



**INSTITUT NATIONAL  
DE MEDECINE AGRICOLE**

---

**Mémoire pour l'obtention  
du Diplôme de Médecine Agricole**

-----

**ETUDE DE L'EXPOSITION AU BENZENE  
LORS DES TRAVAUX EN ESPACES VERTS  
AVEC DES OUTILS ET MACHINES A MOTEUR THERMIQUE**

Mémoire présenté par  
le Dr Marguerite-Marie LAGNEAU  
*Septembre 2010*

# REMERCIEMENTS

Je remercie le Docteur **Robert GARNIER**,  
médecin toxicologue à l'hôpital Fernand Vidal (Paris),  
pour m'avoir proposé ce sujet de mémoire et avoir supervisé sa rédaction.

Je remercie Madame **Anne NICOLAS**,  
responsable du laboratoire de toxicologie et biotoxicologie professionnelles,  
Toxilabo de Nantes,  
d'avoir accepté de faire les dosages biologiques urinaires,  
en particulier gracieusement le benzène urinaire,  
et pour ses conseils.

Je remercie Monsieur **Hervé SAGEOT**,  
Ingénieur conseil-responsable du laboratoire de toxicologie industrielle  
de la Caisse Régionale d'Assurance Maladie d'Ile de France (CRAMIF),  
d'avoir participé en prenant en charge les prélèvements atmosphériques,  
tant dans la pratique que dans les résultats.

Je remercie les **responsables du laboratoire Bottier et Denis d'Evry**,  
qui m'ont permis de déposer les prélèvements et ont été un précieux relais  
avec le laboratoire de Nantes.

Je remercie Monsieur **Manuel VALLS**,  
Président de la Communauté d'Agglomération d'Evry,  
pour son accord et son intérêt à cette étude.

Je remercie le **personnel des espaces verts de la Communauté d'Agglomération d'Evry**  
pour leur participation active et volontaire à cette étude,  
qu'ils en soient ici sincèrement remerciés.

Je remercie le **Conseil Scientifique de l'INMA**  
qui a accordé un financement pour cette étude.

Je remercie **mon mari** pour sa patience et son soutien moral.

## RESUME :

Un excès de risque de leucémies et en particulier de leucémies myéloïdes chez les agriculteurs et jardiniers a été noté. Ceux-ci sont exposés à des risques chimiques liés aux pesticides, mais aussi à d'autres produits toxiques et en particulier au benzène présent dans l'essence.

Cette étude sur l'exposition au benzène lors de travaux en espaces verts a été réalisée avec dix salariés travaillant avec des outils et machines à moteur thermique.

Le benzène dans l'essence utilisée a été mis en évidence à une concentration de 0,5 % m/m, soit 5g/kg. Par les prélèvements atmosphériques, l'étude montre une exposition faible au benzène (valeurs entre 20 et 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), mais avec des taux supérieurs aux valeurs admises pour la population générale ( $< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Cette exposition est retrouvée au niveau du dosage du benzène urinaire puisque la benzénurie est multipliée de 3 à 6 fois en fin de poste par rapport au matin.

Les résultats mettent en évidence qu'il existe un risque, même s'il est faible résultant de l'exposition au benzène des salariés utilisant des outils ou des machines à moteurs thermiques. L'exposition objectivée pourrait suffire à expliquer l'excès de risque de leucémie observé chez les agriculteurs dans plusieurs études et généralement imputé à l'exposition aux pesticides de ces travailleurs, mais il est possible et même probable que le benzène ne soit pas le seul facteur de risque leucémogène pour ces salariés. Le risque d'exposition au benzène devrait être pris en compte dans la surveillance médicale des utilisateurs d'outils à moteur thermique et pour leur protection.

Mots clés : Benzène, leucémies myéloïdes, agriculteurs, prélèvements atmosphériques, benzène urinaire

## ABSTRACT :

An excess risk of leukemia, particularly myeloid leukemia among farmers and gardeners have been noted. They are exposed to chemical hazards associated with pesticides but also other toxic products and in particular to benzene in gasoline.

The study on exposure to benzene at work in green spaces has been carried out with ten employees working with tools and machines engine.

Benzene in gasoline used was highlighted at a concentration of 0,5% m/m, or 5g/kg. For air samples, the study shows a low exposure to benzene air (between 20 and 150  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) but higher than the values allowed for the general population ( $< 5\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

This exhibition is found in the determination of benzene urinary since it is multiplied by urinary dosages 3 to 6 times at the end post from the morning.

The results show that there is a risk, albeit small from exposure to benzene off employees using tools or machinery engines thermal. Exposure objectified might be enough to explain the excess risk of leukemia among farmers observed in several studies and generally attributed to exposure to pesticides of workers, but it is possible and even probable, that benzene is not the only risk factor for leukemia employees. The risk of exposure to benzene should be taken into account in the surveillance of users of heat and power tools to protect them.

Key words : benzene, leukemia myeloids, farmers, samples atmospheric, urinary benzene

# SOMMAIRE

<b>1. Introduction</b>	page 4
<b>2. Méthodes</b>	page 6
2.1 Organisation générale	page 7
2.2 Les prélèvements atmosphériques et biologiques	page 8
2.2.1 Les prélèvements atmosphériques	
2.2.2 Les prélèvements urinaires	
2.3 Les méthodes analytiques	page 9
2.3.1 Dosages du benzène atmosphérique	
2.3.2 Analyse urinaire de l'acide t,trans - muconique	
2.3.3 Analyse du benzène urinaire	
2.3.4 La créatininurie en début et fin de poste	
<b>3. Résultats</b>	page 10
3.1 Les résultats en benzène des prélèvements d'air respiratoires	page 11
3.2 Les résultats de l'acide t,trans - muconique en fin de poste	page 12
3.3 Les résultats des benzénuries en début de poste et en fin de poste	page 13
3.4 Les résultats des échantillons d'essence	page 13
<b>4. Discussion</b>	page 14
4.1 Commentaires des résultats	page 15
4.1.1 Les dosages atmosphériques	page 16
4.1.1.1 Suivi d'une équipe de 6 jardiniers	
4.1.1.2 Suivi d'une équipe de 3 forestiers	
4.1.1.3 Suivi d'un mécanicien	
4.1.2 L'acide t-trans muconique urinaire	page 17
4.1.3 Le dosage du benzène urinaire	page 18
4.1.4 Conclusion	page 18
4.2 Toxicité du benzène au long cours	page 18
4.3 Le risque de leucémie chez les travailleurs du secteur agricole et les personnes travaillant à l'entretien des espaces verts	page 19
<b>5. Conclusion</b>	page 22
<b>6. Annexes</b>	page 24
Annexe 1	page 25
Annexe 2 (a) (b) (c)	page 29
Annexe 3 (a) (b)	page 32
Annexe 4	page 34
Annexe 5	page 35
<b>7. Bibliographie</b>	page 42

# ***1 / INTRODUCTION***

## **LE CONTEXTE**

Il y a un excès de risque de leucémies, en particulier de leucémies myéloïdes chez les agriculteurs, les jardiniers, etc. (1).

Cet excès de risque est généralement imputé, à l'exposition professionnelle, à des pesticides. Cependant, il n'y a pas de preuve épidémiologique ou expérimentale d'un excès de risque de leucémie associé à une exposition à un pesticide particulier ou à une famille de pesticides (1).

Les agriculteurs et les jardiniers ne sont pas exposés uniquement à des produits phytopharmaceutiques. Ils effectuent aussi de nombreuses autres tâches les exposant à des nuisances chimiques.

Utilisant régulièrement de nombreux engins et machines à moteur thermique dont ils en assurent fréquemment les réglages, l'entretien et les réparations, les agriculteurs et les jardiniers sont ainsi exposés à différents carburants. Et il est par ailleurs fréquent qu'ils ne respectent pas l'interdiction d'utilisation des carburants comme solvants de nettoyage au cours des travaux de mécanique (2).

Or les carburants automobiles contiennent du benzène, cancérogène avéré et facteur de risque établi de leucémie, en particulier de leucémie myéloïde (IARC, 1982 (3) ; Rinsky et al. 1987, 2002 (4); US EPA (IRIS) 2005 (5)).

L'étude que nous avons conduite se propose d'objectiver et de mesurer l'exposition au benzène lors de l'utilisation de machines à moteur thermique pour l'entretien de jardins.

## ***2 / METHODES***

## 2.1. ORGANISATION GENERALE

L'étude a été conduite avec l'accord de la direction de l'entreprise et le consentement éclairé des participants.

Une réunion avec le responsable et le personnel a permis d'expliquer la méthodologie de l'étude et d'avoir l'accord du personnel.

Préalablement à l'étude, il a été pratiqué le dosage de la teneur en benzène des carburants utilisés au Centre technique.

Des échantillons des carburants utilisés ont été fournis au service de prévention des risques professionnels de la Caisse Régionale d'Assurance Maladie d'Ile de France pour analyse. Il a été fourni un échantillon de gasoil, un autre de mélange 2 temps composé d'essence ordinaire contenant 2% d'huile minérale et du supercarburant sans plomb 95.

**Les postes de travail ont été sélectionnés** en fonction de l'utilisation des carburants. Le travail sur ces machines se fait sur la journée entière. (Tableau I)

- 2 personnes se sont servies de taille-haies,
- 2 ont utilisé des débroussailleuses,
- 1 personne a utilisé une souffleuse à dos,
- 1 personne a poussé une tondeuse en marchant,
- 1 mécanicien a réparé et révisé les machines - outils (salarié n° 9)
- 3 forestiers ont utilisé une tronçonneuse.

Tableau I : LES MACHINES THERMIQUES UTILISEES

CARBURANT	MACHINES	SALARIES
mélange 2 temps	débroussailleuse	1 et 2
	souffleuse	3
	taille-haies	4 et 5
	tronçonneuse	7, 8 et 10
supercarburant 95	tondeuse marchant	6
gasoil	tondeuse autoportée	
	tracteur de pente	
	broyeur de branches	
	tondeuse grande largeur	

Les salariés 1 à 6 ont été suivis sur une journée. Les autres (7 à 10) ont été suivis sur une deuxième journée.

Le matin du jour de l'étude, les recommandations ont été répétées par rapport au tabagisme. La fumée de tabac contenant du benzène, il leur a été recommandé de limiter au maximum l'usage du tabac dans la journée. (3) Le nombre de cigarettes consommées a été systématiquement

consigné par le médecin responsable de l'étude sur la fiche de renseignement accompagnant le prélèvement urinaire.

Une fiche de renseignements a été remplie pour chaque salarié (annexe 3b) et le soir une fiche de prélèvement biologique a été remplie par le médecin responsable (annexe 3a).

## **2.2. LES PRELEVEMENTS ATMOSPHERIQUES ET BIOLOGIQUES**

### **2.2.1. Les prélèvements atmosphériques**

Ces prélèvements consistent en une mesure des concentrations atmosphériques de benzène.

Les mesurages ont été effectués par le service de prévention des risques professionnels de la Caisse Régionale d'Assurance Maladie d'Ile de France, sur toute la durée du poste de travail.

Chaque personne était équipée d'une pompe de prélèvement individuel. (Annexe 4 : Photo 9)  
Chaque système de prélèvement était composé d'un tube en verre rempli de charbon actif à 2 plages (de 900 et 300 mg), relié à une pompe régulée assurant un débit d'environ 1 litre d'air par minute, mesuré précisément.

Après prélèvement et avant analyse, les tubes ont été conservés bouchés au réfrigérateur, à l'abri de toute source de polluant. (6,7)

### **2.2.2. Les prélèvements urinaires**

Les prélèvements urinaires ont été faits

- hors du site d'exposition, dans tous les cas,
- le matin dès l'arrivée des salariés avant de mettre les vêtements de travail et après s'être lavé les mains,
- le soir, le plus rapidement possible après la fin de l'exposition (1/2 heure maximum) après que les salariés se soient changés, et se soient lavés les mains et/ou douchés.

La technique de prélèvement urinaire est décrite dans les annexes 2a, 2b, 2c.

Le recueil d'urine s'est fait dans un flacon de verre d'environ 30ml. L'étalonnage de la pipette a été fait par Toxilabo pour garantir la fiabilité des prélèvements. Vérifiée à l'expédition et à la réception, elle permet de confirmer la fiabilité des prélèvements.

Pour le dosage du benzène urinaire, matin et soir, un échantillon d'urine a été prélevé du flacon en verre : deux fois 2 ml d'urine ont aussitôt été transférés par le responsable de l'étude, dans des flacons en verre headspace (vials), en utilisant la pipette fournie par Toxilabo (soit 4 ml au total), et les 2 flacons ont immédiatement été fermés par vissage du bouchon. (Annexe 4 : Photos 1 à 6).

En fin de prélèvement, le responsable de l'étude a fait la même manipulation avec un flacon en verre rempli d'eau minérale.

Un prélèvement "Témoin – eau minérale" permet de vérifier l'absence de contamination par l'environnement du prélèvement et un "témoin pipetage" est réalisé pour vérifier que le volume introduit dans les vials est bien de 2 ml et ainsi que le volume prélevé est correct.

Le reste de l'urine a servi au dosage de l'acide trans-muconique (seulement dans les urines du soir) et de la créatinine urinaire.

Chaque flacon a été étiqueté avec les noms, prénom, date de naissance de l'intéressé, les dates et heures de prélèvement.

Chaque recueil d'urines était accompagné d'une fiche de renseignements, dûment remplie par le médecin responsable de l'étude.

Dans l'attente de l'acheminement, les échantillons ont été conservés à 4° dans une glacière puis au réfrigérateur avant d'être acheminés à Toxilabo (Nantes) où ont été faits les dosages.

## **2.3. LES METHODES ANALYTIQUES**

### **2.3.1. Dosage du benzène atmosphérique :**

Pour l'analyse, les tubes de charbon actif sont désorbés au sulfure de carbone. Le désorbat est analysé par chromatographie en phase gazeuse avec détection à ionisation de flamme. (6).

Les seuils de quantification, en optimisant les paramètres de prélèvement et d'analyse, sont de l'ordre de 10 à 20 µg de benzène par m<sup>3</sup> d'air.

### **2.3.2. Analyse urinaire de l'acide trans, trans-muconique :**

La concentration urinaire d'acide trans, trans-muconique, métabolite du benzène, est mesurée en fin de poste de travail. Pour ce qui est de l'analyse de l'acide trans,trans-muconique, la quantification se fait par Chromatographie liquide Haute Performance (HPLC-UV) grâce à un système de switch sur trois colonnes. Le laboratoire emploie un détecteur UV qui mesure l'absorption de la lumière par le produit à la sortie de la colonne. C'est une méthode de séparation des constituants d'un mélange (8).

Il n'existe pas de norme, pour le dosage de l'acide trans,transmuconique. La méthode de dosage de l'acide trans, trans-muconique a été développée à partir de la publication de Ducos et al. (9).

### **2.3.3. Analyse du benzène urinaire :**

La benzénurie a été mesurée en début et en fin de poste de travail.

La méthode permet la détermination du benzène dans l'urine *via* l'utilisation d'un équipement Headspace-Trap. Ce dernier a pour principe d'adsorber sur un piège adsorbant les vapeurs mises en équilibre, puis de les désorber par simple chauffage. La séparation ainsi que la détection se font par chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse.

Il n'existe actuellement pas de norme pour cette méthode (10,11).

### **2.3.4. La créatininurie en début et fin de poste :**

Le dosage est fait par spectrophotométrie. (12,13)

Les valeurs de benzénurie et d'acide t,trans muconique sont exprimés par rapport à cette valeur pour tenir compte de la diurèse.

## ***3 / RESULTATS***

### 3.1. DOSAGES ATMOSPHERIQUES DE BENZENE AU NIVEAU DES VOIES RESPIRATOIRES

Tableau II : RESULTATS DU DOSAGE DU BENZENE ATMOSPHERIQUE CHEZ CHAQUE SALARIE

	AGE (ans)	PROFESSION	RESULTATS en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	30	jardinier débroussaillage	30
2	40	jardinier débroussaillage	40
3	48	jardinier souffleuse	6
4	42	jardinier taille haies	150
5	28	jardinier taille haies	80
6	45	jardinier tondeuse	20
7	46	forestier	50
8	38	forestier	60
9	52	mécanicien	50
10	58	forestier	60

Il a été par ailleurs mis en évidence des traces de n-hexane, de toluène, de xylène et d'hydrocarbures benzéniques en C9 - C12.

### 3.2. DOSAGES DE L'ACIDE TRANS, TRANS- MUCONIQUE EN FIN DE POSTE

Tableau III : VALEUR D'ACIDE T,T-MUCONIQUE RETROUVEE EN FIN DE POSTE CHEZ CHAQUE SALARIE

	AGE (ans)	PROFESSION	tabac	créatininurie g/L	urines / ac. muconique mg/L	urines / ac. muconique mg/g de créat. (*)
1	30	jardinier débroussaillage	F20C	1,94	0,24	0,12
2	40	jardinier débroussaillage	NF	1,07	<0,02	<0,02
3	48	jardinier souffleuse	F20C	1,98	0,7	0,35
4	42	jardinier taille haies	F10C	1,99	0,2	0,1
5	28	jardinier taille haies	NF	1,47	1,1	0,75
6	45	jardinier tondeuse	NF	2,01	2	1
7	46	forestier	NF	2,2	0,32	0,15
8	38	forestier	NF	3,19	0,18	0,06
9	52	mécanicien	NF	1,23	0,19	0,15
10	58	forestier	NF	3,31	0,2	0,06

(\*) : Valeurs corrigées par rapport à la créatinine : mg d'acide t,t-transmuconique par g de créatinine.

### 3.3. DOSAGES DE LA BENZENURIE EN DEBUT DE POSTE ET FIN DE POSTE

Tableau IV : DOSAGES DE BENZENE URINAIRE EN DEBUT ET FIN DE POSTE CHEZ CHAQUE SALARIE

AGE	IMC	MOMENT DU PRELEVTE	HEURE	BENZENURIE en ng/L	BENZENURIE en ng/g de créatinine (*)	TABAC	TRAVAIL
1 30 ans	25,69	DP	8 h 30	1 125	370	F 20C	Débroussaillage
		FP	17h	500	258		
2 40 ans	27,71	DP	8 h 30	83	104	NF	Débroussaillage
		FP	17h	368	344		
3 48 ans	32	DP	8 h 30	1107	1016	F 20 C	souffleuse
		FP	17h	1518	767		
4 42 ans	22,79	DP	8 h 30	558	503	F 10 C	taille-haie
		FP	17h	6111	3071		
5 28ans	22,4	DP	8 h 30	117	96,7	NF	taille-haie
		FP	17h	312	212		
6 45 ans	19,72	DP	8 h 30	< 50	< 57	NF	tondeuse marchant
		FP	17h	276	137		
7 46 ans	24,85	DP	8 h 30	< 50	< 79	NF	forestier tronçonnage
		FP	17h	1205	548		
8 38 ans	20,95	DP	8 h 30	129	67,2	NF	forestier tronçonnage
		FP	17h	579	182		
9 52 ans	27,45	DP	8 h 30	< 50	< 26	NF	mécanicien
		FP	17h	163	133		
10 58 ans	30,92	DP	8 h 30	484	247	NF	forestier
		FP	17h	2364	714		
TEMOIN EAU		< 50					

(\*) : Valeurs corrigées par rapport à la créatinine : ng de benzène par g de créatinine

IMC : Indice de Masse Corporelle

F 20 C : environ 20 cigarettes / jour

F 10 C : environ 10 cigarettes / jour.

Le témoin eau - minérale n'a pas montré de source de contamination externe sur le témoin de prélèvement.

Le témoin - pipette a confirmé que le volume d'urine prélevé était correct.

### 3.4. DOSAGES DU BENZENE DANS LES ECHANTILLONS D'ESSENCE

Le benzène a été mis en évidence à une concentration de 0,005 mg/m<sup>3</sup> dans les échantillons de mélange 2 temps et d'essence sans plomb 95. La méthode n'est pas référencée. C'est une technique de chromatographie puis préparation de solutions pour une quantification en spectrométrie de masse.

Il n'a pas été détecté dans l'échantillon de gasoil (seuil de détection de la méthode: 0,001 mg/m<sup>3</sup>).

## ***4 / DISCUSSION***

## 4.1. COMMENTAIRES DES RESULTATS

L'exposition au benzène est démontrée par la bio métrologie et métrologie atmosphérique.

4.1.1. **Les dosages atmosphériques** : Ils montrent des concentrations moyennes pondérées de benzène sur 8 heures comprises entre 20 et 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La valeur limite de moyenne d'exposition professionnelle (VME) du benzène est une valeur réglementaire contraignante fixée à 3,25  $\text{mg}/\text{m}^3$  d'air (1ppm).

Les concentrations en benzène mesurées au niveau des voies respiratoires des jardiniers, des forestiers et du mécanicien sont toutes très inférieures à cette valeur réglementaire. Les résultats obtenus ne montrent pas une exposition importante de l'ensemble des salariés. Le risque chimique est donc faible.

Cependant les résultats obtenus sont supérieurs à la valeur limite retenue par l'Union européenne pour la population générale. La directive n° 2000/69/CE du 16 novembre 2000 relative au benzène a fixé une valeur limite pour la population générale de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2010.

L'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET) propose des valeurs guides de qualité de l'air intérieur. (14). Les Valeurs toxiques de référence (VTR) respiratoires du benzène sont construites pour des effets non cancérogènes après des expositions aiguës, intermédiaires et chroniques et pour des effets cancérogènes après des expositions chroniques. Ce sont ces derniers que nous allons comparer. Pour les effets cancérogènes induits par le benzène, le VTR est sans seuil. Elle est fixée à 1,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour un risque de  $10^{-5}$ , que l'on peut considérer comme un risque acceptable.

Les Valeurs Guides de qualité de l'Air Intérieur (VGAI) proposées par l'Afsset sont :

- pour les effets hématologiques non cancérogènes : 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une durée d'exposition supérieure à 1 an.
- pour les effets hématologiques cancérogènes : 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (valeur arrondie) pour une durée d'exposition « vie entière », correspondant à un excès de risque de  $10^{-5}$ .

La voie d'exposition principale de la population générale au benzène est l'inhalation. L'Afsset, par rapport à des propositions de Valeurs Guides de qualité d'air intérieur – benzène, a émis des recommandations, suite aux résultats de la campagne nationale Logement de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) :

- . La concentration atmosphérique moyenne de benzène dans l'habitat est de 2,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (IC 95% 1,9 – 2,2).
- . Les concentrations dans l'air extérieur relevées en France par les associations de surveillance sont comprises entre 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en sites urbains de fond et environ 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en sites de proximité de trafic automobile. En moyenne horaire, ces concentrations peuvent atteindre 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (15)

Compte tenu de ces chiffres, le Haut Comité de la Santé Publique fixe des valeurs pour les expositions chroniques sur le long terme : 5  $\mu\text{g} / \text{m}^3$  comme valeur de repère qualité d'air, en tendant à une valeur de 2  $\mu\text{g} / \text{m}^3$  en 2015. L'objectif de qualité pour la concentration de benzène dans l'air ambiant (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) est la valeur arrondie de la concentration atmosphérique (1,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) correspondant à un excès de risque de leucémie de  $10^{-5}$  (1 pour 100 000) pour une exposition vie entière (au sens de l'OMS : 24 heures / 24 x 70 ans) (16).

#### 4.1.1.1. Suivi d'une équipe de 6 jardiniers : (Tableau II).

Les concentrations de benzène mesurées au niveau des voies respiratoires des jardiniers sont toutes très inférieures à la VME fixée à  $3,25 \text{ mg/m}^3$  d'air et ne dépassent pas 5 % de cette valeur.

La concentration la plus faible ( $6 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ) est mesurée au niveau des voies respiratoires du salarié n°3 qui souffle les résidus de déchets verts et le bord des allées. Il est souvent isolé des autres salariés. En faisant le bord des allées, il provoque beaucoup de poussières. Il porte assez fréquemment dans la journée un masque FFP1. La souffeuse est portée à dos, le moteur est derrière lui. (Annexe 5 : photos 7 et 8).

Les concentrations en benzène mesurées au niveau des voies respiratoires des salariés n° 1 ( $30\mu\text{g/m}^3$  d'air) et n° 2 ( $40\mu\text{g/m}^3$  d'air) chargés du débroussaillage, sont légèrement plus élevées. Ils travaillent souvent à proximité l'un de l'autre. (Annexe 5 : photos 12 et 13)

Avec des concentrations en benzène de  $80\mu\text{g/m}^3$  d'air et de  $150 \mu\text{g/m}^3$  d'air, les salariés n° 4 et 5 qui ont taillé les haies sont les plus exposés aux vapeurs de benzène. La taille des haies impose le maintien de l'outil à hauteur de la poitrine, l'échappement des gaz s'effectuant alors non loin de leurs voies respiratoires. De plus, travaillant presque continuellement à moins de 10 mètres l'un de l'autre, ils sont susceptibles de s'exposer mutuellement. (Annexe 5 : photos 10 et 11).

Une concentration en benzène de  $20\mu\text{g/m}^3$  d'air a été mesurée au niveau des voies respiratoires du salarié n° 6 chargé de la tonte des pelouses. Travaillant isolément, ce ne sont que les gaz d'échappement produits par la combustion de l'essence dans le moteur de la tondeuse qui ont pu entraîner l'exposition du salarié. (Annexe 5 : photo 14).

#### 4.1.1.2. Suivi d'une équipe de trois forestiers : (Tableau II). (Annexe 5 : photos 17 à 20).

Les concentrations en benzène mesurées au niveau des voies respiratoires des trois forestiers sont équivalentes : elles sont de 50 et  $60 \mu\text{g/m}^3$ , correspondant à moins de 2 % de la VME.

Les valeurs pour les 3 forestiers sont équivalentes. Le forestier n°10 qui a fait du tronçonnage toute la journée n'a pas une valeur plus élevée. Les forestiers n° 7 et 8 ont fait du tronçonnage le matin et du broyage l'après-midi avec une machine fonctionnant au diesel. Ils ont travaillé sur une zone balisée et distant au maximum de 10 à 15 mètres.

#### 4.1.1.3. Suivi d'un mécanicien dans l'atelier d'entretien des véhicules et des matériels (n°9) : (Tableau II). (Annexe 5 : photos 15 et 16).

La concentration mesurée au niveau des voies respiratoires du mécanicien (salarié n° 9) est de  $50\mu\text{g/m}^3$ .

Son activité s'est partagée entre l'entretien mécanique des véhicules légers fonctionnant au diesel et l'entretien des matériels de jardinage fonctionnant avec le mélange 2 temps. Il travaille dans un vaste hangar ( $25 \times 25 \times 10 \text{ m}$ ), la large porte était ouverte.

Toutes les concentrations mesurées au niveau des voies respiratoires de ces salariés utilisant des engins à moteur thermique ou en assurant l'entretien sont faibles si la valeur de référence est la VME, mais chez tous, les dosages atmosphériques objectivent une exposition au benzène

supérieure à celle de la population générale et aux valeurs de référence qui sont applicables à cette dernière.

#### 4.1.2. L'acide t-trans muconique urinaire

Le dosage de l'acide trans, trans-muconique (t,t-MA) dans les urines est un bon indicateur biologique d'exposition, lorsque le prélèvement est fait en fin de poste de travail, dans l'heure qui suit la fin de l'exposition. En milieu professionnel, une bonne corrélation existe entre les concentrations atmosphériques de benzène et celles du t,t-MA urinaire de fin de poste.

Quand les expositions sont fortes à modérées, la concentration urinaire de l'acide trans,trans-muconique en fin de poste de travail est un bon indicateur biologique d'exposition, mais il manque de spécificité et de sensibilité à des bas niveaux d'exposition, ce qui est le cas dans cette étude.

La valeur de référence dans la population générale est inférieure à 0,5 mg/g. de créatinine chez les fumeurs (soit 0,5 mg/L) (< 0,05 mg/g de créatine chez les non-fumeurs).

Dans l'étude, il n'y a pas de différence significative entre fumeurs et non-fumeurs. Mais les concentrations mesurées sont quasi toutes supérieures à 0,05 mg/g de créatine chez les non-fumeurs. (Tableau III).

Pour 8 salariés la valeurs des concentrations urinaires en acide trans,trans-muconique en fin de poste est comprise entre <0,002 et 0,32 mg/l, ce qui est inférieur à la valeur de référence de 1,2 mg/l (0,9mg/g de créatine), correspondant à la valeur limite atmosphérique de 1 ppm édictée par l'Union Européenne.

La valeur corrigée par la créatine urinaire est comprise entre 0,02 à 0,35 mg/g de créatine, elle est donc inférieure à la valeur de référence. Cette valeur est également inférieure à 0,5 mg/g de créatine, indice biologique d'exposition au benzène préconisé par l'ACGIH (Américan conference of governmental industrial hygienists) pour une exposition atmosphérique pondérée de 0,5 ppm.

On peut en conclure que pour une majorité des salariés les concentrations mesurées indiquent une exposition réelle, mais faible ; pour les salariés n° 5 et 6 les taux sont supérieurs à 1 mg/L, bien que ces salariés soient non-fumeurs.

Le tabagisme est un important facteur de confusion pour l'interprétation des résultats. La cigarette augmente la valeur chez le fumeur, chaque cigarette contenant environ 50µg de benzène par cigarette.

L'acide sorbique (additif alimentaire, conservateur de produits cosmétiques et pharmaceutiques), métabolisé en t,t-MA, peut interférer avec ce dosage en augmentant les taux de t,t-MA.

La charge de travail effectuée que l'on pourrait étudier par le nombre de remplissages, l'indice de masse corporelle sont d'autres facteurs qui pourraient interférer (1).

#### 4.1.3. Le dosage du benzène dans les urines immédiatement en fin de poste a été proposé

Il est spécifique. Une bonne corrélation existe avec les concentrations atmosphériques, même pour de faibles expositions ( $< 0,1 \text{ ppm} = 325 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). C'est le marqueur à privilégier pour des expositions faibles  $< 0,1 \text{ ppm}$  (voire même  $< 0,01 \text{ ppm} = 32,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) avec des concentrations urinaires variables autour de 0,2 et 2  $\mu\text{g}/\text{L}$ . Le prélèvement doit impérativement être effectué à l'écart de toute source de benzène, en raison du risque majeur de contamination externe.

Notre étude confirme que la benzénurie est un marqueur sensible et spécifique à l'exposition au benzène même à de basses concentrations.

Une étude faite en 2005, chez des pompistes, des policiers et des chauffeurs de bus, a permis de montrer l'intérêt du dosage du benzène urinaire pour les faibles expositions par rapport aux autres dosages, et que c'est un marqueur de choix. (17).

Une 2ème étude, parue en 2008 (18) a montré la spécificité et la sensibilité du dosage du benzène urinaire pour de bas niveau d'exposition.

Les limites de ce dosage sont liées à la technique de prélèvement, le liquide étant très volatil (voir ci-dessus) et du fait d'interférences d'autres sources de benzène (tabagisme), ou de paramètres modifiant la cinétique d'élimination du benzène (alcool, poids).

Dans notre étude (Tableau IV), pour la benzénurie, les résultats sont cohérents : la benzénurie entre début et fin de poste est augmentée avec une corrélation par rapport à la mesure de benzène dans l'air, pour 8 salariés sur 10. Pour 2 salariés la benzénurie fin de poste est plus faible qu'en début de poste, d'autres facteurs doivent interférer. Ce sont les 2 fumeurs de 10 à 20 cigarettes par jour.

#### 4.1.4. Conclusion

Les concentrations atmosphériques moyennes pondérées de benzène, mesurées au niveau des voies respiratoires des salariés qui ont participé à cette étude sont comprises entre 6 et 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ce qui est bien en dessous de la valeur maximale d'exposition fixée à 3,25  $\text{mg}/\text{m}^3$  d'air. Par contre ces chiffres sont supérieurs à la valeur limite retenue par l'Union européenne pour la population générale qui est de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et à la valeur cible de 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  correspondant à un excès de risque de leucémie de 1 pour 100 000 pour une exposition continue (24 h/24), vie entière (70 ans).

Pour l'acide trans,trans-muconique les valeurs sont quasi toutes supérieures aux valeurs de référence pour la population générale ; elles dépassent 1  $\text{mg}/\text{L}$ , chez deux salariés.

Pour le dosage du benzène urinaire, la concentration mesurée en fin de poste est de 3 à 6 fois supérieure à celle mesurée sur les prélèvements faits avant la prise de poste, ce qui ne peut être lié qu'au travail effectué et à l'environnement atmosphérique chez les non-fumeurs (chez les fumeurs, le tabagisme a pu également participer à cette élévation).

## 4.2. TOXICITE DU BENZENE AU LONG COURS

Les voies d'entrée sont cutanées, digestives, et respiratoires.

Le benzène peut avoir une toxicité par contact cutané. Cette exposition contribue à l'exposition globale. C'est pour cela que dans l'étude ont été notés les incidents qui peuvent survenir au cours des remplissages des machines, qu'il a été noté le port de gants ou non.

Le benzène peut avoir des effets sur le sang et les organes hématopoiétiques.

Cette substance se distingue, pour l'espèce humaine, par sa grande toxicité pour les cellules sanguines et les organes qui les produisent (moelle osseuse). Il peut provoquer une dépression médullaire. L'exposition peut être ancienne. Toutes les lignées peuvent être atteintes.

Le problème le plus préoccupant est la survenue de syndromes myéloprolifératifs liés à l'exposition répétée, mais il faut savoir qu'il n'y a pas de seuil de toxicité. Les plus fréquents de ces syndromes sont des leucémies aigües myéloblastiques et les formes apparentées. Cet effet cancérigène est sans seuil. En d'autres termes, il n'y a pas de niveau ou de durée d'exposition en deçà duquel ou de laquelle il ne puisse être observé. La probabilité de sa survenue augmente avec la dose cumulée.

Il a été démontré chez l'animal et chez l'homme, qu'il pouvait induire des altérations génétiques.

Il peut être aussi source d'atteinte du système immunitaire et à des concentrations importantes d'effets sur le système nerveux.

Le benzène est classé et étiqueté cancérigène catégorie 1 (C1) par la réglementation européenne. (R45 « peut provoquer le cancer » et R11 « facilement inflammable » (JOCE, 2004), et mutagène catégorie 2 (M2) : substance pour laquelle il existe une forte présomption que l'exposition de l'homme à cette substance puisse produire des défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence.

CIRC-IARC : Groupe 1 agent cancérigène pour l'homme (1987)

US EPA (IRIS) : Catégorie A : Substance cancérigène pour l'homme (1988).

Des pathologies liées à l'exposition au benzène sont prises en compte dans les tableaux des maladies professionnelles N°4 du Régime Général et N°19 du Régime Agricole pour les hémopathies et N°4 bis et N° 84 du Régime Général et N°19 bis du Régime Agricole pour les troubles digestifs et neurologiques.

Le benzène est présent dans les carburants automobiles, l'essence sans plomb. La teneur en benzène des carburants est au maximum de 1% en volume depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2000 (directive 98/70 CE). Sa concentration dans le gasoil pour les moteurs diesel est beaucoup plus faible.

Il n'y a pas de dose seuil pour le risque leucémique.

En 1987, Rinsky a montré dans son étude une augmentation du risque relatif multiplié par 3 pour une exposition à 5 ppm pendant 40 ans et une augmentation multipliée par 10 pour une exposition à 10ppm pendant 40 ans.

On considère que pour une concentration atmosphérique de  $1,7\mu\text{g}/\text{m}^3$  (air ambiant), il correspond à un excès de risque leucémique de  $10^{-5}$  pour une exposition vie entière (au sens de l'OMS : 24 heures / 24 x 70 ans). Dans notre étude les taux d'exposition sont faibles puisqu'ils sont compris entre  $30\mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Il peut donc être calculé une fourchette d'excès de risque compris entre  $0,22 \cdot 10^{-4}$  et  $1,1 \cdot 10^{-4}$  pour un travail continu de 8 heures / 24, de 5 jours / 7, de 11 mois sur 12 et de 40 ans / 70 ans. Cet excès de risque pour les jardiniers est bien sûr moindre, car le travail effectué n'est pas constant. Il y a des temps où l'emploi des machines ne se fait pas : nettoyage, désherbage, plantations. Peut-on évaluer à la moitié de temps de travail ? Soit un excès de risque compris entre  $1,1 \cdot 10^{-5}$  et  $5 \cdot 10^{-5}$ . Ce qui est un risque faible, mais qui est supérieur à celui accepté pour la population générale. (5)

#### **4.3. LE RISQUE DE LEUCEMIE CHEZ LES TRAVAILLEURS DU SECTEUR AGRICOLE ET LES PERSONNES TRAVAILLANT A L'ENTRETIEN D'ESPACES VERTS**

L'étude SUMER (SURveillance MEDicale des Risques) de 2003 montre que les salariés du Régime Agricole sont globalement plus exposés aux agents chimiques que l'ensemble des salariés. Entre autres, ils sont exposés à des carburants, des gaz d'échappement autres que le diesel. (19)

Lors d'un Symposium organisé par l'Institut National de Médecine Agricole (Tours), une étude sur l'exposition au benzène chez des bûcherons a été présentée en 2001. Le métabolite étudié a été l'acide trans, trans-muconique, et cette étude n'a montré qu'une exposition au benzène faible et inconstante. (20)

Les causes des leucémies sont nombreuses : les facteurs génétiques, des anomalies héréditaires, des facteurs environnementaux qui sont les rayonnements ionisants, peut-être les pesticides, le tabac, certains aliments, les modes de vie, la radiothérapie, la chimiothérapie.

Une publication en avril 2007 (21) a présenté la première méta-analyse de publications sur l'exposition aux produits phytopharmaceutiques, comme facteur de risque professionnel de leucémie myéloïde. Cette étude permet d'identifier deux populations à risque : les ouvriers travaillant dans les unités de production et les applicateurs professionnels de produits phytosanitaires.

Les expositions environnementales ou l'utilisation des produits phytopharmaceutiques considérées comme un risque de tumeurs sanguines ont été largement étudiées à travers les populations d'agriculteurs et de travailleurs agricoles dans les communautés rurales et dans des unités de fabrications de produits phytosanitaires, mais les résultats ne sont pas cohérents. Il n'a pas été possible de classer les types de leucémies, la nomenclature étant ancienne et le nombre de cas étudiés étaient limités. Dans les études publiées, le risque relatif de leucémie est généralement compris entre 1,1 et 2,5.

Dans la méta-analyse les auteurs soulignent la divergence entre les études de cohorte qui mettent en évidence un risque accru de leucémie aiguë myéloïde (LAM), et les études cas-témoin desquelles émerge un risque accru de leucémie myéloïde chronique (LMC).

L'exposition au benzène n'a jamais été évoquée chez les agriculteurs.

Il est connu que l'exposition au benzène est une des causes principales de LAM. Pour le risque de leucémie myéloïde chronique associé à l'exposition au benzène, les données épidémiologiques disponibles ne permettent pas de conclure.

Notre étude montre une exposition significative au benzène, tant par les concentrations de benzène dans les dosages atmosphériques (supérieurs aux normes européennes), que par les évolutions du benzène urinaire entre le début et la fin de l'activité au poste (taux multiplié par 3 à 6). La toxicité du benzène étant sans seuil, la valeur retrouvée est supérieure à la valeur acceptable pour la population.

Le niveau d'exposition observé est suffisant pour expliquer les excès de risque de leucémie généralement observés chez les agriculteurs. Il est possible (et même probable) que le benzène ne soit pas la seule cause de l'excès de risque de leucémie rapporté chez les agriculteurs, mais il est certainement l'une d'entre elles et cependant rarement reconnu comme tel.

## ***5 / CONCLUSION***

Notre étude montre que l'exposition au benzène résultant de l'utilisation d'outils à moteur thermique en milieu agricole est faible, mais suffisante pour être à l'origine d'un excès de risque de leucémie, par rapport à la population générale.

Dans les travaux effectués, le risque principal concerne les travailleurs utilisant le taille-haie :

- . Ils ont les valeurs les plus hautes au niveau atmosphérique,
- . Pour l'acide trans, trans-muconique les valeurs, bien que faibles sont dans les plus élevées,
- . Pour la benzénurie est multipliée par 2,5 (salarié 5) et 6 (salarié 4),
- . L'outil est porté à hauteur de la poitrine et l'échappement des gaz est à hauteur des voies respiratoires. (Annexe photo 9),
- . De plus les 2 salariés travaillaient à proximité l'un de l'autre.

Les forestiers ont des résultats quasiment similaires, tant pour les dosages atmosphériques, l'acide trans, trans-muconique que pour le benzène urinaire dont le taux est multiplié par 3 entre le début et fin de poste. Ils travaillent à proximité les uns des autres.

Le souffleur présente les chiffres les plus bas, pour le benzène atmosphérique ; l'augmentation de la concentration urinaire de l'acide trans, trans muconique observée est probablement plutôt due au tabagisme. Ce salarié travaille souvent seul, l'appareil est porté à dos et le travailleur porte souvent une protection respiratoire.

Les risques liés à l'exposition au benzène justifient d'être pris en compte chez les salariés agricoles utilisateurs d'outils à moteurs thermiques.

Elle devrait être signalée dans leur fiche d'exposition et faire l'objet d'une attestation d'exposition au moment du départ de l'entreprise.

Le port d'un masque A1 (ou A1P1 ou A1P2) permettrait de diminuer la contamination respiratoire.

Il serait judicieux que les salariés travaillent à distance les uns des autres pour éviter la contamination de proximité.

Pour les appareils portés devant la poitrine, il faudrait que les évacuations des gaz puissent se faire derrière l'opérateur. Ceci nécessiterait des modifications sur les machines elles-mêmes avec d'éventuelles conséquences sur les coûts de fabrication.

Une autre solution serait d'avoir une essence de remplacement qui n'aurait pas d'effets toxiques.

La surveillance médicale devrait aussi prendre en compte cette exposition, faible, mais avérée et supérieure à celle de la population générale :

- . Hémogramme avant l'affectation au poste de travail,
- . Pas d'exposition des personnes ayant des antécédents de maladie hématologique maligne,
- . Surveillance clinique et répétition périodique de l'hémogramme.

La concentration urinaire de l'acide trans, trans-muconique n'est pas un indicateur biologique d'exposition assez sensible pour être utile à la surveillance de cette catégorie de travailleurs. Mais par contre, la benzénurie semble un paramètre intéressant pour lequel cependant on ne dispose pas encore de valeurs de référence validées.

## **6 / ANNEXES**

## ANNEXE 1

### LES JARDINIERS

Le début de poste est à 8 h 30. Ils ont une pause-déjeuner de 12 h à 13 h 30, puis ils reprennent le travail et rentrent à 16 h 30.

Pour se rendre sur leur lieu de travail, ils partent du Centre technique en camion. Le trajet dure environ 15 minutes. L'habitacle du camion est séparé des outils, sauf pour le N° 3 ayant un véhicule léger.

Ils portent des gants en cuir. Le temps était ensoleillé.

**Le jardinier n° 1** a 30 ans. Il travaille depuis 7 ans aux espaces verts. Il fume de 11 à 20 cigarettes / jour. La dernière a été fumée la veille au soir vers 21 h. Dans la journée il a fumé une cigarette à 8 h 30, à 9 h, à 11 h 20 et 3 jusqu'à 13 h, soit 6 au total dans la journée.

Au point de vue alimentaire, il a pris des céréales le matin. Dans la journée, il a bu eau, sirop de grenadine et cafés.

Son activité est le débroussaillage. Le matin de 9 h 30 à 11 h 15, il a passé la machine sur un talus en bordure de route. L'après-midi de 13 h 50 à 16 h 15, il a débroussaillé dans le parc jusqu'au bord d'une route. Ce travail a entraîné beaucoup de projection d'herbes sur la totalité des vêtements.

Il a rempli le réservoir de sa débroussailleuse avec 1 litre de mélange 2 temps à 9 h 30, puis à 10 h 45 et à 16 h 05, sans incident. Cette opération a été réalisée à mains nues.

Le matin il était habillé en vêtement de ville. Il a mis sa tenue de travail au Centre technique, et l'a retirée le soir. Par contre, il a pris sa douche chez lui.

Au point de vue protection individuelle, il portait une veste et un pantalon de travail mis depuis 3 jours, des chaussures de sécurité, des gants usagés, mais corrects et enlevés pour les remplissages. Pour le repas du midi, les vêtements n'ont pas été enlevés. Pendant le travail, il a mis une visière ajustée et un casque antibruit.

La veille, il avait pratiqué la tonte sur une tondeuse auto portée.

**Le jardinier n° 2** a 40 ans. Il travaille depuis 2 ans aux espaces verts. Il est non-fumeur. Dans la journée il a bu de l'eau et du café.

Son activité est le débroussaillage. Son activité a été la même que celle du jardinier n°1. Ils ont travaillé à distance l'un de l'autre.

Il a rempli le réservoir de sa débroussailleuse aux mêmes heures que son collègue n°1. Cette opération est réalisée également à mains nues.

Le matin il était habillé en vêtement de ville. Il a mis sa tenue de travail au centre technique, et la retire le soir. Par contre, il a pris sa douche chez lui.

Au point de vue de la protection individuelle, ce sont les mêmes observations que pour le n°1. Il portait en plus des jambières anti-coupure renforcées par du kevlar. Pour le repas du midi,

les vêtements n'ont pas été enlevés. Pendant le travail, il a mis une visière ajustée et un casque antibruit.

La veille, il avait pratiqué la tonte sur une tondeuse auto portée le matin et avait fait du débroussaillage l'après-midi.

**Le jardinier n° 3** a 48 ans. Il travaille depuis 1 an aux espaces verts. Il fume 11 à 20 cigarettes par jour. Il avait fumé la dernière le matin à 5h. Dans la journée il a fumé 1 cigarette à 8 h 30, 9 h 15, 11 h 20 et 2 vers 13 h.

Il a utilisé souffleuse autoportée durant toute la journée. Le matin de 9 h 25 à 10 h 30, soufflage des allées ce qui provoque beaucoup de poussière, puis de 10 h 30 à 11 h 10, soufflage au niveau de la voie urbaine (voie seulement ouverte aux bus). L'après-midi de 13 h 50 à 16 h 10, soufflage des allées et trottoirs à proximité d'une rue et à distance des débroussaillieurs.

Il a rempli le réservoir de sa souffleuse avec 2 litres de mélange 2 temps la veille, puis à 10 h 10, et à 15 h. Le matin a eu lieu un débordement à l'ouverture du bidon. Il a fait le remplissage sans gants.

Au point de vue des vêtements, il est arrivé de chez lui avec sa tenue, portée depuis 1 jour ½. Ses gants étaient usagés et à changer. Il a porté un masque FFP1, quasiment tout l'après -midi.

La veille, il avait travaillé sur une tondeuse autoportée.

Il se déplace en voiture avec à l'arrière le matériel (machine, bidons). Il n'y a pas de séparation avec le poste de conduite. Il est rentré chez lui le midi avec la même voiture.

Les jardiniers n° 1, n° 2 et n° 3 ont travaillé ensemble l'après-midi. Près d'eux, il y avait une forte odeur d'essence.

**Le jardinier n° 4** a 42 ans. Il travaille depuis 26 ans aux espaces verts. Il fume 5 à 10 cigarettes / jour. La dernière cigarette avait été fumée la veille au soir à 23 h. Dans la journée, il a fumé 1 cigarette à 8 h 40, 9 h 20, 11 h 20 et 2 vers 13 h. Dans la journée, il a bu de l'eau et du café.

Son activité principale de la journée a été l'utilisation du taille-haie, porté à ½ hauteur, souvent près des capteurs.

Le matin, de 9 h 30 à 11 h, il a taillé environ 60m de haies le long du parc, près d'une voie de bus. L'après-midi de 13 h 50 à 15 h, il a taillé des haies à l'intérieur du parc (dont épineux de type piracantas). Le reste de la matinée, il a fait du ratissage, le matin à proximité du souffleur.

Il n'a pas rempli sa machine. Le remplissage a été fait par son collègue n°5.

Il a mis ses vêtements de travail en arrivant et s'est changé en repartant. Il a pris sa douche chez lui le soir. Il portait pantalon changé 3 jours plus tôt. Il n'a pas mis de veste, seulement un maillot à manches courtes. Il n'a pas utilisé de gant ni de masque, mais il portait des chaussures de sécurité et un casque anti bruit ajusté. Le midi, il a mangé sur place, sans se changer.

La veille il avait fait du broyage toute la journée, en cabine.

**Le jardinier n° 5** a 28 ans. Il travaille depuis 1 an ½ aux espaces verts. Il est non-fumeur. Dans la journée, il a bu du jus d'orange.

Il a fait le même travail que son collègue n° 4.

Les jardiniers n° 4 et n° 5 travaillent souvent côte à côte. L'engin est tenu à hauteur de la poitrine et des odeurs d'essence sont perceptibles lorsque les machines tournent à pleine puissance.

Il a rempli le réservoir des deux taille-haies avec 0,5 litre de mélange 2 temps à 10 h puis à 13 h 50, sans incident. Cette opération a été réalisée avec des gants.

Le matin, il a mis ses vêtements sur le lieu de travail. Par contre, il s'est douché le soir chez lui. Sa tenue (pantalon et veste) était portée depuis 3 jours. Il a utilisé ses chaussures de sécurité. Les gants ont été portés en permanence, mais ils étaient usagés, voire troués. Il a mis un casque anti bruit et porté une visière, mais non ajustée. Il n'a pas utilisé de masque.

La veille, il avait fait du débroussaillage toute la journée.

**Le jardinier n° 6** a 45 ans. Il travaille aux espaces verts depuis 11 ans. Il fume moins de 5 cigarettes par jour. La dernière avait été fumée la veille à 13 h. Il n'a pas fumé de la journée.

Il a utilisé la tondeuse en marchant le matin de 9 h à 11 h 20 et l'après-midi de 13 h 50 à 15 h 10. Ensuite il a fait du ratissage jusqu'à 16 h 15, à distance des machines. La tondeuse fonctionne avec de l'essence Super sans plomb 95 et elle a été remplie de 2 litres de carburant à 13 h.

Ses vêtements de travail, pantalon et veste, ont été changés le jour de l'étude. Il a porté des gants tout le temps, mais ils étaient très usagés, voire troués. Il n'a pas utilisé de masque, mais il portait un casque antibruit.

La veille, il avait fait de la tonte avec une tondeuse auto-portée.

Le soir, une faible quantité d'urines a été recueillie.

### **LE MECANICIEN**

**Le mécanicien n° 9** a 52 ans. Il est non-fumeur. Il a bu dans la journée de l'eau et du café. Il est rentré chez lui le midi, sans se changer.

Il a travaillé sur place, au niveau du garage du Centre technique. Il est intervenu fréquemment sur du matériel ou des véhicules diesel. Il a travaillé dans l'atelier en permanence avec la porte ouverte (4m de large, 5m de haut). Le garage est vaste (25 x 25 x 10 m) et dispose d'un réseau d'évacuation des gaz avec des gaines souples pour capter les sorties d'échappement. Ce dispositif n'a pas été utilisé.

Il a travaillé de 8 h 30 à 12 h et de 13 h à 16 h 40 :

- . 9 h 15 à 9 h 30 et de 9 h 40 à 10 h 50 : réglage des taille-haies. Pas de masque ni de gants.
- Graissage des outils avec des graisses minérales.

. Idem de 11 h à 11 h 15.

. 13 h 45 à 14 h 10 et de 14 h 30 à 16 h : Réglages des débroussailleuses

Il a mis ses vêtements sur son lieu de travail, un pantalon et un tee-shirt changés le jour de l'étude. Il a utilisé des chaussures de sécurité. Il s'est changé en fin de poste avant de rentrer chez lui, mais il s'est douché le soir chez lui.

Il a employé des gants en cuir neufs ou en latex selon le travail effectué.

Il n'a pas porté de masque, mais il a cependant à disposition des masques A2P2 et A2P3.

Il n'utilise pas de bouchon d'oreilles.

### **LES FORESTIERS**

Ils travaillent sur une zone balisée de petite surface. Ils travaillent à 10-15 mètres au plus les uns des autres.

Au point de vue des conditions météorologiques, il faisait chaud (température de 27°C) avec un temps lourd et orageux à partir de 15 h. Le vent s'est levé vers 15 h.

Le transport pour aller sur le chantier, d'une durée de 10 à 15 minutes, s'est fait en camion dont la cabine pour les passagers est séparée du compartiment arrière de transport des outils, machines et bidons.

Les forestiers n° 7 et n° 8 ont fait du tronçonnage le matin et l'après-midi, ils ont utilisé le broyeur de branches, le forestier n° 10 continuant le tronçonnage à côté d'eux.

Les horaires du poste de travail ont été le matin de 8 h 30 à 12 h et l'après-midi de 13 h à 16 h 40.

Ils sont arrivés tous les trois avec leur tenue de travail, propre du jour : un pantalon avec des jambières anticoupures renforcées par du kevlar, un maillot à manches courtes. Ils ne portaient pas de veste. Ils avaient des chaussures de sécurité à semelles renforcées, des gants en cuir usagés, mais non troués. Ils ne portaient pas de masque, mais une visière ajustée et un casque antibruit.

**Le forestier n° 7** a 46 ans. Il est non-fumeur. Dans la journée, il a bu de l'eau et du café. Il est rentré manger chez lui le midi, sans se changer.

**Le forestier n° 8** a 38 ans. Il est non-fumeur.

**Le forestier n° 10** a 58 ans. Il est non-fumeur. Il a pris le matin des céréales. Il a bu dans la journée du café et du jus d'orange. Il a mangé au Centre technique et ne s'est pas changé pour le repas.

Il a rempli de mélange 2 temps les tronçonneuses. Il a effectué, avec des gants, le remplissage pour lui et ses 2 collègues à 9 h 10, à 10 h 30 et à 15 h 25, sans incident.



## UTILISATION DES PIPETTES

### Pipette Eppendorf P5000

L'étalonnage de la pipette est vérifié par TOXILABO à l'expédition et à réception pour garantir la fiabilité des prélèvements.

#### LIRE CETTE NOTICE DANS SON INTEGRALITE AVANT TOUT PRELEVEMENT

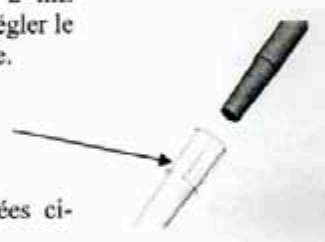
##### IMPORTANT :

- Pour chaque nouvel échantillon, utiliser un nouveau cône plastique.
- Lorsqu'un cône est fixé à la pipette, celle-ci doit toujours être maintenue à la verticale, cône vers le bas.

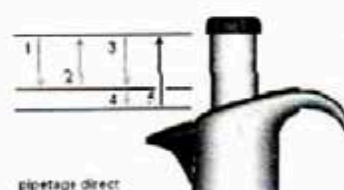


- Avant de prélever, vérifier que le volume est bien réglé à 2 mL (Affichage 2000 sur le côté de la pipette). Si ce n'est pas le cas, régler le volume à 2000 à l'aide de la molette située sur le haut de la pipette.

- Mettre en place un cône sur la pipette en le manipulant à la base.



- Prélever l'échantillon en suivant les différentes étapes indiquées ci-dessous et représentées sur le schéma à droite :
  - Avant d'immerger le cône dans le liquide, presser sur le piston avec souplesse jusqu'à la première butée (1)
  - Immerger le cône dans l'échantillon de 5 à 10 mm
  - Aspirer en relâchant avec souplesse (2)
  - Attendre le temps de stabilisation de 2 à 5 s
  - Dégager le cône et incliner très légèrement la pipette
  - Placer l'extrémité du cône sur la paroi interne du réceptacle
  - Refouler le liquide jusqu'à la première butée (3)
  - Faire la purge (pression ferme) jusqu'en butée finale (4)
  - Accompagner la remontée du piston (5)




**NB :** Il est conseillé de mouiller le cône avant prélèvement. Pour cela, prélever l'échantillon comme indiqué ci-dessus mais refouler le liquide dans le flacon de prélèvement. Le cône peut alors être utilisé pour transférer l'échantillon dans le flacon headspace.

##### IMPORTANT :

- si des bulles se forment lors de l'aspiration de l'échantillon, le volume prélevé n'est pas de 2 mL : refouler le liquide et prélever à nouveau en aspirant plus lentement.
- si des gouttes se forment à la sortie du cône lorsque le cône est retiré de l'échantillon, ce dernier est mal fixé sur la pipette : refouler le liquide et remettre le cône en place.
- Dans tous les cas, si vous avez un doute sur la qualité du pipetage, refouler le liquide dans le flacon de prélèvement et recommencer l'opération.

## ANNEXE 2b

	<b>FICHE DE VERIFICATION DES VOLUMES</b>	Enregistrement qualité
		TI/MTR/004/E01 06/06/2008 Révision : 4

Date :	12/05/2010	T* (Eau):	21.5 °C (15-30) °C
Opérateur :	JR	Pression :	1012.8 mbar
Identification du matériel à vérifier :	INV 1032	Liquide utilisé :	Eau distillée
P5000		Facteur Z :	1.0032 µL/mg
		Hygrométrie (>50 %HR) :	21.9 % HR

**Méthode gravimétrique sur balance INV404**

Volume contrôlé : 5000 µl (Point haut)

Masse (g)	5.0125	5.0231	5.0207	5.0128	5.0218	5.024	5.0225	5.0222	5.024	5.0184
Volume (µL)	5028.54	5039.17	5036.77	5028.84	5037.87	5040.08	5038.57	5038.27	5040.08	5034.46

Volume moyen : 5036.3 µl (Point haut)

	Erreur systématique (E)		Erreur aléatoire (S)	
	E (µL)	E (%)	S (µL)	S (%)
Calculs	36.265	0.725	4.096	0.082
EMT	± 40.00	± 0.80	≤ 15.00	≤ 0.30

Conclusions : La pipette est juste au point haut

La pipette est répétable au point haut

Incertitude de mesure : 44.90 µL 0.8915 % < 1%

Volume contrôlé : 1000 µl (Point bas)

Masse (g)	1.0228	1.0223	1.0233	1.0249	1.0261	1.0259	1.0258	1.0289	1.0249	1.0248
Volume (µL)	1026.073	1025.6	1026.6	1028.2	1029.4	1029.2	1028.9	1032.2	1028.2	1028.1

Volume moyen : 1028.2 µl (Point bas)

	Erreur systématique (E)		Erreur aléatoire (S)	
	E (µL)	E (%)	S (µL)	S (%)
Calculs	28.230	2.823	1.813	0.181
EMT	± 40.00	± 4.00	≤ 15.00	≤ 1.50

Conclusions : La pipette est juste au point bas

La pipette est répétable au point bas

Incertitude de mesure : 32.05 µL 3.1171 % < 5%

Signature de l'opérateur :



Date : 12.05.10

Signature du Responsable Métrologie :

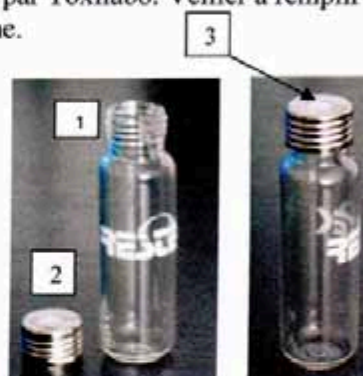

  
 Conforme/Non conforme

Nantes, le 12 mai 2010



### Prélèvement pour Dosage du Benzène Urinaire

- Après avoir retiré sa tenue de travail et s'être lavé les mains, le prélèvement urinaire doit être fait par le salarié dans un flacon en verre fourni par Toxilabo. Veiller à remplir au maximum le flacon afin d'éviter toute perte de benzène.
- Transférer 2 mL d'urine dans 2 flacons headspace (1) à l'aide de la pipette fournie (voir notice d'utilisation de la pipette) et refermer les flacons aussitôt avec les bouchons à vis (2).
- S'assurer de la bonne étanchéité des flacons fermés en vérifiant si le septum (3) est bien plaqué entre le flacon et le bouchon. Si le vissage vous paraît incorrect, essayer avec un autre bouchon à vis.
- Identifier les deux flacons de la même manière à l'aide d'un marqueur (N° d'échantillon, nom du salarié...) après les avoir bouchés.
- Procéder de la même manière pour tous les échantillons et veiller à donner une identification unique à chaque prélèvement.
- Après avoir transféré tous les échantillons en flacon headspace, réaliser deux « témoins eau minérale » (pour vérifier l'absence de contamination lors du prélèvement) : procéder de la même manière que pour les échantillons mais avec de l'eau de source ou minérale ne provenant pas de la zone d'exposition au benzène.
- Identifier les témoins après les avoir bouchés.
- Réaliser un « témoin pipetage » (pour vérifier que le volume transféré dans les vials est bien de 2 mL) : transférer 2 mL d'eau de source ou minérale dans le flacon taré identifié « témoin pipetage » et le refermer avec son bouchon à vis associé.
- Retourner les flacons headspace **ET** les flacons en verre au laboratoire le plus rapidement possible après les prélèvements en utilisant les sachets plastique et les boîtes de transport fournis.



**TOXILABO - Laboratoire de toxicologie et biotoxicologie professionnelles**  
L.A.M. 44-113

Rue Pierre Adolphe Bobière, La Géraudière, B.P. 82831 - 44328 Nantes Cedex 3  
Téléphone: 02.51.77.70.82 - Télécopie: 02.51.77.70.97 - E-mail: toxilabo@wanadoo.fr



**FICHE DE PRELEVEMENT BIOLOGIQUE**  
*A faire suivre avec le prélèvement au laboratoire d'analyses*

Rue Pierre Adolphe Bobière  
 BP 82831  
 44328 Nantes Cedex 3 Tel : 02 51 77 79 82

**Nom Entreprise**

Contact :  
 Adresse :

Téléphone :  
 E-mail :

**Médecin du travail ou Prescripteur**  
*Destinataire des résultats*

prélèvement :

Nom : Prénom :  
 Adresse :

Téléphone :  
 E-mail :

Date de la prescription  
 Milieu : Urine Sang Plasma Autre :  
 Analyses à réaliser :

**Facturé à**

Entreprise/Organisme :  
 Contact :

Adresse : E-mail :  
 Téléphone :

TP/ECH/001/E05

**ANNEXE 3a**

**Salarié**

Nom : Prénom :  
 Date de naissance : / / Sexe : M F.  
 Fume non (NF) oui (F)  
 Cigarettes/jour : < F5 F5-10 F10-20 > F20  
 Secteur d'activité- Métier :

Nature du poste de travail et nombre d'années d'ancienneté à ce poste de travail :

Description des tâches réalisées le jour de

Heure de début de poste : Heure de fin de poste :  
 Description des tâches de la veille :

Produits utilisés (nom, quantité, durée de manipulation, ...):

**Protections individuelles :**

Gants : OUI NON NEUFS USAGES Marque et référence :  
 Tenue travail changée ce jour portée depuis plusieurs jours

**Protection collective :**

Extraction générale : OUI NON Extraction au poste : OUI NON  
 Date et heure du prélèvement :  
 Date d'expédition Mode d'expédition :

## ANNEXE 3 b

### FICHE DE RENSEIGNEMENTS :

NOM

PRENOM

HOMME  FEMME

DATE DE NAISSANCE

AGE

MEDICAMENTS OUI  NON

SI OUI LESQUELS :

TABAC OUI  NON

SI OUI COMBIEN CE JOUR :  <5  5-10  11-20  >20

Dernière cigarette fumée à :

### ALIMENTATION :

BISCUITS DU COMMERCE : OUI  NON  SI OUI à quelle heure .....

JUS DE FRUITS INDUSTRIELS OUI  NON  SI OUI à quelle heure .....

ALCOOL (vin, bière) OUI  NON  SI OUI à quelle heure .....

### TACHES REALISEES CE JOUR :

	Début de poste	Fin de poste
Heure matin :	.....	.....
Heure après-midi :	.....	.....

### MATERIEL UTILISE :

	matin	après-midi
Taille-haie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Débrousaieuse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Souffleuse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tondeuse marchant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tronçonneuse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

REEMPLISSAGE DES MACHINES : Mélange  95 s/s plomb

Heure.....	Volume.....	Incidents .....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

Avez-vous enlevé vos gants au travail ? Si OUI

Combien de temps ? .....

A quelle heure ? .....

Pourquoi ? .....

GANTS OUI  NON  MARQUE QUALITE  
NEUFS  USAGES

TENUE DE TRAVAIL changée ce jour  portée depuis.....jours

MASQUE OUI  NON  TYPE :

Si OUI à quels moments ? .....

TRANSPORT TEMPS :

SERARATION CABINE/OUTILS OUI  NON

## ANNEXE 4

### LES PRELEVEMENTS



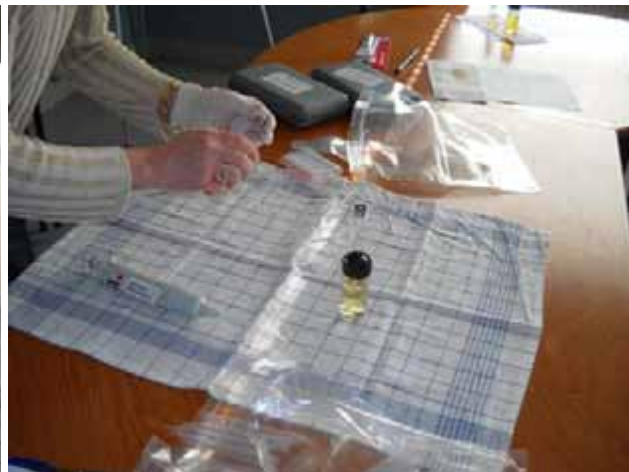
1 / Urines dans le flacon



2 / Prélèvement de 2 x 2 ml



3 / Mise des 2 ml dans la vial



4 / Fermeture hermétique de la vial.



5 / Marquage des flacons : nom, date, heure



6 / Prélèvement terminé

**ANNEXE 5**

**LES JARDINIERS, LE MECANICIEN ET LES FORESTIERS**



7 / Souffleuse



8 / Souffleuse et débroussailleuse



9 / Appareil prélèvement atmosphérique



10 / Taille – haies



11 / Taille – haies



12 / Débroussailleuse



13 / Débroussailleuse



14 / Tondeuse conducteur marchant



15 / L'atelier mécanique



16 / Le mécanicien



17 / Forestiers : Travail de proximité



18 / Le remplissage



9 / Forestier : tronçonneuse



20 / Forestiers

## ***7/ BIBLIOGRAPHIE***

1. BASTUJI-GARIN (S), RICHARDSON (S), ZITTOUN (R)  
Facteurs de risque professionnels dans les leucémies aigües.  
Arch. Mal. Prof., 1990 ; 51 : 149-155
2. BUNN (T), LIU (Y), LEE (K), ROBERTSON (M), YU (L).  
Farmer exposure to organic solvents during the maintenance and repair of farmer  
machinery : A pilot study.  
Am J Ind Med 2009 ; 52 : 973-981.
3. IARC  
Tobacco smoking.  
Monography on the evaluation of the carcinogenic risk of the chemicals to humans.  
Vol 38.  
Organisation Mondiale de la Santé. Centre International de Recherche sur le Cancer. Lyon  
1986.
4. RINSKY (R.A), ALEXANDER (B), SMITH (M.D), HORNUNG (R), FILLOON (T.G),  
YOUNG (R.J), OKUM (A.H), LANDRIGAN (P.J)  
1987- Benzene et leukemia: an epidemiological risk assessment.  
Nex Engl J Med, 316, 1044-1050
5. National Library of Medecine IRIS Database  
Benzene Quantitative estimate of carcinogenic Risk from Inhalation Exposure  
<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search>
6. INRS  
METROPOL  
HYDROCARBURES AROMATIQUES. Fiche n° 12
7. INRS  
Fiches toxicologiques Benzène.  
INRS Paris, 2004.
8. (/chim/jumber/hplc/chromatographie\_en\_phase\_liquide\_fichiers/hplc.html  
[http : www.ac-nancy-metz.fr/enseign/physique/sc\\_index.htm](http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/physique/sc_index.htm)  
Chimie/Chromatographie (HPLC)
9. DUCOS (P), et al.INT  
Improvement in HPLC analysis of urinary tran trans -muconic, a promosing substitute for  
phenol in assesment of benzene exposure.  
Arch Occup Environ 62 (1990) 529-534
10. PERBELLINI (L), BURATTI (M), LORENA FIORENTINO (M), FUSTINONI (S),  
PASINI (F), MAGNAGHI (S).  
Matrix interferences in the analysis of benzene in urine  
Journal of Chromatography B 1999 ; 724,257-264
11. BARANI (F), DELL'AMICO (N), GRIFFONE (L), SANTORO (M), TARABELLA (C)  
Determination of volatile organic compounds by Headspace Trap  
Journal of Chromatographic Science 2006 ; 44 : 625

12. BUTLER, (A.R.)  
The Jaffe reaction. Identification of the coloured species.  
Clin. Chim. Acta. 1975 ; 59, 227 -232
13. TIETZ, (N.W).  
Clinical guide to laboratory tests, 3e Ed, W.B. Saunders eds., Philadelphia USA 1995, 186
14. Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET).  
Benzène. Valeur guide de la qualité de l'air intérieur (VGAI).  
<http://afsset.fr>
15. Pollution de l'air  
La pollution de l'air par le benzène  
<http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/donnees-essentielles/air/pollution-de-l-air/html>
16. GARNIER (R)  
Valeurs limites de qualité de l'air du benzène pour la population générale.  
Arch Mal Prof Environ 2009 ; 70 : 693.
17. FUSTINONI (S), BURATTI (M), CAMPO (L), COLOMBI (A), CONSONNI (D), PESATORI (A C), BONZINI (M), FARMER (P), GARTE (S), VALERIO (F), MERLO (D), BERTAZZI P A).- 2005,  
Urinary t,t-muconic acid, S-phenylmercapturic acid and benzene as biomarkers of low benzene exposure.  
science@direct  
Chem Biol Inter 2005 ; 153-154 : 253-256.
18. BARBIERI (A), SAVERIO VIOLENTE (F), SABATINI (L), GRAZIOSI (F), MATTIOLI (S). – 2008,  
Urinary biomarkers and low-level environmental benzene concentration : Assessing occupational and general exposure.  
Chemosphere, 74 (2008) 64-69.
19. MSA Santé Sécurité au Travail  
L'enquête SUMER 2003. Les expositions aux agents chimiques fiche (N-4).  
<http://www.travail-solidarite.gouv.fr>  
<http://www.msa.fr>
20. BATY(G), GAUDIN (R)  
Bucheronnage et exposition au benzène.  
XXVIIIème Symposium National de Médecine Agricole (INMA) Vendredi 22 juin 2001.
21. VAN MAELE-FABRY (G), DUHAYON (S), LISON (D).  
A systematic review of myeloid leukemias and occupational pesticide exposure  
Cancer Causes Control 2007 ; 18 : 457-478.