

## **Exposition au benzène chez les mécaniciens**

R. GAUDIN, P. DUCOS, J.M. FRANCIN, P. MARSAN, A. ROBERT, T. NICOT, C. LEFEVRE,  
M. LEFEBVRE

Institut National de Recherche et de Sécurité

Avenue de Bourgogne

B.P. n° 27

54501 Vandoeuvre Cedex

Le benzène, cancérigène avéré, est présent dans l'essence, 2 – 3 % en moyenne au moment de l'étude, alors qu'actuellement la concentration maximale autorisée est de 1 % (Journal Officiel des Communautés Européennes n°L350 du 28/12/98, pp. 58-68). D'autre part, le 27 Juin 2000 une directive européenne a fixé une valeur limite d'exposition à 1 partie par million (ppm) avec une tolérance à 3 ppm jusqu'au 27 Juin 2003. Dans ce contexte l'INRS, pour répondre aux demandes provenant de la médecine du travail française, a entrepris une étude visant à évaluer l'exposition au benzène chez des mécaniciens de garage, tout en tentant d'apprécier l'importance relative des voies d'exposition cutanée ou atmosphérique. Cette étude a donc trois objectifs principaux :

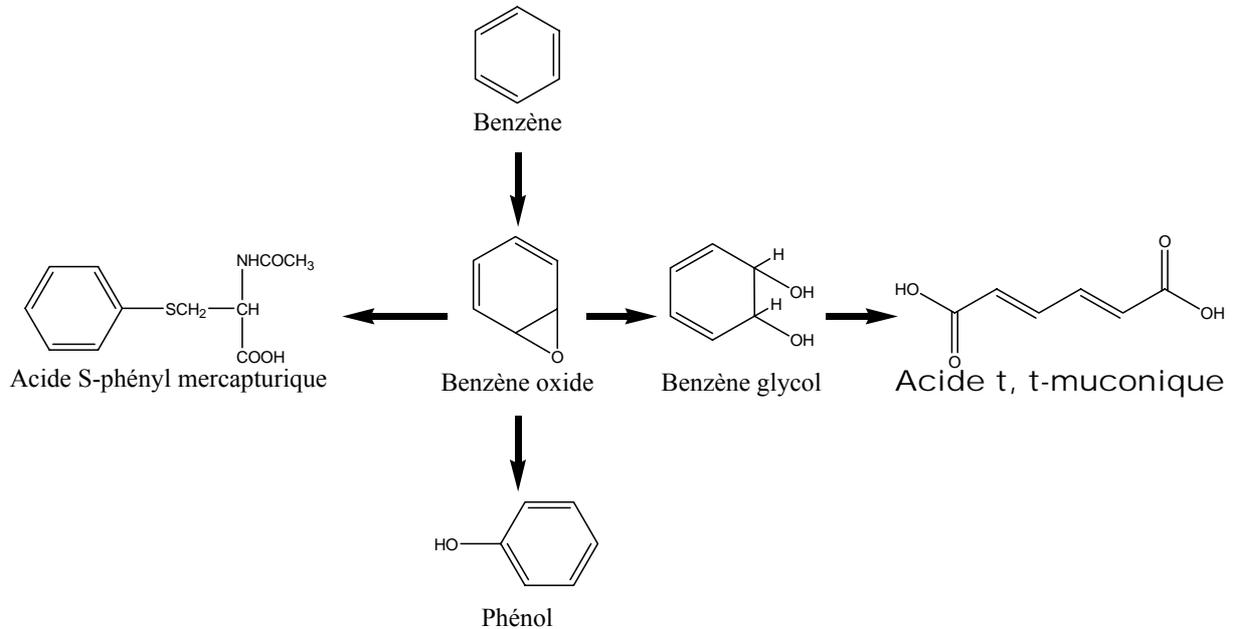
- répondre aux demandes de la médecine du travail française ;
- situer le niveau d'exposition au benzène des mécaniciens par rapport à la nouvelle réglementation (1 ppm) ;
- tenter d'évaluer l'importance relative des deux types d'exposition : inhalatoire ou cutanée.

### 1. Comment évaluer les expositions ?

- Par une détermination du benzène atmosphérique lors de la journée de travail ;
- Par un dosage urinaire de l'acide *t,t*-muconique, un métabolite du benzène, en début et fin de journée de travail.

2. L'acide *t,t*-muconique est un métabolite du benzène

Métabolisme simplifié du benzène



3. Organisation générale de l'étude

Le choix des garages a été effectué par les médecins du travail préalablement sollicités : 7 associations de médecine du travail ont ainsi été impliquées.

- 114 mécaniciens provenant de 37 garages ont participé à l'étude ;
- Sur les 37 garages, 20 étaient des garages « AUTOS », 11 des garages « MOTOS » et 6 des ateliers de « MOTOCULTURE » ;
- 50 témoins, non-professionnellement exposés au benzène, ont prêté leur concours.

Chaque soir une fiche de poste remplie avec l'intéressé relatait l'activité de la journée et notamment la possibilité de contact cutané avec l'essence. Le tabagisme était également renseigné.

#### 4. Prélèvements et dosages

Les prélèvements ont été effectués sur période de 5 jours consécutifs.

- *Prélèvements atmosphériques*

Ils ont été réalisés à l'aide d'un échantillonneur passif (Badge INRS « Gabie ») fixé à hauteur des voies respiratoires pendant la journée de travail.

- *Prélèvements urinaires*

Chaque participant, mécanicien ou témoin, se soumettait quotidiennement à un recueil urinaire en début et fin de travail. Les échantillons collectés étaient congelés sur place (-20°C).

- *Les dosages*

- détermination du benzène atmosphérique : les badges sont désorbés (CS<sub>2</sub>) puis analysés par chromatographie en phase gazeuse (GC/FID) ;
- analyses urinaires : l'acide *t,t*-muconique est extrait des échantillons urinaires (extraction en phase solide) puis dosé par chromatographie liquide haute performance (HPLC/UV).

#### 5. Les résultats

##### 5.1 *Acide t,t-muconique et benzène atmosphérique chez les garagistes*

	Acide <i>t,t</i> -muconique				Benzène atmosphérique n = 496 ppm
	Avant le travail n = 512		Après le travail n = 508		
	mg/l	mg/g*	mg/l	mg/g*	
Moyenne arithmétique	0,09	0,05	0,17	0,12	0,11
Médiane	0,06	0,03	0,11	0,08	0,05
Étendue	< 0,02-3,0	0,03-0,89	< 0,02-1,1	0,03-1,8	< 0,002-1,4

\* Valeurs corrigées par rapport à la créatinine : mg d'acide *t,t*-muconique par gramme de créatinine.

n = nombre de prélèvements.

### 5.2 Valeurs relevées chez les témoins

	Acide <i>t,t</i> -muconique				Benzène atmosphérique n = 221 ppm
	Avant le travail n = 223		Après le travail n = 220		
	mg/l	mg/g*	mg/l	mg/g*	
Moyenne arithmétique	0,04	0,04	0,05	0,04	0,003
Médiane	<0,02	0,02	0,02	0,03	<0,002
Étendue	< 0,02-0,44	0,002-0,50	< 0,02-0,66	0,003-0,30	< 0,002-0,031

\* Valeurs corrigées par rapport à la créatinine : mg d'acide *t,t*-muconique par gramme de créatinine.

n = nombre de prélèvements.

### 5.3 Résultats selon le type de garage (\*\*)

	Acide <i>t,t</i> -muconique					
	Avant le travail mg/l (mg/g)**			Après le travail mg/l (mg/g)**		
	A n = 363	M n = 96	MC n = 53	A n = 356	M n = 99	MC n = 53
Moyenne arithmétique	0,07 (0,04)	0,13 (0,07)	0,11 (0,06)	0,13 (0,09)	0,27 (0,15)	0,31 (0,26)
Médiane	0,05 (0,03)	0,07 (0,04)	0,09 (0,06)	0,09 (0,06)	0,21 (0,14)	0,27 (0,21)
Étendue	< 0,02-1,4 (0,003-0359)	< 0,02-3,0 (0,004-0,890)	< 0,02-0,32 (0,004-0,156)	< 0,02-0,97 (0,003-1,81)	< 0,02-1,0 (0,004-0,461)	0,04-1,1 (0,030-0,794)

	Benzène atmosphérique ppm		
	A n = 347	M n = 98	MC n = 51
Moyenne arithmétique	0,07	0,18	0,20
Médiane	0,03	0,14	0,16
Étendue	< 0,002-1,3	< 0,09-0,7	< 0,04-1,4

\*\* A : Automobile, M : Motorcycle, MC : Motoculture.

(valeurs corrigées : mg/g de créatinine).

Les mécaniciens des garages motos et motoculture présentent des valeurs plus élevées en benzène atmosphérique et excrètent plus d'acide *t,t*-muconique que ceux des garages autos.

## 6. Influence du tabagisme

### 6.1 *Influence du tabagisme sur l'excrétion urinaire d'acide *t,t*-muconique chez les garagistes*

	Acide <i>t,t</i> -muconique (fin de journée de travail)			
	Nombre de prélèvements fumeurs (n = 225)		Nombre de prélèvements non fumeurs (n = 283)	
	mg/l	mg/g*	mg/l	mg/g*
Moyenne arithmétique	0,21	0,14	0,15	0,10
Médiane	0,14	0,11	0,10	0,06
Étendue	< 0,02-1,1	0,003-0,92	< 0,02-0,97	0,004-1,8

\* Valeurs corrigées par rapport à la créatinine.

n = nombre de prélèvements.

### 6.2 *Influence du tabagisme sur l'excrétion urinaire d'acide *tt*-muconique chez les témoins*

	Acide <i>t,t</i> -muconique (fin de journée de travail)			
	Nombre de prélèvements fumeurs (n = 45)		Nombre de prélèvements non fumeurs (n = 175)	
	mg/l	mg/g*	mg/l	mg/g*
Moyenne arithmétique	0,10	0,07	0,04	0,04
Médiane	0,05	0,05	0,02	0,02
Étendue	< 0,02-0,66	0,004-0,30	< 0,02-0,5	0,003-0,20

\* Valeurs corrigées par rapport à la créatinine.

n = nombre prélèvements.

Le tabagisme influe significativement sur l'excrétion urinaire d'acide *t,t*-muconique. Les fumeurs excrètent plus d'acide *t,t*-muconique aussi bien chez les garagistes que chez les témoins.

## 7. Évaluation de la pénétration cutanée

Pour tenter d'évaluer l'importance de la pénétration cutanée, une solution consiste à utiliser le modèle préalablement établi (Int Arch Occup Environ Health (1992) 64 : 309-313, Ducos et al.) où les valeurs les plus probables en acide *t,t*-muconique peuvent être déduites des concentrations atmosphériques de benzène. Le modèle avait été construit sur la base d'exposition exclusivement atmosphériques et validé en milieu professionnel.

L'équation  $\log [\text{muco};\text{mg/L}] = 0,924 \log [\text{benzène};\text{ppm}] + 0,066$  représente la droite de régression entre les valeurs d'acide *t,t*-muconique et celles de benzène atmosphérique. Elle permet de déterminer l'excrétion urinaire la plus probable à partir des valeurs mesurées de benzène.

Ces valeurs calculées d'acide *t,t*-muconique sont ensuite comparées avec les valeurs mesurées et la différence entre les valeurs mesurées et calculées devrait refléter l'exposition cutanée. Dans le cas présent, nous constatons que la différence est faible quelles que soient les classes d'exposition (atmosphérique ou cutanée + atmosphérique) déterminées par les garagistes sur les fiches de poste remplies quotidiennement.

### *Comparaison des excrétions attendues d'acide *t,t*-muconique en fonction de l'exposition au benzène atmosphérique et des valeurs mesurées (médianes)*

Garages	Classe (nombre d'observations)	Benzène atmosphérique (ppm)	Acide muconique calculé (mg/l)	Acide muconique mesuré (mg/l)	Δ Acide muconique mesuré-calculé (mg/l)
A + M + MC	1 (n = 341)	0,034	0,05	0,09	0,04
	2 (n = 153)	0,16	0,21	0,23	0,02
A	1 (n = 291)	0,030	0,05	0,08	0,03
	2 (n = 55)	0,063	0,09	0,12	0,03
M	1 (n = 40)	0,066	0,09	0,10	0,01
	2 (n = 57)	0,19	0,25	0,28	0,03
MC	1 (n = 10)	0,085	0,12	0,24	0,12
	2 (n = 41)	0,17	0,17	0,23	0,06

Classe 1 : Exposition exclusive au benzène atmosphérique.

Classe 2 : Exposition mixte (atmosphérique + cutanée).

A : Automobile ; M : Motos ; MC : Motoculture.

Une autre solution consiste à effectuer une régression multiple où l'excrétion d'acide *t,t*-muconique est reliée à l'exposition atmosphérique ainsi qu'aux facteurs « tabagisme » (T) et « exposition cutanée » (EC) selon l'équation :

$$[\text{acide } t,t\text{-muconique ; mg/L}] = 0,064 + 0,032.T + 0,042.EC + 0,18 [\text{benzène ; ppm}]$$

Pour T = 1 (fumeurs) et EC = 1 (excrétion cutanée), les contributions des facteurs « fumeurs » et « exposition cutanée » sont respectivement 0,03 et 0,04 mg/L d'acide *t,t*-muconique, ce qui est cohérent avec les considérations précédentes fondées sur les estimations du modèle général. D'autre part, une analyse de variance multifactorielle, utilisant comme covariables l'exposition atmosphérique et le tabagisme, confirme les observations précédentes. La contribution de la pénétration cutanée semble donc faible et de l'ordre de grandeur de celle du tabagisme qui, dans ce contexte professionnel, reste aussi globalement assez faible.

## 8. Conclusions

D'une façon générale les résultats :

- Traduisent une exposition modérée au benzène chez les mécaniciens surveillés : 0,11 et 0,05 ppm (respectivement moyenne arithmétique et médiane) avec des concentrations atmosphériques plus ou moins importantes selon le type de garage. Cependant quelques valeurs élevées ont été constatées ponctuellement (4 valeurs supérieures à 1 ppm).
- Indiquent une excrétion d'acide *t,t*-muconique chez les mécaniciens plus importante en fin de journée de travail (médiane 0,11 mg/L) qu'en début de journée (médiane 0,06) et plus élevée que celles des témoins (test de Mann-Whitney,  $p < 10^{-7}$ ). Les concentrations urinaires en acide *t,t*-muconique sont bien en relation significative avec les concentrations en benzène atmosphérique ( $r = 0,45$ ,  $p < 10^{-4}$ ). Ces résultats confirment la pertinence du

dosage de l'acide *t,t*-muconique comme indicateur d'exposition au benzène pour des valeurs bien inférieures à la ppm.

- Confirment l'influence du tabagisme sur l'excrétion urinaire d'acide *t,t*-muconique (faibles expositions au benzène), rejoignant ainsi les conclusions de plusieurs études. La contribution médiane du tabagisme ne semble pas excéder 0,04 – 0,06 mg/l d'acide *t,t*-muconique (équivalent à 0,03 – 0,04 ppm de benzène atmosphérique).
- Permettent de mettre en évidence une faible contribution de l'exposition cutanée proche quantitativement de celle liée au tabagisme.

Au vu de ces éléments les préventeurs devront sensibiliser les mécaniciens et salariés en contact avec des carburants sur le risque d'exposition au benzène, risque modéré mais patent. Dans cette logique de prévention, une plaquette de sensibilisation sur le risque benzène destinée aux mécaniciens a été élaborée par l'INRS pour une diffusion par l'institution prévention et la médecine du travail.