



**HAL**  
open science

## **Imagerie chimique de contaminants des papiers et cartons recyclés : vers une identification de la causalité de la contamination des aliments emballés**

Lucas Biant, Phuong-Mai Nguyen, Murielle Hayert, Hawraa Ayoub, Olivier Vitrac,  
Sandra Domenek

### ► **To cite this version:**

Lucas Biant, Phuong-Mai Nguyen, Murielle Hayert, Hawraa Ayoub, Olivier Vitrac, et al.. Imagerie chimique de contaminants des papiers et cartons recyclés : vers une identification de la causalité de la contamination des aliments emballés. Congrès SFGP 2022 Sciences et Solutions technologiques pour la Transition, Nov 2022, Toulouse, France. <hal-04978304>

**HAL Id: hal-04978304**

**<https://hal.science/hal-04978304v1>**

Submitted on 5 Mar 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

# **Imagerie chimique de contaminants des papiers et cartons recyclés : vers une identification de la causalité de la contamination des aliments emballés**

## *Auteurs et affiliations*

Lucas Biant<sup>1</sup>, Phuong-Mai Nguyen<sup>2</sup>, Murielle Hayert<sup>1</sup>, Hawraa Ayoub<sup>1</sup>, Olivier Vitrac<sup>1</sup>, Sandra Domenek<sup>1</sup>

1. Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SayFood 0782, 91120, Palaiseau, France

2. Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE), 78190, Trappes, France

Contact : [sandra.domenek@agroparistech.fr](mailto:sandra.domenek@agroparistech.fr)

## **Introduction**

L'utilisation circulaire des emballages alimentaires est en train de devenir une obligation réglementaire en France (loi anti-gaspillage 2020-105) et en Europe (directive « single-use plastics » (EU) 2019/904). Le recyclage mécanique des plastiques obéit à des critères de traçabilité et de décontamination qui doit garantir la même sécurité pour les matières plastiques recyclées que pour les matières plastiques vierges (règlement (CE) 282/2008). Les matières cellulosiques recyclées issues des papiers et cartons n'obéissent pas aux mêmes règles (pas de décontamination, pas de restriction sur l'origine des fibres recyclées) et sont soumises à une seule obligation de non mise en danger de la santé du consommateur (règlement (CE) 1935/2004). Depuis 2009, les papiers et cartons recyclés sont identifiés comme une source importante d'huiles minérales à l'origine de plusieurs crises majeures en Europe [1]. Les huiles minérales aromatiques (HMA) représentent approximativement 30% des contaminants et sont classés comme cancérigènes probables [2]. Suite aux résultats de [3], la DGCCRF (fiche MCDA n°4 – 01/01/2019) a introduit une obligation d'évaluation du risque de contamination des denrées sèches et non grasses par les matériaux organiques à base de fibres végétales y compris sans contact physique (en phase vapeur). La contamination de la matière cellullosique recyclée est généralisée et non contrôlée. Un projet d'arrêté français (décret 2020-1725) vise à en limiter l'étendue en interdisant l'utilisation des huiles minérales sur les emballages, les magazines et les prospectus. Le travail présenté propose une toute première étude sur la redistribution des huiles minérales aromatiques lors de l'étape de recyclage de la pâte à papier et sur les capacités d'imagerie de la contamination à l'échelle des fibres. Ce travail fait partie du projet collaboratif FoodSafeBioPack (ANR-20-CE21-0009, 2020-2024) « Evaluating and managing the migration of contaminants from cellulosic materials », qui vise à comprendre et gérer le risque de contamination des aliments par les papiers et cartons recyclés au contact. La microscopie confocale Raman et de fluorescence in-situ est proposée comme une alternative aux mesures globales par extraction qui sont limitées par les limites de détection en chimie analytique (LC-GC-FID ou LC-GC-MS), souvent trop élevées par rapport à la quantité de contaminants dans les échantillons réels. Les techniques d'imagerie sont moins chronophages, plus sensibles et la contamination peut être visualisée directement sur les fibres.

## **Matériels et Méthodes**

La redistribution des HMA a été étudiée sur du papier buvard vierge modèle imprégné par des solutions dans du dichlorométhane et de l'éthanol, de 5 mg/L à 50 mg/L. Les profils d'imprégnation et leurs conséquences sur les transferts ont été mesurés pour des huiles minérales polyaromatiques modèles (photo-initiateurs, marqueurs) présentant des points de

fusion de l'ambient jusqu'à 215°C en micro-spectroscopie confocale Raman et d'épifluorescence (excitation à 488 nm et 552 nm). Le spectre Raman a été mesuré avec une résolution de 4 cm<sup>-1</sup> et une excitation à 785 nm pour limiter l'auto-fluorescence des résidus lignocellulosiques. Des objectifs avec des grossissements entre x10 et x50 ont été utilisés afin d'évaluer la distribution des substances à la fois à l'échelle de la fibre et à plus grande échelle, c'est-à-dire dans le réseau fibreux.

## Résultats

La figure 1 illustre les effets les plus typiques : l'évaporation du solvant sur la concentration en contaminants dans le réseau fibreux et le caractère hétérogène de la contamination à l'échelle des fibres en fonction du point de fusion de la substance étudiée. La spectroscopie Raman permet d'identifier et de séparer les composés à l'échelle de la fibre (µm). Les hétérogénéités à grande échelle (mm) qui résultent de la distribution des ménisques de solvant au cours du séchage ont été révélées en temps réel en épifluorescence.

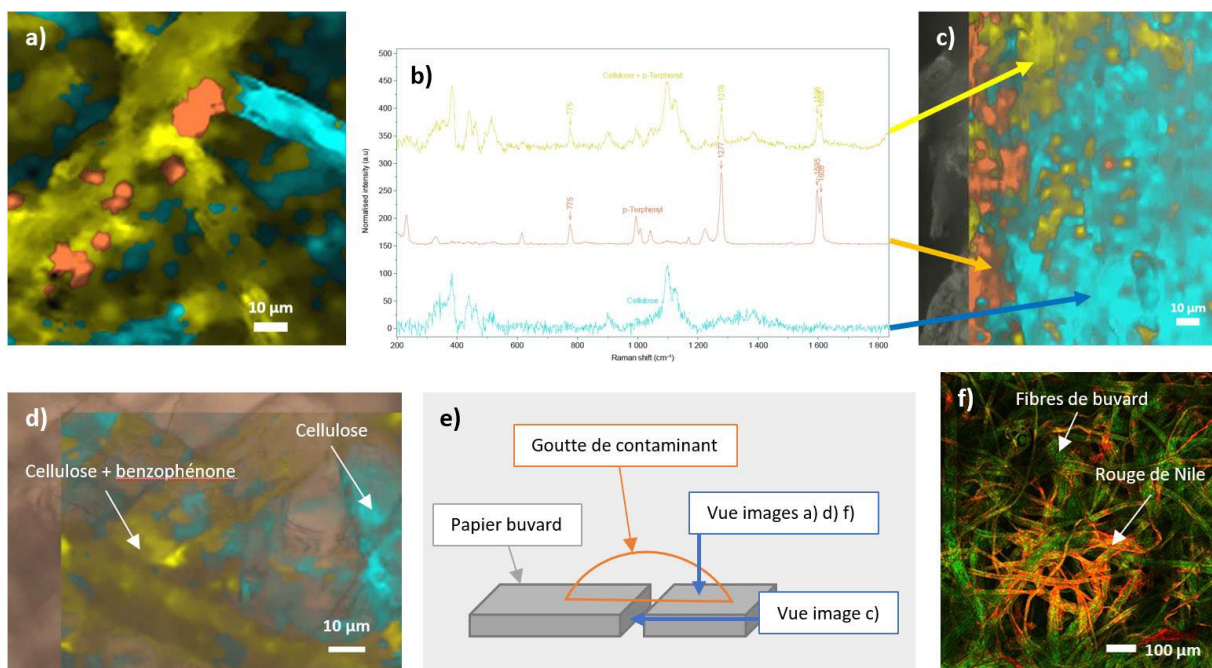


Figure 1 : (a-c) Imagerie spectrale de la distribution du p-terphényle. (d) Imagerie spectrale de la distribution de la benzophénone. (e) Description schématique de l'obtention des images. (f) Profil d'imprégnation du rouge de Nile au cours du séchage (épifluorescence).

L'effet de la nature du solvant (volatilité, polarité) sur la distribution des substances, notamment sur la pénétration dans l'échantillon de papier lors du séchage, a été étudié. Les conséquences de cette distribution des substances sur leurs capacités à être transférées au sein du réseau de fibres et par contact à l'aliment ont été analysées et discutées. Deux mécanismes sont proposés suivant que le contaminant présente une pression de vapeur suffisante ou non pour être transféré en phase gazeuse. Ils correspondent à deux mécanismes extrêmes : la diffusion à la surface de la fibre et via l'air. Les fluctuations de température au cours du stockage ou de la préparation des aliments permettent de basculer d'un mécanisme à l'autre.

## Références

- [1] Lorenzini, R.; Biedermann, M.; Grob, K.; Garbini, D.; Barbanera, M.; Braschi, I., Migration kinetics of mineral oil hydrocarbons from recycled paperboard to dry food: monitoring of two real cases, *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2013, 30:4, 760-770.
- [2] EFSA, Scientific Opinion on Mineral Oil Hydrocarbons in Food, *EFSA Journal*, 2012, 10:6:2704.
- [3] Nguyen, P-M.; Julien, J-M.; Breysse, C.; Lyathaud, C.; Thébault, J.; Vitrac, O., Project SafeFoodPack Design: case study on indirect migration from paper and boards, *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2017, 34:10, 1703-1720.