

# POINT DE REPÈRE

## BUCHERONNAGE ET EXPOSITION AU BENZÈNE

Résultats d'une enquête

### L'UTILISATION DE CARBURANTS PEUT ENGENDRER DES EXPOSITIONS AU BENZÈNE

Le benzène, cancérogène avéré, est présent dans les différents types de carburants avec une concentration maximale de 1 % fixée par la réglementation européenne [1]. Il serait l'un des agents chimiques potentiellement responsable d'un risque accru de leucémies chez certaines catégories professionnelles exposées aux carburants [2]. Ce lien est cependant atté-

nué dans les conclusions d'une publication examinant d'une façon critique les données de la littérature [3]. Par ailleurs, de nombreuses enquêtes ont été réalisées auprès de salariés exposés aux carburants afin d'évaluer l'exposition au benzène dans ces secteurs d'activité. Ainsi, l'INRS a effectué, au cours des années 1999 et 2000, une étude visant la surveillance atmosphérique et biologique des expositions au benzène chez 114 mécaniciens de garages [4]. Il convient de noter que le benzène, inscrit aux tableaux des maladies professionnelles 19 et 19 bis du régime agricole et 4 et 4 bis du régime général, fait l'objet d'une réglementation (*cf. Encadré 1*) et sa valeur limite moyenne d'exposition (VME) en milieu professionnel est de 1 ppm (partie par million).

► René GAUDIN, Philippe MARSAN  
INRS, département Polluants et santé  
► Gaëlle BATY, Didier ORIVELLE  
Mutualité sociale agricole Lorraine  
(MSA Lorraine)

#### ENCADRÉ 1

##### LE BENZÈNE ET LA LÉGISLATION FRANÇAISE ACTUELLE EN MILIEU PROFESSIONNEL

1 ppm VME (Valeurs limites de moyenne d'exposition) autorisée (partie par million) pour 8 heures de travail. (\*)

0,1 % teneur maximale autorisée dans les substances. (\*)

1 % teneur maximale en benzène autorisée dans l'essence, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2000. (\*\*)

(\*) valeur précisées dans le Décret n° 2001-97. Journal Officiel n°29, 3 février 2001.

(\*\*) Journal Officiel des Communautés Européennes, n°L350 du 28/12/98 pp58-68.

Les bûcherons peuvent être exposés au benzène dans leur pratique quotidienne, via les carburants mais l'examen de la littérature montre qu'il existe très peu de données d'exposition. Seuls Nilsson [5] et Cabella [6] font état de concentrations atmosphériques relativement importantes, atteignant 0,7 mg/m<sup>3</sup> (0,2 ppm ou partie par million). D'autres auteurs, comme Forbrig [7], s'inquiètent également de l'absence de mesures en situation réelle des polluants émis par les tronçonneuses et Levy [8], dans une enquête épidémiologique traitant de « l'oxycarbonisme chronique chez les bûcherons exposés aux gaz d'échappement », suspecte le benzène d'être le toxique responsable d'anomalies sanguines constatées chez des bûcherons. Le risque de pénétration cutanée de l'essence peut également être envisagé en cas de projections accidentelles sur les mains ou les avant-bras, lors de la manipulation du carburant.

Dans ce contexte, l'INRS a décidé d'entreprendre, en collaboration avec le service prévention de la Mutualité Sociale Agricole de Lorraine (MSA Lorraine), une étude visant à évaluer l'exposition au benzène de bûcherons et ouvriers sylviculteurs. Il a appliqué une méthode dite de « surveillance biologique » reposant sur le dosage urinaire de l'acide trans, trans muconique (acide *t,t*-muconique), un métabolite du benzène (cf. Figure 1) reconnu comme étant un indicateur pertinent de l'exposition à ce polluant et présentant l'avantage de tenir compte de toutes les voies d'exposition, atmosphériques ou cutanées.

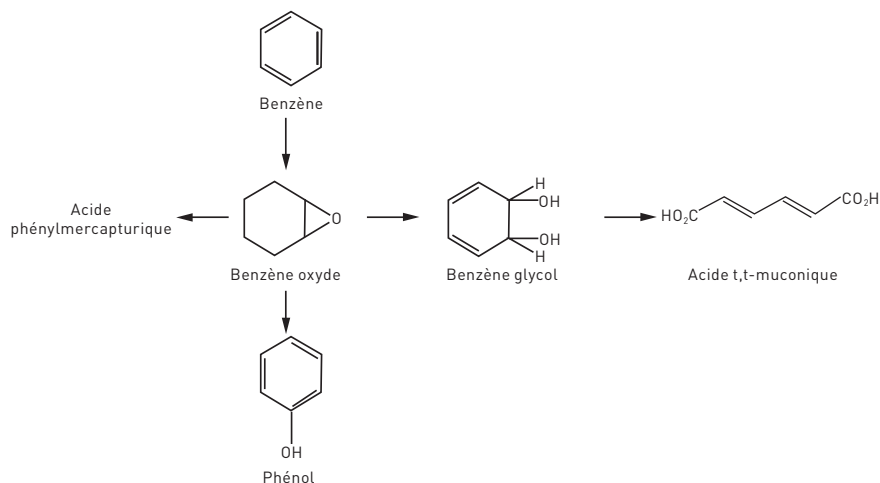
## LA SURVEILLANCE BIOLOGIQUE PERMET L'ÉVALUATION DES EXPOSITIONS AUX PRODUITS CHIMIQUES

D'une façon générale, pour évaluer les expositions aux produits chimiques deux voies sont possibles (cf. Figure 2) :

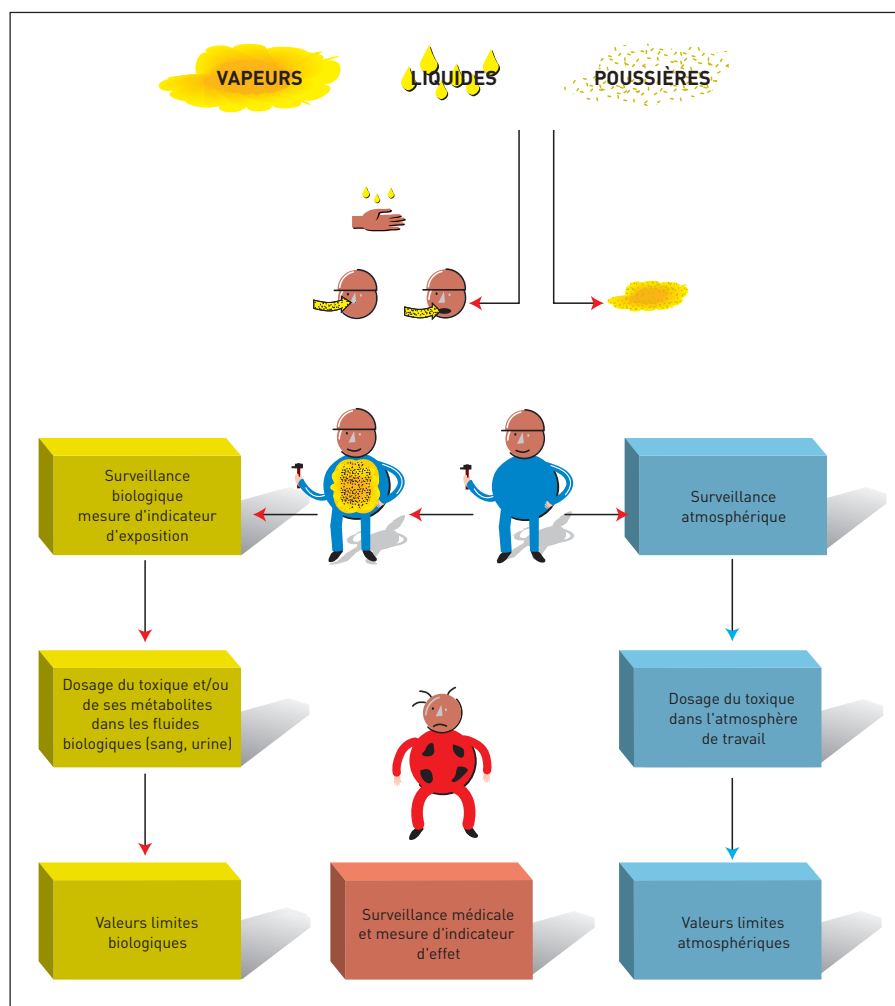
- la voie atmosphérique : le produit d'intérêt est prélevé dans l'atmosphère de travail puis dosé *in situ* ou au laboratoire, c'est la **surveillance atmosphérique** ;

- la voie biologique : le produit est dosé dans les fluides biologiques tel quel

**FIGURE 1**  
Métabolisme du benzène : la voie de l'acide *t,t*-muconique



**FIGURE 2**  
Surveillance des expositions professionnelles



ou bio-transformé (métabolites), c'est la **surveillance biologique**. L'avantage de cette approche réside dans la prise en compte de toutes les sources d'expo-

sition, qu'elles soient atmosphériques, orales (ingestion) ou cutanées.

## L'ORGANISATION DE L'ÉTUDE

Les participants, bûcherons et ouvriers sylviculteurs, ont été sollicités par la médecine du travail locale et informés du contenu de l'étude. Sur la base du volontariat, 55 personnes ont fait l'objet de prélèvements urinaires en début et fin de journée de travail, puis les échantillons étaient acheminés vers l'INRS et congelés (-20°C) avant analyse. Quelques prélèvements d'essence (essence SP 95) ont également été effectués afin de doser le benzène déjà présent dans les carburants. Un questionnaire rempli en fin de poste avec l'intéressé relatait l'activité de la journée de travail ainsi que le volume d'essence utilisé (supérieur ou non à 3 litres). Le tabagisme était également renseigné puisque la fumée de tabac contient du benzène (une cigarette consommée produit environ 50 µg de benzène).

## LE PROTOCOLE ANALYTIQUE

Le protocole analytique utilisé est décrit dans la méthode mise au point par l'INRS [4]. Il repose sur une purification de l'échantillon urinaire suivi d'un dosage par chromatographie liquide haute performance (HPLC) avec une détection dans l'ultra-violet (UV), comme représenté sur la [Figure 3](#).

## LES RÉSULTATS

Les valeurs des concentrations urinaires en acide *t,t*-muconique des échantillons prélevés, en début et fin de journée de travail, sont consignées dans le [Tableau 1](#).

La teneur en benzène des prélèvements d'essence réalisés au moment de l'enquête ne dépassait pas 1 % (3 valeurs à 0,9 %).

FIGURE 3

Le dosage urinaire de l'acide *t,t*-muconique

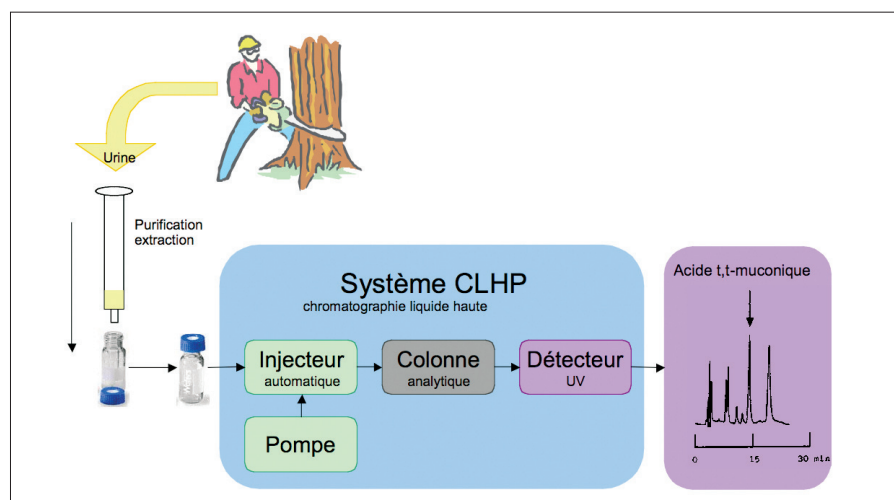


TABLEAU 1

Concentrations en acide *t,t*-muconique urinaire

	Avant le travail (n = 55)		Après le travail (n = 55)	
	mg/l*	mg/g**	mg/l*	mg/g**
Moyenne arithmétique	0,09	0,06	0,14	0,09
Médiane	0,07	0,05	0,11	0,06
Etendue	0,02-0,30	0,01-0,27	0,02-0,72	0,01-0,31

\* mg/l : milligramme par litre

\*\* mg/g : milligramme par gramme de créatinine, le dosage par rapport à la créatinine prenant en compte la dilution de l'urine liée à la diurèse

## L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET L'EXPLOITATION STATISTIQUE

D'une façon générale, les tests statistiques ont été réalisés avec le logiciel Statgraphics® en appliquant le test non-paramétrique de Mann-Whitney. La distribution des valeurs étant cependant proche d'une loi log-normale, une analyse de variance a été réalisée après transformation des données en leur logarithme.

Les tests sont considérés significatifs pour  $p < 0,05$  (cf. [Figures 4](#) et [5](#)).

À la lumière de ces tests, plusieurs éléments se dégagent :

- les différences entre les valeurs exprimées en mg/l avant et après le travail sont à la limite de la significativité ;

- pour les valeurs corrigées par rapport à la créatinine, les différences avant et après le travail sont significatives ;

- les fumeurs excrètent significativement plus d'acide *t,t*-muconique que les non-fumeurs, toutes valeurs confondues (avant et après le travail) ;

- les différences entre les données avant et après le travail, pour les bûcherons non-fumeurs, ne sont pas significatives, elles le sont en revanche pour les fumeurs ;

- d'autre part, une analyse de la variance montre que le tabagisme et l'intensité du travail (volume d'essence utilisé > à 3 litres) sont des facteurs influents dans l'excrétion d'acide *t,t*-muconique. Le tabagisme est un facteur très significatif, ce qui était attendu au regard de nos travaux antérieurs et de la littérature.

Lors de faibles expositions au benzène, le tabagisme est en effet un facteur confondant puisque, comme il a été évoqué précédemment, la fumée produite par la combustion d'une cigarette contient environ 50 µg de benzène.

## CONCLUSION

L'interprétation statistique de ces résultats peut traduire une exposition très modérée au benzène au regard de deux éléments :

- la valeur moyenne des concentrations en acide *t,t*-muconique (après le travail), 0,14 mg/l, est inférieure à la valeur de référence de 1,2 mg/l valeur « correspondante » à la valeur limite atmosphérique de 1 ppm édictée par l'Union européenne (cf. Encadré 2). La valeur moyenne corrigée par la créatinine (0,09 mg/g) est également inférieure à 0,5 mg/g, indice biologique d'exposition au benzène préconisé par l'ACGIH (American conference of governmental industrial hygienists) pour une exposition atmosphérique pondérée par le temps de 0,5 ppm (indice identique à celui obtenu par l'INRS pour ce même niveau d'exposition) ;

- la médiane des concentrations urinaires constatée dans cette étude (après le travail) soit 0,11 mg/l, est nettement plus élevée que celle relevée chez des témoins non exposés au benzène soit 0,020 mg/l, accréditant ainsi l'idée d'une exposition au benzène spécifique aux bûcherons.

Cependant, comme nous l'avons montré, l'influence du tabagisme pour ces faibles valeurs est notoire. Les bûcherons non-fumeurs, durant la journée de travail, ne présentent d'ailleurs pas d'accroissement de la concentration urinaire en acide *t,t*-muconique contrairement aux bûcherons fumeurs. Ces éléments ne permettent pas de conclure nettement à une exposition significative au benzène provenant de l'essence ou de sa combustion en comparaison à celle provenant du tabagisme, seule une présomption d'exposition peut être envisagée.

Bien évidemment, le benzène n'est pas le seul polluant émis par les gaz d'échappement des troncousseuses puisque, outre les hydrocarbures (HC), sont présents des oxydes d'azote (NOx), hydrocarbures aromatiques polycycli-

FIGURE 4

Excrétion urinaire de l'acide *t,t*-muconique (valeurs médianes en début et fin de journée de travail)

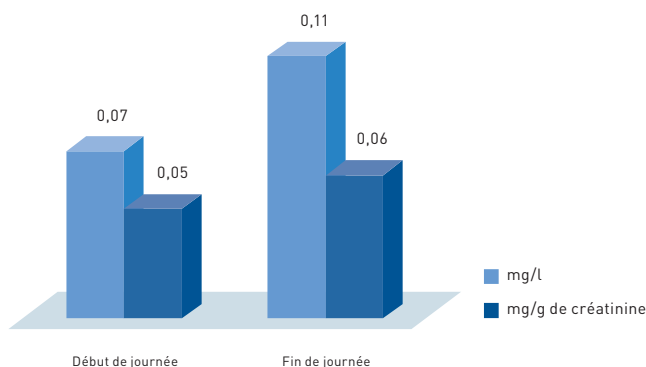
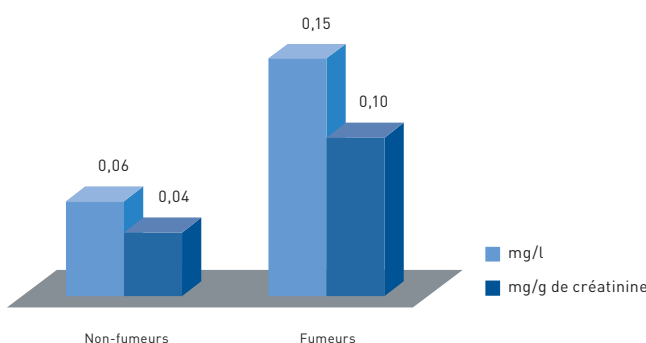


FIGURE 5

Influence du tabagisme sur l'excrétion urinaire de l'acide *t,t*-muconique (valeurs médianes en fin de journée de travail)



### ENCADRÉ 2

#### INDICES BIOLOGIQUES D'EXPOSITIONS : QUELQUES VALEURS INDICATIVES POUR LE BENZÈNE

1,2 mg/l (ou 0,9 mg/g de créatine) en acide *t,t*-muconique : valeurs correspondantes à la VME de 1 ppm (d'après les données INRS).

2 mg/l, EKA allemande pour 1 ppm.\*

0,5 mg/g de créatinine : valeur américaine recommandée par l'ACGIH\*\* et correspondant à une exposition de 0,5 ppm.

\* EKA : Expositionsäquivalente für krebserzeugende Arbeitsstoffe.

\*\* ACGIH : American conference of governmental industrial hygienists.

ques (HAP), des aldéhydes, des particules et, bien sûr, du monoxyde de carbone (CO). La composition de ces émissions polluantes est d'ailleurs connue [5], elle varie en fonction de plusieurs facteurs généralement liés au type de moteur et à son utilisation, au carburant, à la nature de l'huile de lubrification puisque les lubrifiants influent sur la composition

des gaz d'échappement. De façon imagée, il est montré qu'une tronçonneuse ancienne émet autant de gaz toxiques que cent voitures [9].

En conséquence, les mesures de prévention destinées à diminuer l'exposition des bûcherons et ouvriers sylviculteurs aux émissions nocives peuvent

résider dans l'utilisation de tronçonneuses équipées d'un système de catalyse à l'échappement, système ne donnant cependant pas entière satisfaction selon Cabella [6], mais surtout dans le choix d'huiles et de carburants adaptés, comme les essences spéciales dites « alkylées » contenant moins de 0,01 % de benzène, certes plus onéreuses mais diminuant sensiblement les émissions toxiques [6].

## BIBLIOGRAPHIE

[1] Directive 1998/70/CE – Journal Officiel des Communautés Européennes N° L350 du 28/12/1998

[2] INFANT P.F., SCHWARTZ E., CAHILL R. – Benzene in petrol: a continuing hazard. *The Lancet*, 1990, 336, pp. 814-815.

[3] HOTZ P., LAUWERYS R.R. – Hematopoietic and lymphatic malignancies in vehicle mechanics. *Critical Reviews in toxicology*, 1997, 27, 5, pp. 443-494.

[4] GAUDIN R., DUCOS P., FRANCIN J.M., MARSAN P. – Exposition au benzène chez les mécaniciens. Évaluation atmosphérique et surveillance biologique. Hygiène et sécurité du travail - Cahiers de notes documentaires, 188, 3, 2002.

[5] NILSSON C.A. – Occupational Exposure to Chain Saw Exhausts in Logging Operations. *Am.Ind.Hyg.Assoc.J.*, 48(2), pp. 99-105 (1987)

[6] CABELLA R. – Occupational Exposure to Hazardous Chemicals in Logging Operations. Poster présenté au Symposium AISS section recherche, Athènes 19 - 21 mai 2003.

[7] FORBRIG A. – Allgemeine Forst-Zeitschrift, vol. 43, N° 19, 1998, pp. 528-530

[8] LEVY P. – Oxycarbonisme chronique chez les bûcherons exposés aux gaz d'échappement. Thèse de Médecine, Faculté de Médecine et de Pharmacie de Besançon, 92-015, 1992.

[9] Documents environnement, N° 49, OFEFP Berne 1995.