

## Étude de cas

# AGENTS DE CAISSE: EXPOSITION AU BISPHÉNOL A LORS DE LA MANIPULATION DE PAPIERS THERMIQUES

SOPHIE  
NDAW  
INRS,  
département  
Toxicologie et  
biométrie

DANIÈLE  
JARGOT  
INRS,  
département  
Métrologie  
des polluants

→ **PROBLÉMATIQUE:** Depuis 2010, l'exposition au bisphénol A (BPA) lors de la manipulation de papiers thermiques fait l'objet d'un intérêt accru. En effet, ces papiers sont recouverts sur une de leurs faces d'une couche de BPA qui, sous l'action d'une tête chauffante, permet l'impression en réagissant avec l'activateur et le pigment présents sur le papier (Cf. Figure 1). Dans ces papiers thermiques, le BPA est sous forme libre (non polymérisée) et facilement transférable sur la peau en cas de contact. La manipulation de papiers thermiques pourrait ainsi contribuer à une exposition au BPA par voie cutanée, mais également par voie orale en cas de contact mains-bouche [1]. Or le BPA présenterait un risque pour la santé humaine (Cf. Encadré 1). Parmi les personnes les plus exposées figureraient les agents de caisse manipulant quotidiennement des papiers thermiques et dont la population avait été estimée à plus de 186 000 en 2011 (Insee 2011). Les niveaux d'exposition des agents de caisse au BPA ont ainsi fait l'objet de plusieurs estimations, mais aucune mesure de l'exposition en milieu professionnel n'avait été réalisée jusqu'à présent. En collaboration avec des services de santé au travail, l'INRS a mené une campagne de mesures visant à évaluer les niveaux excrétés en BPA urinaire d'une population d'agents de caisse manipulant des papiers thermiques.

→ **LA CAMPAGNE DE MESURES:** Les secteurs professionnels ciblés étaient ceux du commerce, de la grande distribution et de la restauration. Dans un premier temps, des échantillons de papier

thermique ont été envoyés pour analyse à l'INRS par les médecins de travail des entreprises qui souhaitaient participer à l'étude, afin de déterminer la nature du révélateur thermique présent (bisphénol A, bisphénol S ou autre). N'ont été retenues pour participer à l'étude que les entreprises dans lesquelles les papiers thermiques manipulés contenaient du BPA. Dans un second temps, une deuxième série d'échantillons de papier thermique a été prélevée, par l'équipe INRS, lors des campagnes de prélèvements d'urine dans les entreprises retenues pour confirmer la présence de BPA et s'assurer qu'une substitution n'avait pas eu lieu entre les deux séries de prélèvements.

Les dix entreprises recrutées possédaient toutes une activité de commerce en contact direct avec une clientèle impliquant une manipulation de tickets de caisse, de reçus de carte de crédit ou de cartes d'accès dans des secteurs très divers: restaurant, librairie, salon de coiffure, jardinerie, billetterie, boutique, hôtellerie (Cf. Tableau 1). Les salariés potentiellement exposés dans ces établissements, regroupés sous le terme générique « Agents de caisse », manipulaient quotidiennement un nombre variable de tickets de caisse, estimé par une analyse des transactions enregistrées.

Des salariés témoins ont également été suivis dans ces mêmes entreprises. Il s'agissait de personnes occupant des postes n'impliquant pas de contact avec des papiers thermiques, comme par exemple des administratifs. Dans l'entreprise 3, les agents de caisse suivis ont été classés dans le groupe témoin après la campagne de prélèvements.

- Pigment
- Révélateur
- Liant
- Activateur

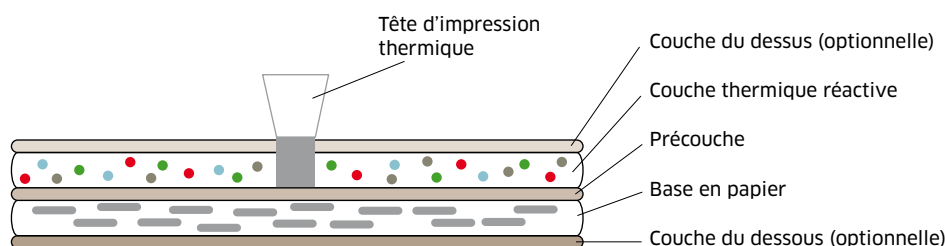


FIGURE 1 →  
Coupe  
schématique du  
papier thermique.

## ENCADRÉ 1

### EFFETS SANITAIRES DU BISPHÉNOL A

Les expositions des populations à travers les aliments, la boisson et les poussières ont été largement décrites dans la littérature et les effets sur la santé du BPA continuent à faire débat dans la communauté scientifique. Les données expérimentales animales suggèrent que le BPA pourrait représenter un risque pour la santé humaine à cause de ses propriétés œstrogéniques. Il a également été démontré que le BPA interagit avec d'autres récepteurs endocriniens, comme par

exemple les récepteurs des hormones thyroïdiennes. Les expositions au BPA augmenteraient ainsi les risques de cancer du sein, d'obésité, de diabète, de désordres neurologiques et de désordres affectant le système reproducteur. Il a également été suggéré que l'exposition au BPA durant le développement utérin et le jeune âge pourrait être un facteur contributeur important sur l'incidence de l'infertilité, de malformations du tractus génital, de

déficit d'attention et de l'hyperactivité. Ces effets de type perturbateur endocrinien seraient susceptibles de survenir à des doses très faibles et concerneraient plus particulièrement les enfants et les femmes enceintes. Le BPA est actuellement classé Reprotoxique de catégorie 3, R 62 (classification selon la directive 67/548/CEE) dans l'attente de la décision finale de la Commission européenne pour une révision du classement en reprotoxique de catégorie 1B [2,3].

Le BPA avait été remplacé par le bisphénol S dans les tickets de caisse entre les deux séries de prélèvements de papiers thermiques.

Les salariés exposés et témoins participant à l'étude ont été recrutés sur la base du volontariat. Toutes les informations relatives à la recherche leur ont été transmises et leur consentement éclairé écrit a été recueilli au préalable.

Des recueils urinaires ponctuels ont été effectués auprès des participants. Les urines recueillies durant 1 à 2 jours sont celles du début et de la fin de poste de travail ainsi que la première miction au réveil suivant. Ces échantillons d'urine ont par la suite été analysés pour déterminer la concentration de BPA (Cf. Encadré 2).

Un questionnaire détaillé a, par ailleurs, été soumis à l'ensemble des participants. Destiné à fournir des renseignements sur l'activité professionnelle, il apportait également des informations

sur les sources de contamination au BPA autres que professionnelles, notamment l'alimentation et les activités extra-professionnelles durant la période des prélèvements. Les données recueillies portaient sur :

- le sexe, le poids, la taille, l'âge;
- l'emploi occupé, l'ancienneté au poste, les tâches effectuées;
- l'estimation du nombre de tickets manipulés;
- la consommation d'aliments et de boissons susceptibles d'être des sources de BPA (aliments en conserve, abats, boissons en cannette...);
- la consommation de tabac<sup>1</sup>;
- la manipulation de colles, peintures<sup>1</sup>...

#### L'exposition des agents de caisse

Sur les 176 échantillons de papier thermique analysés (échantillons transmis par les médecins du travail pour la sélection des entreprises ou

ENTREPRISE	SECTEURS D'ACTIVITÉ	NB DE TÉMOINS	NB D'EXPOSÉS	TOTAL	NB DE TICKETS (ÉTENDUE)
1	Parc d'attraction*	7	14	21	25 - 494
2	Billetterie	2	12	14	40 - 290
3	Jardinerie	10	-	10	10 - 210**
4	Parc d'attraction*	14	40	54	10 - 450
5	Restaurant	5	8	13	160 - 1 000
6	Restaurant	2	2	4	150 - 230
7	Salon de coiffure	-	1	1	10
8	Salon de coiffure	-	4	4	10 - 20
9	Magasin de bricolage	1	3	4	20 - 210
10	Librairie	3	6	9	50 - 670
Total		44	90	134	

\* Plusieurs secteurs étaient regroupés dans les parcs d'attraction: restaurant, hôtellerie, billetterie, boutique.

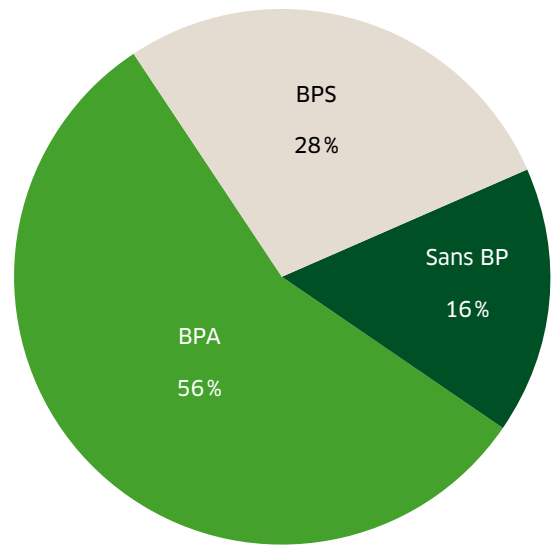
\*\* Papier thermique contenant du bisphénol S.

←TABLEAU 1  
Répartition des exposés et des témoins dans les entreprises suivies et estimation du nombre de tickets manipulés quotidiennement par les agents de caisse.



**ENCADRÉ 2  
BIOMÉTROLOGIE URINAIRE  
DU BISPHÉNOL A**

Dans l'organisme, le BPA est rapidement et quasi totalement métabolisé dans le foie et les intestins pour former, majoritairement, le BPA monoglucuronide. Le BPA et ses métabolites sont éliminés dans les urines dans les 24 heures suivant l'exposition, avec plus de 80% excrétés dans les 6 heures suivant l'absorption. L'urine est donc un milieu de choix pour une biométrie du BPA. La détermination de la concentration urinaire en bisphénol A total (forme libre et formes conjuguées) permet d'évaluer les expositions en prenant en compte toutes les voies d'exposition, professionnelle ou non (respiratoire, cutanée ou orale). Le BPA urinaire a été dosé par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse et exprimé en µg/l.



↑FIGURE 2  
Répartition des échantillons de papier prélevés en fonction de la nature du révélateur utilisé.

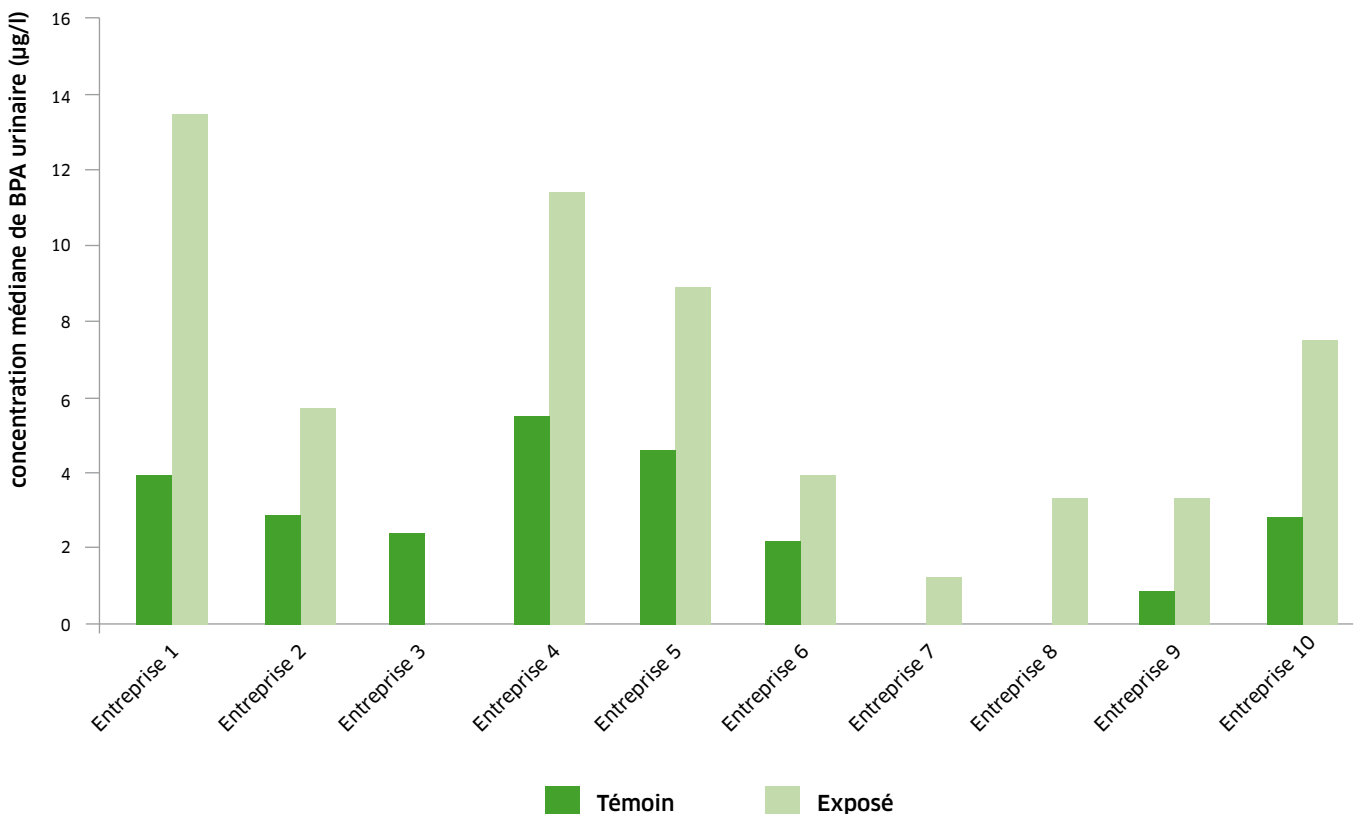
prélevés par l'équipe INRS pendant la campagne de biométrie urinaire), plus de la moitié contenait du bisphénol A comme révélateur thermique, 28% du bisphénol S et 16% ni l'un ni l'autre (Cf. Figure 2). Il s'avère que la substitution du BPA dans les papiers thermiques est déjà bien appliquée, notamment dans les enseignes de la grande distribution.

134 personnes volontaires ont été suivies dont 90 salariés exposés et 44 salariés témoins. Les femmes étaient majoritaires (76%) parmi les salariés exposés qui manipulaient quotidiennement des tickets dont le nombre était estimé entre 10 et

1 000 tickets par jour, en fonction des entreprises. Le BPA a été détecté dans tous les échantillons urinaires recueillis chez les salariés exposés et les témoins, confirmant ainsi la nature ubiquitaire de ce composé.

La figure 3 présente, pour chaque entreprise, la médiane des concentrations en BPA total dans le groupe des personnes exposées et le groupe témoin. Dans toutes les entreprises où des témoins ont pu être suivis (sauf les entreprises 7 et 8), la

↓FIGURE 3  
Distribution de la médiane des concentrations en bisphénol A dans les groupes Témoin et Exposé des 10 entreprises.



concentration médiane en BPA s'est avérée systématiquement plus élevée dans le groupe exposés que dans le groupe témoin.

La concentration médiane en BPA urinaire total pour l'ensemble de la population témoin, toutes entreprises confondues, était de 3,54 µg/l. Par comparaison, dans la mesure où il n'existe aucune donnée provenant d'étude de biosurveillance de la population générale française, la concentration médiane de la population américaine est de 1,80 µg/l [4]. Pour la population exposée, la concentration médiane de BPA urinaire s'élevait à 8,92 µg/l, soit plus de deux fois supérieure à celle du groupe témoin. Cette différence d'excrétion entre les deux groupes est statistiquement très significative. Aucune différence significative n'a été constatée entre les hommes et les femmes concernant l'exposition au BPA. L'effet de la variable « Nombre de tickets » a été testé sur l'excrétion du BPA urinaire. Aucune relation n'a été trouvée entre le nombre de tickets manipulés et la concentration en BPA total. Le nombre de lavages des mains, l'âge, l'ancienneté au poste et la consommation de tabac<sup>2</sup> n'ont eu aucune influence sur les excrétions de BPA. Ces données montrent de façon indiscutable une augmentation de l'excrétion urinaire de bisphé-

## BIBLIOGRAPHIE

[1] GEENS T., ET AL. A review of dietary and non-dietary exposure to bisphenol A. *Food Chem Toxicol*, 2012, 50, 3725-3740.

[2] VANDENBERG L.N., HAUSER R., MARCUS M., OLEA N., WELSHONS V.W. Human exposure to bisphenol A (BPA). *Reprod Toxicol*, 2007, 24, 139-177.

[3] Règlement de la Commission européenne (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n° 1907/2006.

[4] Center for disease control and prevention. Fourth National report on human exposure to environmental chemicals, CDC, 2014, Atlanta USA.

nol A chez des travailleurs manipulant quotidiennement des papiers thermiques par rapport à une population témoin et attestent clairement d'un effet de l'activité professionnelle sur l'exposition au BPA chez les agents de caisse. La question de savoir dans quelle mesure cette exposition présente un risque pour les travailleurs reste posée. Ces nouvelles données devront être prises en compte pour constituer tout dossier d'évaluation des risques du BPA dans la mesure où seules les expositions par voie alimentaire étaient documentées jusqu'à présent.

## POUR EN SAVOIR +

- Anses. *Évaluation des risques du bisphénol A (BPA) pour la santé humaine*. Tome 1, Agence nationale de sécurité sanitaire, Maisons-Alfort. Rapport Anses, 2013.
- Rapport du gouvernement au Parlement relatif aux substituts au bisphénol A. Loi du 24 décembre 2012. Novembre 2014. [www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/Substituts-BPA-Rapport-Parlement-Loi-24122012.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/Substituts-BPA-Rapport-Parlement-Loi-24122012.pdf)

## Restriction de l'utilisation du bisphénol A dans les papiers thermiques

S'appuyant sur les résultats de l'évaluation des risques du bisphénol A pour la santé humaine publiés en avril 2013 par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), la France a soumis en janvier 2014 (Cf. « Pour en savoir plus »), dans le cadre du règlement Reach, une proposition de restriction au niveau européen de l'utilisation du bisphénol A dans les papiers thermiques auprès de l'Agence européenne des produits chimiques (Echa). Cette proposition a fait l'objet d'une consultation publique et l'avis final est attendu courant 2015. Les substituts potentiels du BPA, les procédés d'impression alternatifs ou encore les alternatives sans papier ont fait l'objet d'un rapport remis au Parlement français en novembre 2014. ●

1. *Le tabac, les colles et les peintures sont sources potentielles de BPA.*

2. *Les données recueillies sur les aliments, les boissons, l'utilisation de colles et de peintures ont permis d'expliquer, le cas échéant, au niveau individuel, des excrétions notables en BPA pas forcément attribuables à l'activité professionnelle et, au niveau global, de vérifier que le groupe exposé et le groupe témoin n'étaient pas différents en termes d'habitudes alimentaires.*

## Remerciements

Les auteurs remercient F. Denis, P. Marsan, S. Melin, ainsi que les services de santé au travail, les entreprises et les salariés pour leur participation à l'étude.

## Erratum

Deux erreurs se sont glissées dans l'article « Exposition aux poussières sur les chantiers de démolition », paru dans le HST n°238. Dans le tableau 2, la VLEP sur 8 heures des fibres minérales d'isolation est de 1 fibre/cm<sup>3</sup>. Page 66, l'exposition aux fibres minérales d'isolation est de 0,28 fibre/cm<sup>3</sup>.