# Optimisation pour la conception de barrières pour promouvoir l'utilisation de matériaux recyclés pour le contact alimentaire

Natacha DAOUD[1,2], Colette BREYSSE[2], Sandra DOMENEK[1], Olivier VITRAC[1]

[1]UMR 0782 SayFood, INRAE, AgroParisTech, Paris-Saclay University, 91300 Massy, France

[2]IPC Clermont-Ferrand, Biopôle Clermont-Limagne, 63360 Saint-Beauzire

**Introduction**

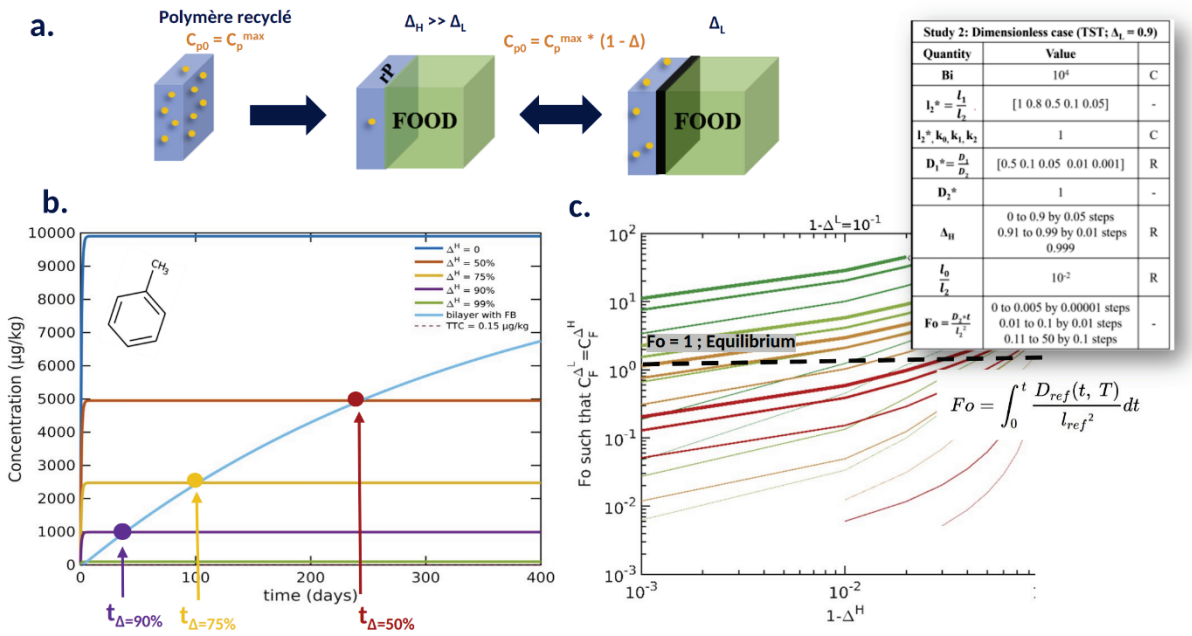
Les politiques environnementales européennes et nationales ont programmé la fin proche des plastiques à usage unique, y compris pour les emballages alimentaires. Pourtant, les plastiques autres que le PET (polyéthylène téréphtalate) ne sont majoritairement pas recyclés pour le contact alimentaire en raison de problèmes de sécurité qu'induirait leur contact direct avec l'aliment. La contamination des flux de recyclage par le biais de contamination croisée à des niveaux dépassant les seuils autorisés est la raison pour laquelle le recyclage des polyoléfines n'est pas autorisé aujourd'hui pour le contact alimentaire direct. L'utilisation d'une couche polymère vierge introduite entre l'aliment et la matière recyclée, appelée barrière fonctionnelle, pourrait s'avérer être une solution pour étendre le recyclage à presque tous les plastiques pour le contact alimentaire. Aujourd'hui, les agences Européenne (EFSA) et Américaine (FDA) n'offrent pas de recommandations concernant leur évaluation et utilisation.Le travail présenté explore numériquement la possibilité de combiner deux effets : la décontamination du matériau recyclé et une barrière fonctionnelle pour permettre une utilisation sûre du matériau recyclé.

**Matériels & Méthodes**

Les cinétiques de migration dans un système multicouches (matériau recyclé non ou partiellement décontaminé/barrière fonctionnelle/aliment) ont été modélisées selon un système 1D **(Figure 1 a,b)**. Ce modèle de transport de contaminants basé sur les lois de Fick et déjà utilisé par le passé (Nguyen et al. 2013, Zhu et al. 2019), remplit les conditions pour évaluer la conformité des matériaux plastiques selon la réglementation Européenne (EC) 10/2011. La contamination se manifestant bien avant le contact entre l'aliment et l'emballage (thermoformage, remplissage à chaud...), l'introduction de paramètres sans dimension ainsi que du temps adimensionné (nombre de Fourier) dans les modèles a permis d'étendre l'analyse à tout type de système (matériau recyclé, substance, application). L'objectif général étant de garantir une durée de vie suffisante tout en préservant la sécurité du consommateur, nous nous sommes intéressés à l'équivalence en termes de temps de protection entre un polymère très fortement décontaminé $\Delta_H$ (99–99.99%) sans barrière fonctionnelle et un même polymère peu décontaminé $\Delta_L$ associé à une barrière fonctionnelle.

**Résultats**

Cette étude a généré des abaques **(Figure 1c)** sur la conception de barrières fonctionnelles en prenant en compte la masse moléculaire du contaminant et le type de polymère utilisé. L'idée d'une protection combinant les avantages de la décontamination et de la protection par ajout d'une couche barrière a donc pu être posée. Le travail actuel recueille les coefficients de diffusion pour les couples polymère recyclé/barrière fonctionnelle réalisables. Il évalue les conditions de migration et les paramètres à prendre en compte dans les prochaines réglementations européennes. Des applications à des systèmes concrets de type barquettes ABA (A : couche de polymère recyclée contaminée ; B : barrière fonctionnelle) seront présentées également.




| Study 2: Dimensionless case (TST: $\Delta_L = 0.9$) | | |
|---|---|---|
| Quantity | Value | |
| Bi | $10^4$ | C |
| $l_2^* = \frac{l_1}{l_2}$ | [1 0.8 0.5 0.1 0.05] | - |
| $l_2^*, k_0, k_1, k_2$ | 1 | C |
| $D_1^* = \frac{D_1}{D_2}$ | [0.5 0.1 0.05 0.01 0.001] | R |
| $D_2^*$ | 1 | - |
| $\Delta_H$ | 0 to 0.9 by 0.05 steps<br>0.91 to 0.99 by 0.01 steps<br>0.999 | R |
| $\frac{l_0}{l_2}$ | $10^{-2}$ | R |
| $Fo = \frac{D_2 \cdot t}{l_2^2}$ | 0 to 0.005 by 0.00001 steps<br>0.01 to 0.1 by 0.01 steps<br>0.11 to 50 by 0.1 steps | - |

Figure 1 : (a) Schéma des deux systèmes considérés avec et sans (couche noire) barrière fonctionnelle, les billes jaunes représentent la quantité de contaminant à l'instant initial ($\Delta_L$ = Low décontamination et $\Delta_H$ = High décontamination) ; (b) Mise en évidence de l'existence de temps équivalents sur un système PP/EVOH/aliment avec le toluène comme contaminant ; (c) Exemple d'abaque obtenue avec les paramètres sans dimensions utilisés.

**Conclusion**

Une méthodologie a été présentée pour la conception de barrière basée sur l'analyse des temps équivalents. La conception de règles pour une barrière fonctionnelle est très utile pour les industries, garantit le respect des spécifications de l'EFSA et montre l'intérêt de combiner deux solutions avec la décontamination pour les petites molécules volatiles et l'ajout d'une barrière pour ralentir la diffusion des grosses molécules.

**Références bibliographiques**

Feigenbaum, A.; P. Dole.; S. Aucejo. ; D. Dainelli. ; C.D.C. Garcia. ; T. Hankemeier, Functional barriers: Properties and evaluation. *Food Addit Contam*, 2005, 22 (10) : 956-967

Franz, R.; F. Welle, Contamination levels in recollected PET bottles from non-food applications and their impact on the safety of recycled pet for food contact. *Molecules* 25, 2020, No.21

Zhu, Y.; P.-M. Nguyen.; O. Vitrac, Risk assessment of migration from packaging materials into food. *Elsevier food science*, 2019, Robertson, G, 64. Amsterdam, NL.