisation générale de la construction
- La construction responsable
- Les superstructures du bâtiment
- Le second œuvre et l'équipement du bâtiment
- Vieillessement, pathologies et réhabilitation du bâtiment
- Travaux publics et infrastructures
- Mécanique des sols et géotechnique
- Préparer la construction
- L'enveloppe du bâtiment
- Le second œuvre et les lots techniques

OFFRE



Bois et papiers

Misez sur les matériaux du secteur forestier pour mettre en oeuvre des dispositifs avancés ; forte intégration technologique

Ref : TIP590WEB

PRÉSENTATION

Tous les aspects de fabrication et de traitement du bois, une description détaillée des procédés papetiers et des applications du bois dans le domaine de la construction, de l'énergie ou encore de l'emballage,
Un panorama complet des savoirs et outils nécessaires à la fabrication, au travail et à l'utilisation des verres et des verres spéciaux,
Une présentation des textiles traditionnels et techniques, des fibres naturelles et chimiques, de leur intégration et de leur traitement, ainsi que de leurs nombreuses applications,
Un examen précis des peintures et des colorants, de leur formulation jusqu'à leur mise en oeuvre, ainsi qu'une vue d'ensemble de leurs applications industrielles,
Un guide complet des savoirs et des outils pour élaborer, caractériser et mettre en oeuvre les céramiques.
Une base dédiée aux technologies et à l'instrumentation pour l'analyse, la conservation et la restauration des oeuvres d'art et des objets du patrimoine.

VOTRE COMMANDE :

Référence	Titre de l'ouvrage	Prix unitaire H.T	Qté	Prix total H.T
TIP590WEB	Bois et papiers	765 €	1	765 €
Total H.T en €				765 €
T.V.A : 5,5%				42,08 €
Total TTC en €				807,08 €

VOS COORDONNÉES :

Civilité M. Mme

Prénom _____

Nom _____

Fonction _____

E-mail _____

Raison sociale _____

Adresse _____

Code postal _____

Ville _____

Pays _____

Date :

Signature et cachet obligatoire