

Docteur Bernard MORAT

EVALUATION DE L'EXPOSITION DES SALARIES

AUX PRODUITS CANCEROGENES

DANS UNE USINE DE CAOUTCHOUC

MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION
DU D.E.S. DE MEDECINE DU TRAVAIL

Promoteur : Professeur D. LISON

Université Catholique de Louvain

ANNEE ACADEMIQUE 2004 - 2005

1 INTRODUCTION 4

1.1	ORIGINE DE CE TRAVAIL	4
1.2	L'INDUSTRIE DU CAOUTCHOUC	6
1.2.1	Généralités.....	6
1.2.2	Production du caoutchouc	7
1.3	NATURE ET SOURCES D'EXPOSITION	9
1.3.1	En production	9
1.3.2	Lors de la transformation	9
1.3.3	les agents cancérogènes connus	10
1.4	LES CANCERS DANS L'INDUSTRIE DU CAOUTCHOUC	15
1.4.1	Données de la littérature.....	15
1.4.2	Les voies de pénétration.....	17
1.5	LES MOYENS D'EVALUATION DE L'EXPOSITION	17
1.5.1	Analyse de l'air	18
1.5.2	Analyse des milieux biologiques.....	20

2 OBJECTIFS DE L'ETUDE 23

3 LEGISLATION 24

3.1	APPLICATION DU DECRET CMR	24
3.1.1	Résumé de la réglementation générale.....	24
3.1.2	Recensement des produits chimiques.....	26
3.1.3	Fiche de poste.....	27
3.1.4	Fiche individuelle d'exposition.....	27
3.1.5	Surveillance des travailleurs.....	29

4 PRESENTATION DE L'USINE 31

4.1	SITUATION GENERALE	31
4.1.1	Secteur d'activité.....	31
4.1.2	Type de production.....	31
4.2	ATELIERS	32
4.2.1	La Préparation	32
4.2.2	Le Laboratoire	33
4.2.3	Calandre – dissolution.....	33
4.2.4	Ateliers de façonnage.....	34
4.3	LE PERSONNEL	35
4.4	LA ROTATION DES POSTES	36
4.5	SECURITE AU TRAVAIL	37
4.5.1	Générale	37
4.5.2	Protection collective et individuelle (risque chimique uniquement).....	37
4.6	SPECIFICITES DE L'USINE	38
4.6.1	Les produits	38
4.6.2	Les processus.....	38
4.6.3	La sécurité au travail	39
4.7	PERSONNEL EXPOSE.....	39

5 METHODOLOGIE41

5.1	SRATEGIE DE MESURAGE	41
5.2	METHODOLOGIE DE L'EVALUATION.....	42
5.2.1	Analyse des Fiches de Données de Sécurité	42

5.2.2	Analyse des Conditions de Travail.....	45
5.2.3	Fumées de vulcanisation	46
5.2.4	N-nitrosamines	46
5.2.5	Test de mutagénicité des urines	47
5.2.6	Le test qualitatif ou spot test	48
5.2.7	Le test quantitatif avec pré incubation en milieu liquide	49
6		RESULTATS
		53
6.1	LISTE DES SUBSTANCES R45	53
6.1.1	53
6.2	EVALUATION DE L'EXPOSITION LORS DE LA VISITE DES POSTES.....	56
6.3	MESURE DES FUMÉES DE VULCANISATION	59
6.4	NITROSAMINES ATMOSPHERIQUES	61
6.5	TEST DE MUTAGENICITE DES URINES.....	63
7		DISCUSSION
		66
7.1	LA LEGISLATION FRANCAISE CONCERNANT LES PRODUITD CMR.....	66
7.2	A PROPOS DES FICHES DE SECURITE ET DE LA BASE ACCESS	67
7.3	LES MESURES ATMOSPHERIQUES	67
7.4	LE TEST D'AMES	68
8		CONCLUSION
		70
9		ANNEXES Erreur ! Signet non défini.
9.1	ANNEXE 1	Erreur ! Signet non défini.
9.2	SUBSTITUTIONS	Erreur ! Signet non défini.

1 INTRODUCTION

1.1 ORIGINE DE CE TRAVAIL

Dans le cadre de mon activité de médecin du travail j'ai en charge une usine de fabrication de produits caoutchoutés : Cette unité de production fait partie d'un groupe pétrochimique de dimension internationale.

Les activités industrielles dans le domaine du caoutchouc sont réputées dangereuses pour la santé, notamment en ce qui concerne l'exposition à des produits connus ou soupçonnés d'être cancérogènes. De nombreuses publications dans les pays industrialisés font état de risques accrus de cancers divers chez les ouvriers du caoutchouc et des plastiques. De grandes études ont été menées sur plusieurs milliers d'employés de ces usines ; les résultats en sont parfois concordants et souvent discordants, ne permettant pas de conclure définitivement quant à l'origine professionnelle de tel ou tel cancer.

En France, les lois sur la prévention des risques chimiques¹ ont changé depuis 2002 et sont devenues beaucoup plus contraignantes pour les acteurs de la prévention. Elles impliquent encore plus le médecin du travail. La mise en place de ces dispositions légales a accru l'obligation d'évaluer et de prévenir les risques chimiques potentiels vis-à-vis des produits cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques dans l'industrie.

L'usine dont j'ai la charge est de petite taille, elle compte entre 150 et 200 salariés. On y fabrique plusieurs types de produits caoutchoutés selon différents processus de fabrication. Chez les salariés, une crainte pour leur santé s'est installée vis-à-vis des produits utilisés et des modes de production. Cette crainte a augmenté brutalement en 2003 avec la mort par cancer de trois collègues de travail.

¹ Voir le détail expliqué de la nouvelle législation dans les annexes.

Bien que le groupe pétrochimique auquel elle appartient soit de très grande taille, chaque unité est indépendante et celle qui nous intéresse ici ne dispose pas d'un service médical interne. Elle a recours à un service médical externe. La question est donc pour le médecin du travail, d'assurer, en pratique, une surveillance de l'exposition des travailleurs aux produits cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction, dans une unité de production isolée. Sur quelles données de la littérature le médecin peut-il s'appuyer ? Quelle démarche analytique suivre ? De quels outils dispose le médecin du travail pour faire ces évaluations ?

C'est le résultat de cette réflexion et de son application pratique à une petite unité de production de caoutchouc, que j'ai choisi comme sujet de mémoire.

1.2 L'INDUSTRIE DU CAOUTCHOUC

1.2.1 Généralités

En 1997, en France, l'industrie du caoutchouc et des plastiques² employait 203 000 personnes dans plus de 4900 établissements. L'industrie de transformation du caoutchouc employait plus de 60 000 personnes. L'activité pneumatique représente à elle seule 60 % de la production. Dans l'industrie de transformation du caoutchouc, le pourcentage d'utilisation de caoutchouc naturel est de 40 % (36 % dans la fabrication de pneumatiques et 4 % dans le caoutchouc industriel) contre 60 % pour le synthétique (avec 37 % pour la fabrication de pneumatiques et 23 % dans le caoutchouc industriel).

On utilise trois sortes de matières plastiques :

- les résines thermoplastiques
- les résines thermodurcissables
- et les élastomères comprenant la résine naturelle de caoutchouc et le caoutchouc synthétique (polybutadiène, polychloroprènes, polystyrène / butadiène).

On synthétise ces résines selon trois modes :

- polymérisation (jonction bout à bout de copolymères ou d'homopolymères)
- polycondensation (association de copolymères avec élimination d'un résidu)
- polyaddition (association de monomères différents sans résidu final).

² Production française de caoutchouc, statistiques 1997. Institut national de formation et d'enseignement professionnel du caoutchouc.

1.2.2 Production du caoutchouc³

Le caoutchouc doit être traité et formulé avant d'être transformé en produit fini. Il existe une grande variété d'élastomères de base, produits à partir du caoutchouc naturel, seul ou en mélange, et du caoutchouc synthétique : EPM et EPDM (copolymères et ter polymères d'éthylène et de propylène), copolymères butadiène styrène (SBR pour styrène-butadiène-rubber), polybutadiène, nitrile acrylique (polybutadiène, polystyrène / butadiène (NBR), polychloroprène). A ces gommes sont ajoutées diverses substances destinées à modifier les propriétés des résines et des élastomères :

- des plastifiants (phtalates) modifient l'élasticité de la résine ;
- des charges organiques (noir de carbone) ou minérales (alumine, argile) modifient les propriétés physiques, électriques ou mécaniques des matériaux ;
- des pigments ou des colorants (oxydes et sels métalliques) ou organiques (azoïques ou di azoïques) ;
- des stabilisants et antioxydants (amines aromatiques ou sels métalliques d'acides gras comme le stéarate de plomb) qui préviennent ou retardent la photo décomposition à l'air ou la dégradation thermique ;
- des ignifugeants (sels d'antimoine, paraffines chlorées, phosphates) qui améliorent le comportement au feu ;
- des lubrifiants (stéarates, cires) ;
- des fongicides (thiocarbamates, organomercuriels) qui empêchent la biodégradation de surface par des micro-organismes ;
- des agents porogènes, gaz inertes (CO², azote) ou CFC, qui permettent la création de matériaux expansés ou alvéolaires.

La formulation des mélanges est faite par le laboratoire. En préparation, les ingrédients sont introduits selon un ordre déterminé dans un mélangeur externe ou interne. Ils sont dispersés de façon homogène, puis les mélanges sont mis en pavés ou en bandes et stockés en

³ G. LASFARGUES : Industrie du caoutchouc , in : « les cancers professionnels » JC PAIRON. Ed. MASSON, p. 225,

attente de leur formage. A ce stade, l'élastomère est constitué de longues molécules repliées sur elles-mêmes au repos. Pour les déplier complètement sans les faire glisser, il faut vulcaniser le caoutchouc, créant ainsi des « ponts » entre les chaînes, permettant de conserver leur flexibilité en évitant leur écoulement. Pour cela, il faut un apport d'énergie, trouver ou créer des sites actifs sur les chaînes et un agent de vulcanisation.

La vulcanisation se fait par deux moyens : le soufre ou les peroxydes. Ils sont ajoutés avec les autres ingrédients, mais n'interviennent qu'au moment de la transformation.

Les agents de vulcanisation (accélérateurs) sont très divers : donneurs de soufre (dithiomorpholine), peroxydes, amines, thiocarbamates, thio-urées, thiurames, xanthanes, thiazolidines.

Les retardateurs de vulcanisation sont pour l'essentiel des N-nitroso-diphénylamines, le cyclohexylthiophthalimide, l'acide salicylique, l'anhydride phtalique.

Les agents de protection sont surtout des quinoléines, des paraphénylènediamines, des diphénylamines, des plastifiants comme les phtalates et les huiles minérales. Ceux-ci sont ajoutés dès la préparation des mélanges.

Une fois mis sous forme de pavés ou de rubans, les mélanges sont transformés pour les besoins de fabrication selon trois voies :

- Le moulage par **injection** d'un volume précis dans un moule qui sera chauffé ensuite (165°-200°) ;
- Le moulage par **compression** d'une ébauche pesée dans une presse hydraulique chauffante (150°-170°) ;

Pour ces deux procédés, la vulcanisation se fait pendant le moulage, par action de la chaleur.

- L'**extrusion**, pour les tuyaux ou les profilés. La vulcanisation se fera soit en autoclave, (le tuyau étant enroulé sur des plateaux), soit dans un four à air chaud, soit dans un four à micro-ondes (procédé UHF) soit enfin dans un bain de sels fondus (nitrites et nitrates alcalins). Le produit est ensuite refroidi et stocké.

1.3 NATURE ET SOURCES D'EXPOSITION

1.3.1 En production

Pendant la préparation des mélanges, les expositions se font essentiellement aux poussières (noir de carbone) et aux fumées lors des phases de malaxage des mélanges dans les cylindres.

1.3.2 Lors de la transformation

Les risques d'exposition varient selon les procédés :

- **Moulage sur presse manuelle** à injection : l'opérateur se penche sur les pièces fumantes pour les démouler (hyperventilation fréquente due à l'effort physique et à la chaleur)
- **Moulage sur presse automatique** à injection : l'opérateur récupère les pièces en fin d'opération pour les ébarber
- **Extrusion** : sur les lignes continues, l'opérateur est exposé aux dangers de la vulcanisation qui s'ensuit, notamment la libération de nitrosamines.

Des expositions plus importantes ont été constatées lors d'opérations de démandrinage en sortie d'autoclave⁴ ; de même les régleurs intervenant sur les lignes de vulcanisation ont des expositions plus fortes que celles de la majorité des conducteurs de presses, pourtant exposés aux fumées en continu.

⁴ J.F. Certin, M.C. Braud, C. Fernand, J.C. Gendre, J.F. Guillouzie, V. Robelin : « Pollution par les fumées de vulcanisation dans l'industrie du caoutchouc » ND 1950-154-94. Cahiers de notes documentaires 1994.

Une étude anglaise⁵ menée en 1999 sur 179 entreprises du caoutchouc a montré que l'exposition aux fumées de vulcanisation et aux poussières de caoutchouc variait selon les étapes de la fabrication des produits, donc aussi selon les postes de travail. Ces auteurs donnaient comme ordre décroissant d'exposition aux fumées (en mg/m³) dans la production de produits caoutchoutés (hors pneumatiques) :

$$E^{\text{moulage}} (0.40) \approx E^{\text{extrusion}} (0.33) > E^{\text{malaxage}} (0.18)$$

Et pour les activités de rechapement de pneumatiques :

$$E^{\text{presse}} (0.32) > E^{\text{extrusion}} (0.19) > E^{\text{autoclave}} (0.10)$$

Les auteurs ont constaté que 19 % des mesures dépassaient la valeur seuil (0.6 mg/m³) et 5 % en atteignaient le double. Quant aux poussières, retenant la valeur de 6 mg/m³, ils constatent que 5 % des mesures dépassent ce seuil et que 2 % le doublent.

1.3.3 les agents cancérigènes connus

L'IARC⁶ a classé l'industrie du caoutchouc parmi les procédés cancérigènes de catégorie 1 . Les substances dangereuses peuvent être des ingrédients de départ de la fabrication de caoutchouc, ou des produits formés par réaction chimique au cours du processus industriel.

Les fumées de moulage contiennent des substances provenant des élastomères eux mêmes, des agents de vulcanisation et de protection, des huiles plastifiantes, des produits de dégradation ou de recombinaison. Certains agents sont des cancérigènes connus : les amines aromatiques ou les solvants, comme le benzène. D'autres proviennent principalement de la

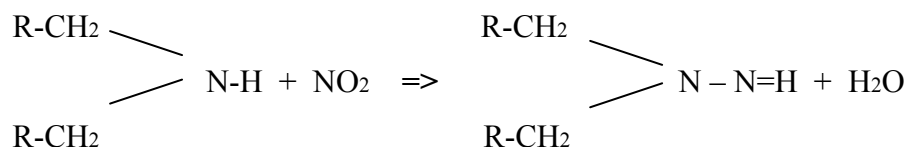
⁵ A.A.Dost, D. Redman, G. Cox : « Exposure to Rubber Fume and Rubber Process Dust in the General Rubber Goods, Tyre Manufacturing and Retread Industries » in : *Am. Occup. Hyg.*, Vol 44, N°5, pp 329-342, 2000.

⁶ IARC monograph on the evaluation of the carcinogenic risks to humans. In : Overall evaluations of the carcinogenicity : an updating of IARC monographs, vol 1 to 42. Lyon : IARC, 1987 ; suppl. 7 : 332-4.

formation de nitrosamines et de la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Les premières études menées dans l'industrie du caoutchouc ont mis en évidence un nombre important de cancers de la vessie⁷. Leur origine en a été décelée dans des anti-oxydants qui contenaient des **amines aromatiques** cancérigènes (β - naphthylamine et o-toluidine), dont l'interdiction en France a été suivie d'une chute du nombre de ces cancers⁸. La **MDA** ou 4,4'-méthylène diamine est classée 2B par l'IARC, de même que le **MOCA** ou 3,3'-dichloro-4,4'-diaminodiphénylméthane,

Les **nitrosamines**⁹ sont formées à partir de deux précurseurs : d'une part des groupements aminés secondaires issus de la décomposition de certains accélérateurs de vulcanisation (ex : la dithiomorpholine) et d'autre part, des composés nitrés ou nitrosés ajoutés aux mélanges, pour retarder la vulcanisation. Elles peuvent de former dans le vulcanisat lui-même, ou dans l'atmosphère lors du refroidissement, par diffusion des amines hors des gommés. Certains additifs aminés présentent des traces de nitrosamines qui sont libérées pendant la phase de malaxage ou de vulcanisation des gommés.



Les principales nitrosamines rencontrées sont :

- la N-nitrosodiméthylamine (NDMA) ;
- la N-nitrosomorpholine (NMOR) ;
- la N-nitrosodiéthylamine (NDEA)
- la N-nitrosopipéridine (NPIP) ;
- la N-nitrosopyrrolidine (NPYR) ;
- la N-nitrosodibutylamine (NDBA) ;
- la N-nitrosodiisopropylamine (NdiPA) ;
- la N-nitrosométhylphénylamine (NMPhA) ;
- la N-nitrosoéthylphénylamine (NEPhA).

⁷ Case R.A.M., Hosker M.E. – Tumor of the urinary bladder as an occupational disease in the rubber industry in England and Wales. *British Journal of Preventive and Social Medicine*, 1954, **8**, pp 39–50.

⁸ J.F. Certin et Coll. : Op. Cit.

⁹ B. Oury, J.C. Protois : « N-nitrosamines volatiles dans l'industrie du caoutchouc » INRS, Nancy ND 2059-168-97 (3^e trim. 1997)

La NDMA fut la première pour laquelle on mit en évidence, dans les années 50, son pouvoir tumorigène hépatique et rénal (Cooper et Kimbrough). D'autres nitrosamines peuvent induire des cancers de divers organes : œsophage, poumon, estomac, côlon...(Druckrey et Lange)¹⁰.

Actuellement, la seule valeur de référence européenne pour l'appréciation des concentrations de nitrosamines en milieu professionnel est issue de la législation allemande. Cette valeur est de 2,5 µg/m³. Elle est devenue une valeur limite TRK (Technische Richtkonzentration) en 1992. La dernière version du TRGS¹¹ (TRGS 900) fixe la TRK **pour la somme des nitrosamines volatiles présentes sur les lieux de travail** de la façon suivante :

- 2,5 µg/m³ pour les opérations de vulcanisation et les travaux ultérieurs à la vulcanisation (y compris le stockage),
- 1µg/m³ dans tous les autres cas.

En France, il n'existe pas de législation propre aux nitrosamines ; elles figurent seulement sur une liste des substances cancérigènes d'une circulaire générale du Ministère du Travail¹² relative à la « prévention des cancers d'origine professionnelle ».

La technique de vulcanisation par bain de sels fondus est la plus propice à la synthèse de nitrosamines Dans leur étude¹³, B. Oury et J.C. Protois constatent que 90 % des mesurages effectués dépassent la TRK et 15 % excèdent 10 fois cette valeur. Quand c'est techniquement possible, ce mode de vulcanisation est abandonné.

La toxicité des monomères de [styrène](#) et de [butadiène](#) (Buna S) apparaît lors de la thermodégradation de ces produits. L'IARC donne le classement suivant pour ces substances :

- le styrène est classé 2B (cancérogène possible) ;

¹⁰ Cités dans : R. Lauwerys : « Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles » Ed MASSON 4^e éd. Ch XXIV, p. 893.

¹¹ TRGS 900 – Grenzwerte in der Luft am arbeitplatz – MAK und TRK Werte. *Bundesarbeitsblatt*, 1994, n°6, S. 34-53

¹² Circulaire du 14 mars 1988 remplaçant l'annexe 1 de la circulaire du 14 mai 1985 relative à la prévention des cancers d'origine professionnelle. *Journal Officiel*, 6 juin 1985, pp 6269-6270 ; *Bulletin Officiel – Affaires sociales, Emploi*, n° 88/7, pp. 39-42

¹³ B. Oury, J.C. Protois : op. cit.

➤ le butadiène : 2A (cancérogène probable). Le 1,3- butadiène est cancérogène et tératogène chez l'animal. Il peut produire des lymphomes, des cancers du poumon, du foie, de l'estomac, du cœur, des glandes mammaires chez la souris. Selon le NIOSH (1976), une plus grande prévalence de leucémies aurait été mise en évidence chez des travailleurs occupés à la fabrication de caoutchouc synthétique styrène-butadiène.¹⁴ L'ACGIH propose une TLV de 2 ppm (4,4 mg/m³) pour le 1,3-butadiène.

Lors de la vulcanisation de polymères à base de butadiène, du [vinylcyclohexène](#) peut se former, qui donne naissance à des dérivés époxydés mutagènes.

➤ l'IARC ne peut se prononcer sur la cancérogénicité du [néoprène](#) (ou Buna C, ou [chloroprène](#)) pour l'homme¹⁵.

Le [noir de carbone](#) a été classé 2B, non pas en tant que tel, car il ne semble pas associé à une majoration de cas de cancers pulmonaires, mais surtout par le risque de contamination du noir de carbone par des HAP¹⁶. Le NIOSH et l'ACGIH (1996) ont proposé une concentration permissible de 3,5 mg/m³.

Les [dithiocarbamates](#) présentent un risque hématologique potentiel ; le dithiocarbamate de zinc pourrait induire des aberrations chromosomiques dans les lymphocytes circulants (Lilly)¹⁷.

L'[éthylènthiourée](#), utilisée comme accélérateur des chloroprènes est reconnue cancérogène (thyroïde) et tératogène. Elle est aussi un contaminant des bisdithiocarbamates utilisés comme fongicides dans le caoutchouc.¹⁸

Le [DTMT](#) ou disulfure de tétraméthylthiurame, a une activité mutagène chez la souris, mise en évidence au test d'Ames. Il peut aussi induire un cancer de la thyroïde chez le rat¹⁹

¹⁴ R. Lauwerys : « Toxicologie Industrielle et Intoxications Professionnelles » p. 734 ; 4^e édition, Ed. MASSON

¹⁵ R. Lauwerys : Op. cit. : p. 736

¹⁶ R. Lauwerys Op. cit. : p. 657-658

¹⁷ R. Lauwerys Op. cit. : p. 816.

¹⁸ R. Lauwerys Op. cit. : p. 736 et 816

¹⁹ Haseman J., Crawford D., Huff J., Boorman G., Mc Connell E., Result from 86 two-year carcinogenicity studies conducted by the National Toxicology Program. *J. Toxicol. Env. Health*, 14, 621, 1984.

1.4 LES CANCERS DANS L'INDUSTRIE DU CAOUTCHOUC

1.4.1 Données de la littérature

Une analyse par une équipe internationale²⁰ de près d'une centaine d'études sur les cancers et l'industrie du caoutchouc faites à travers le monde depuis 1982, a relevé les faits suivants :

- un excès des cancers de la vessie, notamment chez les salariés embauchés avant 1950. Une étude allemande rapporte par exemple, un doublement du risque : SMR 2,14 (IC 95 %, 1.07 – 3.84)²¹;
- un risque augmenté de cancers pulmonaires, mais les résultats divergent entre les études et le rôle combiné du tabac reste mal défini ;
- des risques de leucémies : mis en évidence dans de nombreuses études et en rapport avec une exposition au benzène ou à d'autres solvants, mais la plupart des autres études ne documentent pas les expositions ;
- un risque majoré, quoique modéré, de cancers du larynx est retrouvé dans toutes les études faites à ce sujet ;
- Un excès de cas de cancers de l'œsophage, estomac, colon, foie, pancréas, peau, prostate, rein, cerveau, thyroïde, de lymphomes malins et multiples sont rapportés dans de nombreuses études, mais toutes ne confirment pas ces résultats.

Les auteurs de cette revue détaillée attirent l'attention sur la difficulté d'en tirer des conclusions statistiques fiables. Ils retiennent surtout les résultats concordants entre études et l'importance du risque rapporté. Il ne leur a pas été possible de

²⁰ M. Kogevinas, M. Sala, P. Boffetta, N. Kazeroumi, H. Kromhout, S. Hoar-Zahm : « Cancer risk, in the rubber industry : a review of the recent epidemiological evidence » ; *Occup. Environ. Med.* 1998 ; 55 : 1-12

²¹ Weiland S, Mundt K, Keil U, *et Al.* Cancer mortality among workers in the German rubber industry 1981-91. *Occup Environ Med* 1996 ; 53 : 289 – 98.

faire une méta analyse stricte, ni de calculer des estimateurs de risque globaux, soit parce que les études étaient de taille insuffisante (manque de puissance), soit parce que le « design » des études était trop différent, ou les expositions trop nombreuses, ou encore certains cancers étaient sur-représentés dans de petites études et d'autres cancers sous déclarés (biais de recueil).

Concernant le [cancer de la vessie](#) ; l'arrêt de l'utilisation de la β - naphtylamine n'avait pas entraîné une disparition complète du risque supplémentaire de ce type de cancer. Ceci suggérait que d'autres substances pouvaient exposer au même risque. De même pour l'excès de risque de [leucémies](#) relié à l'exposition au benzène²²⁻²³, d'autres mélanges de solvants avec ou sans benzène sont incriminés dans la genèse de ces cancers.

L'élimination d'un seul agent chimique ne suffit donc pas forcément à éliminer le risque entier.

Concernant les [cancers pulmonaires](#), une étude de cohorte allemande²⁴ tend à montrer que le risque relatif de ce type de cancer par rapport à la population générale est trop grand pour n'être dû uniquement qu'au tabac ou au mode de vie des ouvriers atteints. Les cancers de la plèvre retrouvés chez les travailleurs embauchés avant 1960 par l'étude allemande semblent avoir été dus à l'exposition à l'amiante que contenait le talc, largement utilisé dans cette industrie. Cette observation est confortée par une étude italienne²⁵ plus restreinte, qui confirme le parallélisme entre les deux types de cancers, et donc l'implication possible de l'amiante.

Un excès de risque de [cancer de l'estomac](#) est rapporté dans certaines études « cas témoin », mais les plus récentes études de cohorte (postérieures à 1982) ne confirment pas, ou pas suffisamment, cette observation pour ne pas avoir d'autres explications (notamment socio-économiques).

²² IARC : *Monographs on the evaluation of the carcinogenic risks of chemicals to humans*. Vol 28. *The rubber industry*. Lyon : IARC, 1982 pp 1 - 486

²³ IARC : *Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk to humans*. In Overall evaluations of carcinogenicity : an updating of IARC monographs, vol. 1 to 42. Lyon : IARC ; suppl. 7 : 332 - 4

²⁴ Weiland S, Mundt K, Kreil U, et al. Cancer mortality among workers in the german rubber industry : 1981 – 91. *Occup. Environ Med* 1996 ; **53** : 289-98

²⁵ Bernardinelli I, De Marco R, Tinelli C. Cancer mortality in an Italian rubber factory. *Br J Ind Med* 1987 ; **44** : 187-91

1.4.2 Les voies de pénétration

Elles sont multiples :

- La voie **respiratoire** : les efforts fournis et la chaleur dans ces usines provoquent une hyperventilation constante à certains postes de travail ;
- La voie **cutanée** : une étude néerlandaise récente²⁶ de R Vermeulen et Coll. suggère que cette voie de pénétration pourrait être plus importante encore que la voie respiratoire; ce sont les mains et le visage qui sont les plus impliqués ;
- La voie orale : par absorption des dépôts aéroportés autour de la bouche, une mauvaise hygiène des mains avant les repas, le tabagisme au poste de travail (pourtant interdit)

1.5 LES MOYENS D'ÉVALUATION DE L'EXPOSITION

Pour évaluer l'exposition des salariés aux substances chimiques dangereuses, le médecin du travail dispose de toute une batterie d'examens possibles. Certains sont du domaine de la pratique courante, d'autres sont plus des outils de spécialistes. Légalement, le médecin aurait le droit de faire pratiquer le mesurage de son choix. Mais outre des problèmes de coût qu'il devrait justifier, le médecin devra surtout faire le choix judicieux des examens utiles à son propos.

Nous disposons de deux grandes approches d'évaluation de l'exposition : l'analyse de l'air et celle des milieux biologiques²⁷.

²⁶ R Vermeulen, R P Bos, J Pertijs, H Kromhout : Exposure related mutagens in urine of rubber workers associated with inhalable particulate and dermal exposure. *Occup Environ Med* ; 2003 ; **60** : 97-103

²⁷ R. Lauwerys Op. cit. : pp. 99-127

1.5.1 Analyse de l'air

L'analyse de l'air est la recherche d'un ou plusieurs polluants nocifs pour la santé. Cela implique : qu'il est mesurable, que l'on connaît la valeur de la concentration dans l'air qu'il ne doit pas dépasser (TLV-TWA), et enfin, qu'il est principalement dangereux par inhalation. L'analyse peut être faite à poste fixe (ambiance au poste de travail) ou sur le salarié lui-même, s'il ne reste pas toute la durée du poste au même endroit. Cette seconde façon de prélever l'air est très sensible à des variations de position de la buse d'aspiration fixée sur le travailleur.

Cette analyse de l'air pour un polluant inhalable ne reflète pas ce qu'aura réellement respiré le salarié, car les caractéristiques physiologiques des individus varient. La ventilation de deux personnes aux physiques différents peut amener au contact des voies respiratoires, jusqu'aux alvéoles, des quantités de polluants radicalement différentes. De même, cette analyse ne tient pas compte de la sensibilité personnelle des individus, et la toxicité des polluants peut être aggravée par des maladies ou des handicaps individuels, ou encore par un profil métabolique particulier.

Quant à faire une description détaillée d'une pollution globale dans l'industrie du caoutchouc, il est quasiment impossible de le réaliser à l'heure actuelle²⁸ :

- ✓ l'identification des substances est incomplète,
- ✓ les données toxicologiques ne sont disponibles que pour quelques substances,
- ✓ peu de substances ont une TLV-TWA,
- ✓ les effets conjugués – additifs, synergiques, antagonistes – sont inconnus.

²⁸ J.F. Certin, M.C. Braud, C. Ferrand, J.C. Gendre, J.F. Guillouzie, V. Robelin : *Pollution par les fumées de vulcanisatopn dans l'industrie du caoutchouc*. INRS, Cahiers de notes documentaires n° 154, 1^{er} trim. 1994 ND 1950-154-94

De façon pratique, deux types d'approche ont été adoptés : l'une globale et l'autre spécifique.

Dosage de la fraction soluble dans le cyclohexane des fumées de vulcanisation

Cette méthode globale retient un traceur de pollution commun à toutes les situations, avec une valeur de référence sans justification toxicologique particulière, par exemple, la fraction soluble dans le cyclohexane des fumées de vulcanisation, choisie par le HSE (Health and Safety Executive ; méthode MDHS 47). La valeur pondérale moyenne des fumées totales extraites par cette méthode adoptée en Grande Bretagne est de 0,6 mg/m³ ; cette valeur n'est qu'un estimateur de pollution globale et non un seuil de toxicité.

Cette méthode permet de caractériser globalement les situations de travail ; elle permet de mettre en évidence dans une entreprise des zones plus ou moins riches en fumées et de faire un plan d'action et un suivi des résultats en matière de ventilation. Si ce dosage est global, l'étude de J.F. Certin²⁹ qui comptait 524 prélèvements de fumées de vulcanisation dans 14 entreprises de l'ouest de la France, a mis en évidence un parallélisme entre l'importance de la fraction soluble dans le cyclohexane et la richesse en huile des mélanges : 20 parts d'huile pour 100 parts d'élastomères pour les EPDM et les polychloroprènes, contre 5 part pour 100 pour les mélanges à base de caoutchouc naturel. Les concentrations de la fraction soluble dans le cyclohexane étaient respectivement de 2,5 et 3,4 mg/m³, contre 0,8 mg/m³ pour le caoutchouc naturel.

D'autres méthodes sont possibles ; Swuste³⁰ propose une mesure de la concentration pondérale globale des polluants, aux postes de travail

Dosage de traceurs spécifiques de pollution

C'est le cas des hydrocarbures aromatiques polycycliques avec le benzo-(a)pyrène dont la toxicité est assez bien définie et qui peuvent être pris comme des traceurs de pollution. C'est aussi et surtout le cas de certaines nitrosamines. Dans le cas de ces dernières, les résultats des mesurages sont étroitement liés à la composition des mélanges d'où elles proviennent.

²⁹ JF Certin, MC Braud, *Op. Cit.*

³⁰ Swuste P.H.J.J. – Workplace analysis and design solutions in the dutch rubber industry. *Journal of Occupational Accidents*, 1990, **13**, pp 111-120

1.5.2 Analyse des milieux biologiques

On distingue deux type de mesures qui sont le reflet de deux étapes dans la genèse possible de maladies professionnelles :

- la surveillance biologique d'exposition
- le dépistage des effets toxiques

Le premier type d'examen est une recherche quantifiée de la présence anormale d'une substance chimique dans l'organisme du salarié exposé. Si ce n'est la substance elle-même, on peut aussi en doser un métabolite dans les milieux biologiques

Le second type de dépistage, recherche des effets toxiques précoces déjà décelables, si possible réversibles, avant l'apparition de la maladie proprement dite.

La surveillance biologique d'exposition

Elle est un outil d'évaluation plus performant que les analyses des milieux environnementaux. car elle prend en compte toutes les voies d'absorption (y compris cutanée et digestive) et toutes les sources d'exposition (professionnelles et extra professionnelles). On peut ainsi doser de nombreuses substances chimiques, ou leurs métabolites ou mesurer des effets induits par ces substances dans l'organisme des salariés de l'industrie du caoutchouc ; en voici quelques unes pour exemples³¹ (cette liste n'est donc pas exhaustive) :

³¹ R. Lauwerys Op. cit. : pp 116-125

Substance recherchée	Exemples de mesurages possibles dans les milieux biologiques (substance, métabolite, effets induit)
Plomb Benzène Toluène Ethylbenzène Trichloréthylène MOCA MDA Amines aromatiques MEK MIBK Diméthylformamide Anhydride phtalique Acrylonitrile Dithiocarbamates Styrène	Delta ALA, ZPP urinaire, Pb-Sanguin Dosage du phénol u., ac. Di-phénylmercapturique urin. Dosage de l'Ortho-crésol u., toluène sanguin Dosage dans l'air expiré, sanguin Dosage du trichloréthanol urinaire et plasmatique 4,4'-méthylène bis (2- chloraniline) urinaire Dosage de la méthylène diamine urinaire Dosages possibles, par ex : β -naphtylamine urinaire Dosage de la méthyléthylcétone urinaire., sang, air expiré Dosage de la méthylisobutylcétone urinaire Dosage du N-méthylformamide urinaire Dosage de l'acide phtalique urinaire Dosage de l'acrylonitrile urinaire Acide 2-thiothiazolidine -4-carboxylique urinaire Dosage de l'acide mandélique urinaire

On peut, à côté de ces tests spécifiques à certaines substances, faire des tests non spécifiques. Ce terme désigne des tests pris comme indicateurs d'exposition à certains groupes de substances : pour les amines aromatiques par exemple, on peut :

- doser la métHb (certaines amines aromatiques sont méthémoglobinisantes),
- rechercher des corps diazoïques urinaires,
- faire un test de mutagénicité des urines,
- rechercher des adduits avec l'hémoglobine (plus spécifique)

Le dosage des thioéthers urinaires a été proposé comme indicateur d'exposition à des substances électrophiles et donc comme un reflet de l'absorption de substances cancérigènes ou génotoxiques. Ce test est peu spécifique et peut être influencé par le tabac et l'alimentation³².

Le dépistage des effets toxiques

C'est la surveillance médicale proprement dite, à la recherche de signes précoces d'effets sur la santé, à un stade encore réversible. Ce dépistage peut détecter des effets d'expositions de courtes durées (vapeurs irritantes, solvants, gaz...) que n'arriveraient pas à retrouver des examens biologiques faits longtemps après. Ce dépistage d'effets précoces tient compte aussi des sensibilités personnelles différentes des individus face à une substance chimique.

³² R. Lauwerys : Op. cit. p. 904

2 OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'objectif de ce travail est d'évaluer les risques liés à l'exposition aux produits cancérogènes, pour la santé des travailleurs d'une petite unité de production de caoutchouc.

En s'aidant des données de la littérature scientifique qui traitent de ce sujet à des échelles bien plus grandes, comment évaluer ponctuellement les risques dans une petite entreprise ? Quelle stratégie d'évaluation peut-on imaginer et appliquer en pratique courante ?

Pour être en conformité avec les exigences de la loi française, comment mettre en place les fiches de postes et les fiches individuelles d'exposition qui soient à la fois exhaustives, de réalisation aisée et de lecture facile ?

C'est cette démarche que nous nous proposons de rapporter ici.

Nous examinerons successivement :

- Les nouvelles dispositions légales en France
- La structure de l'usine considérée, sa production, son personnel
- Ses spécificités en termes de risques
- La stratégie retenue pour l'évaluation du risque
- Les résultats des investigations
- La discussion de ces résultats et de la méthode suivie
- Les conclusions de ce travail

Nous ne traiterons pas ici des effets reprotoxiques.

3 LEGISLATION

3.1 APPLICATION DU DECRET CMR

3.1.1 Résumé de la réglementation générale

ARTICLE R231-54-2 :

(Obligations de l'employeur concernant l'évaluation du risque)
(Décret n° 2003-1254 du 23 décembre 2003)

Il concerne toutes les activités susceptibles de présenter un risque d'exposition à des agents chimiques dangereux au sens de l'article R. 231-54-1 :

« ...l'employeur procède conformément au § III de l'Art. L. 230-2, à l'évaluation des risques encourus pour la santé et la sécurité des travailleurs ».« ... cette évaluation est renouvelée périodiquement, notamment à l'occasion de toute modification importante des conditions pouvant affecter la santé ou la sécurité de ceux-ci ».

Cette évaluation doit tenir compte :

- des propriétés dangereuses des agents chimiques présents sur les lieux de travail ;
- des informations des Fiches de Données de Sécurité jointes aux produits par le fournisseur ;
- des renseignements complémentaires qui pourraient lui être nécessaires ;
- de la nature, du degré et de la durée d'exposition ;
- des conditions de mise en œuvre des produits y compris le nombre et le volume de chacun d'eux ;

- des VLE et des VLB fixées par les articles L. 231-2 et L. 231-7 ;
- de l'effet des mesures de prévention ;
- des conclusions fournies par le médecin du travail concernant la surveillance de la santé et de la sécurité des travailleurs.

L'évaluation inclut toutes les activités au sein de l'entreprise, ***y compris les travaux de maintenance et d'entretien.***

En cas d'exposition à plusieurs agents chimiques dangereux, ***l'évaluation prend en compte les risques combinés de l'ensemble de ces agents.***

Toute activité nouvelle impliquant des agents chimiques dangereux ne peut être entreprise qu'après la réalisation de l'évaluation des risques et mise en œuvre des mesures de prévention appropriées.

Les résultats de l'évaluation des risques sont consignés dans ***le document unique*** prévu à l'article R. 230-1.

ARTICLE R 231-54-3 :

(Recommandations à l'employeur pour supprimer ou diminuer les risques d'exposition aux agents chimiques dangereux)

Les grandes lignes de cet article prescrivent à l'employeur de :

- concevoir et organiser des méthodes de travail adaptées ;
- prévoir un matériel adéquat et des procédures d'entretien régulières ;
- réduire au minimum le nombre des travailleurs exposés en veillant aux risques encourus par un travailleur isolé ;
- réduire au minimum la durée et l'intensité de l'exposition ;
- prendre des mesures d'hygiène appropriées ;

- réduire au minimum la quantité des produits chimiques présents sur le lieu de travail ;
- prévoir des procédures de travail adéquates pour le stockage, la manutention, le transport sur le lieu de travail d'agents chimiques dangereux ainsi que des déchets contenant de tels agents.

3.1.2 Recensement des produits chimiques

ARTICLE R 231-54-4 :

(Obligation de formation / information des travailleurs et des préventeurs)

« L'employeur doit veiller à fournir aux salariés et aux membres du CHS-CT toutes les informations relatives aux agents chimiques dangereux ».

Cela implique :

- Le libre accès des travailleurs aux fiches de sécurité ;
- L'actualisation périodique des informations sur les produits dangereux ;
- La formation sur les précautions à prendre et le port des protections individuelles ;
- La communication des résultats de l'évaluation des risques au CHSCT ou à défaut aux représentants élus du personnel, ou à défaut à tout travailleur intervenant dans l'entreprise ainsi qu'au médecin du travail.

Cette disposition prévoit donc *la constitution d'un volet relatif aux produits CMR dans les fiches de poste.*

Ceci est formalisé par l'art R231-54-14

3.1.3 Fiche de poste

ARTICLE R 231-54-14 :

« L'employeur établit une notice pour chaque poste ou situation de travail exposant les travailleurs à des agents chimiques dangereux ; cette notice, actualisée en tant que de besoin est destinée à informer les travailleurs des risques auquel leur travail peut les exposer et des dispositions prises pour les éviter ». Elle rappelle les règles d'hygiène applicables ainsi que, le cas échéant, les consignes relatives à l'emploi des équipements de protection collective ou individuelle.

Ce dernier article permet la réalisation d'un suivi d'exposition professionnelle durant toute la période d'activité du salarié. C'est l'article suivant qui le stipule :

3.1.4 Fiche individuelle d'exposition

ARTICLE R 231-54-15 :

« L'employeur tient une liste actualisée des travailleurs exposés aux agents chimiques dangereux, très toxiques, toxiques, nocifs, corrosifs, irritants, sensibilisants, ainsi qu'aux agents cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction...

La nature de l'exposition, sa durée ainsi que son degré tel qu'il est connu par les résultats des contrôles effectués, sont précisés dans cette liste ».

Il établit pour chacun de ces travailleurs une fiche d'exposition comprenant les informations suivantes :

- nature du travail effectué, les caractéristiques des produits, les périodes d'exposition et les autres risques ou nuisances d'origine chimique, physique ou biologique du poste de travail .

- les dates et les résultats des contrôles de l'exposition au poste de travail ainsi que la durée et l'importance des expositions accidentelles.
- Chaque travailleur est informé de l'existence de la fiche d'exposition et a accès aux informations le concernant.

Les informations mentionnées ci-dessus sont recensées pour chaque poste de travail et tenues à disposition des membres du CHS-CT ou des délégués du personnel.

ARTICLE R 231-54-16 :

Il concerne la prévention médicale contre les risques d'exposition aux agents chimiques dangereux

§ 1 : «un travailleur ne peut être affecté, par l'employeur, à des travaux l'exposant à des agents chimiques dangereux... que s'il a fait l'objet d'un examen préalable par le médecin du travail et si la fiche d'aptitude établie...atteste qu'il ne présente pas de contre-indication médicale à ces travaux. En outre, cette fiche indique la date de l'étude de poste de travail et celle de la dernière mise à jour de la fiche d'entreprise».

§2 : «en cas de maladie ou d'anomalie susceptible de résulter d'une exposition à des agents chimiques dangereux, le médecin du travail détermine la pertinence et la nature des examens éventuellement nécessaires aux autres personnels exposés».

§3 : «le médecin du travail constitue et tient pour chacun des travailleurs exposés aux agents chimiques dangereux, une copie de la fiche d'exposition, les dates et les résultats des examens médicaux complémentaires ».

§4 : « le dossier médical doit être conservé pendant au moins cinquante ans.
Une attestation d'exposition aux agents chimiques dangereux doit être délivrée par l'employeur aux travailleurs quittant l'entreprise, quelle qu'en soit la raison ».

3.1.5 Surveillance des travailleurs

Les articles R231-55, 55-1, 55-2, 55-3, fixent les conditions du contrôle du risque chimique sur les lieux de travail ainsi que les conditions d'agrément des organismes chargés des contrôles.

Les articles suivants sont une adaptation particulière des règles de prévention à prendre pour les produits classés « CMR »

ARTICLE R231-56 :

L'article R231-56-1 stipule que l'employeur est tenu pour toute activité susceptible d'exposer un travailleur aux produits « CMR » d'évaluer la nature, le degré et la durée de l'exposition

Il précise la nécessité de renouveler l'évaluation en fonction des connaissances, des changements de processus de travail dans l'entreprise, ou lors de la mise en route de nouvelles substances. Toutes les expositions doivent être prises en compte, y compris les voies per et transcutanées.

ARTICLE R231-56-3 et 4 :

Il concerne toutes les mesures visant à exposer le moins de travailleurs possible, au moins de substances possible, pendant le moins de temps possible.

ARTICLE R231-56-4-1 :

Il est encore plus contraignant : « Les contrôles techniques destinés à vérifier le respect des valeurs limites doivent être effectués au moins une fois par an par un organisme agréé... » Ceci s'applique avec une rigueur encore plus grande pour les produits CMR.

ARTICLE R231-56-8 :

L'employeur doit veiller à ce que les travailleurs ne mangent pas, ne boivent pas et ne fument dans les zones de travail concernées.

ARTICLE R231-56-11 :

Il redit l'obligation pour le médecin du travail d'attester que le salarié ne présente pas de contre indication médicale aux travaux l'exposant aux substances étiquetées « CMR ».

Cette disposition est très controversée chez les médecins français : en effet, qui peut être reconnu apte à être exposé à des produits cancérigènes ? Si la protection des salariés est parfaite, tout le monde peut être mis à ce poste. Néanmoins, les femmes enceintes sont systématiquement écartées de ces postes.

En conclusion

la législation s'est faite très stricte vis-à-vis des agents chimiques dangereux. Les produits « CMR » sont plus particulièrement visés. Leurs effets dangereux sont, hélas, sensibles à long ou très long terme et sont encore mal connus pour beaucoup. La prévention à leur encontre est encore plus difficile, car leurs effets sont cumulatifs, tardifs et souvent combinés avec les effets d'autres substances rencontrées dans la vie de chacun en dehors du lieu de travail (tabac, alcool, gaz d'échappement, alimentation...). Les évaluations de l'exposition vont donc logiquement servir autant à prévenir les situations de travail dangereuses, qu'à protéger les entreprises sur le plan médico-légal.

4 PRESENTATION DE L'USINE

4.1 SITUATION GENERALE

Située au Nord Est de la région parisienne, cette unité de production a été fondée par des industriels anglais vers 1890. Elle dépend d'un groupe pétrochimique mondialement connu.

4.1.1 Secteur d'activité

Industrie du caoutchouc

4.1.2 Type de production

- Tuyaux de moins de 38 mm de diamètre pour le transfert de fluides ;
- Galets de roulement (pneus pleins pour chariots) ;
- Patins et axes de chenilles du char Leclerc (militaire) ;
- Systèmes de roulement « à plat » et « anti-déjantage » pour véhicules militaires ;
- Préparation de mélanges à usage interne et pour clients extérieurs ;
- Bandes de transfert de grande longueur.

Elle comprend aussi des bureaux d'étude, un laboratoire et un service Recherche et Développement.

4.2 ATELIERS

4.2.1 La Préparation

Cette unité, séparée du reste de l'usine, sert à la préparation des mélanges. Cette opération se fait sur 3 niveaux (cf plan à la page suivante)

- Au 2^{ème} étage : on trouve les **poudres** noires et blanches, les **huiles** (en fûts extérieurs pour les mélanges habituels, avec un circuit direct vers le mélangeur ne nécessitant pas d'intervention humaine, et en fûts intérieurs pour les préparations spéciales) ; les noirs de carbone et les blancs (kaolin) sont déversés dans des trémies séparées et tombent dans le mélangeur. L'opérateur ne peut avoir de contact qu'avec les huiles « intérieures » quand il en ajoute aux mélanges. Un seul opérateur tient les deux postes.
- Au 1^{er} étage : mise en œuvre des **gommages brutes** et des agents de **vulcanisation**. Les balles de gommages sont pesées et dirigées vers le mélangeur. Un opérateur pèse les poudres sur une balance numérique. Les poudres sont mises ensemble dans un sac plastique qui sera rajouté dans le mélangeur. Il y a 2 opérateurs à cet étage.
- Rez de chaussée : le **malaxage** de la pâte se poursuit dans les « suiveurs ». Cette étape consiste à laisser tourner le mélange chaud entre trois groupes de gros cylindres chauffants (de 150°C à 180°C) et à y ajouter des poudres au niveau de second suiveur (**accélérateurs** de vulcanisation, et/ou **retardateurs**). En fin de chaîne, on refroidit le mélange (Batch-off) qui ressort sous forme d'une bande de pâte molle et déformable. Après calandrage, on ajoute en surface un anti-collant (stéarate en général), permettant de replier les bandes sur elles-mêmes sans qu'elles ne collent et on procède au stockage sur des palettes. Plus tard, ces palettes sont dirigées vers les ateliers ou vers d'autres usines. 6 opérateurs sont nécessaires. Le préparateur des poudres du R.d.C. s'occupe aussi des poudres du 1^{er} étage.

Il faut en tout 7 opérateurs pour tenir les postes en préparation. Il convient d'y ajouter un chef d'atelier et un chef d'équipe qui apporvisionne les postes en gommés et en poudres.

Tous les postes sont munis d'aspirations sauf le 2^{ème} suiveur. Au dosage des poudres du premier étage l'aspiration est située au dessus des bacs contenant les poudres ou les granulés dont se sert l'opérateur, une autre aspiration est sur la balance, à hauteur du haut du récipient dans lequel on ajoute les ingrédients. Au R.d.C. l'aspiration n'est que sur la balance.

4.2.2 Le Laboratoire

On y procède aux formulations chimiques des gommés demandés et au contrôle de la qualité de la production. Ce service reproduit en plus modestes, toutes les opérations de travail de l'usine, à l'exception de l'extrusion. On y trouve donc toutes les phases de la préparation décrites ci-dessus, un mélangeur, un réchauffeur de mélange, des presses à injections, un autoclave. 4 techniciens travaillent au labo, en plus du chef de service et d'un autre chimiste. Des aspirations sont installées au dessus des postes.

4.2.3 Calandre – dissolution

L'atelier de calandrage prépare les gommés en les coupant à la dimension requise pour leur moulage ultérieur dans les différents ateliers de façonnage des produits finis. Les salariés de cet atelier fabriquent aussi des quantités de « dissolution » qui est une « colle » à base de toluène ou d'essence, de méthyléthylcétone (MEK) et de méthylisobutylcétone (MIBK) servant à souder entre elles des pièces caoutchoutées dans différents ateliers. (demi tores des « roulements à plat », pneumatiques appelés « VP moulés »).

4.2.4 Ateliers de façonnage

L'usine fabrique différents produits requérant différentes techniques :

- [L'extrusion](#) : pour la fabrication de tuyaux : soit en une fois (tuyau de gazinière), soit doublée pour les tuyaux tressés qui comprennent, entre deux couches de caoutchouc, un renfort tressé en nylon, ou en laiton (pour le transfert de fluides sous pression). Un seul opérateur travaille sur chacun de ces 3 postes appelés « lignes ». Les tuyaux formés sont ensuite enroulés sur de larges plateaux et cuits en autoclave par un autre opérateur.
- [L'injection](#) sous presse pour la fabrication de patins de char : un opérateur procède à l'injection de mélange dans des moules (sur un support métallique) qui sont ensuite cuits sous presse. Les moules, après cuisson, sont ouverts par un autre opérateur qui récupère le patin chaud, referme le moule et le renvoie au premier opérateur chargé de recommencer une nouvelle injection.
- [La compression](#) pour la fabrication de « bandages galets » : se fait par compression dans un moule d'une longueur de bande de mélange, enroulée autour d'un axe (ex : roue de chariot élévateur). La cuisson se fait ensuite en autoclave. 3 salariés sont affectés à ce poste.
- [La vulcanisation à plat](#) (« calandre rotocure ») : pour la fabrication de bandes de transfert (ex : tapis roulants des caisses de supermarchés, ou de sablières). Le formatage et la cuisson se font sur la même machine, en continuité. 2 opérateurs sont nécessaires pour chacune des deux machines. Ils sont chargés de « conduire » les rotocures et restent très près des mélanges chauds pour différents réglages.

L'usine fabrique aussi par l'un ou l'autre de ces procédés, d'autres produits comme :

- les VP moulés : pneumatiques alvéolés militaires, fabriqués par moitiés (dans le sens équatorial) collées dans un second temps (par compression et vulcanisation sous presse).
- des tubulures en caoutchouc semi rigide pour l'automobile. Les pièces sont enfilées sur des formes métalliques et cuites en autoclave. 1 seul opérateur tient le poste appelé « entringlage ».

A côté de ces postes principaux, on trouve 5 personnes d'entretien qui circulent dans tous ces ateliers, deux électriciens, 4 mécaniciens pour la réparation des machines, des caristes, des chefs d'atelier, des chefs d'équipe.

4.3 LE PERSONNEL

L'usine emploie entre 150 et 200 personnes suivant la demande de production. Avec à la base 150 salariés dont une centaine en production et une cinquantaine pour la partie administrative, l'usine embauche selon ses besoins des intérimaires pour des campagnes de productions dictées par les commandes. Ces intérimaires peuvent avoir été formés lors d'un précédent contrat ou être nouveaux. Ils sont accueillis selon un protocole d'intégration qui comprend une visite générale de l'usine, une formation au poste ainsi qu'aux mesures de sécurité.

Dans le cadre de cette étude, nous n'envisagerons que les postes de travail en rapport avec une possible exposition aux agents cancérogènes et mutagènes. Nous laisserons de côté les postes de montage de roues, de découpe de pièces à froid, de finition de petites pièces, de conditionnement, de stockage, les caristes, etc.

Les postes les plus spécialisés nécessitent une formation parfois assez longue : 6 mois pour un opérateur sur une ligne continue (extrusion pour les tuyaux). Lors de pics de production, l'embauche d'intérimaires est nécessaire ; ils sont affectés aux postes les plus simples et, selon leurs capacités, ils sont parfois formés à des postes plus exigeants. Néanmoins, ce sont les ouvriers les plus anciens qui tiennent les postes requérant le plus d'expérience. La plupart des postes en production sont tenus par des hommes ; seules quelques femmes travaillent à des postes dits « légers » : à la finition des tuyaux (2), au ménage (3), au laboratoire (2)

4.4 LA ROTATION DES POSTES

Certains postes peuvent tourner en 2 x 8 h ou en 3 x 8 h (par exemple : la préparation, les tuyaux, les presses patins selon les nécessités de la production). Au sein d'un même atelier, les opérateurs sont généralement capables de s'occuper de deux, voir trois postes.

En préparation, la plupart des ouvriers tournent entre les postes, sur les trois niveaux. Aux tuyaux, les conducteurs de lignes peuvent intervertir leurs places, mais restent le plus souvent à la même ligne. Aux patins, les mouleurs et les démouleurs alternent leurs postes.

Les postes les plus durs en termes de chaleur ambiante et d'effort physique sont incontestablement les trois « suiveurs » en préparation, les presses à la fabrication de patins de char, la fabrication de bandages pour les galets, la Rotocure.

Aux « presses patins » c'est surtout le démoulage qui est dur pour l'opérateur, obligé de sortir les pièces des moules, d'enlever les bavures autour du moule, et de porter les patins encore très chauds sur une table de stockage, avant ébarbage par un robot. Mouleur et démouleur alternent.

Aux « bandages galets », un opérateur réchauffe le mélange et le calandre pour qu'il soit ensuite enroulé sur un axe et pesé. Les charges à porter nécessitent deux opérateurs.

A la Rotocure, les opérateurs doivent constamment surveiller le bon déroulement de la vulcanisation ; ils tournent beaucoup autour des deux Rotocures.

Les autoclavistes sont exposés à la chaleur, aux fumées et vapeurs lors de l'ouverture des « cocottes » mais pendant les cuissons, ils s'éloignent des alentours des autoclaves et se

livrent à des manipulations diverses assistées par des palans électriques, requérant moins d'efforts physiques.

Globalement, les salariés restent plusieurs mois ou années au même poste, et l'exposition à long terme aux substances chimiques, peut être considérée comme identique pour les opérateurs qui travaillent à des postes proches par la nature de la tâche.

4.5 SECURITE AU TRAVAIL

4.5.1 Générale

L'ensemble des partenaires de l'entreprise est conscient des enjeux de la sécurité au travail. Le CHSCT se réunit 4 fois par an. Tous les problèmes de dysfonctionnements de l'usine y remontent. Les membres du CHSCT travaillent à la demande des salariés, du médecin du travail, de la Direction ou à sa propre initiative.

Les nouveaux salariés sont accueillis et bénéficient des formations et informations nécessaires à leur tâche et sont aussi formés à la sécurité générale du site et de leur poste.

4.5.2 Protection collective et individuelle (risque chimique uniquement).

En journée, les [aspirations générales](#), présentes à tous les postes fonctionnent, mais il n'est pas rare de voir les [aspirations locales](#) désactivées, sous divers prétextes.

Les ateliers sont nettoyés deux à trois fois par semaine, soit avec une machine industrielle, soit à la main dans les endroits d'accès difficile.

En préparation, les fûts d'huile intérieurs ont tous des bacs de rétention régulièrement vidés par aspiration. Les fûts extérieurs sont inaccessibles. Les locaux de pesée des petites poudres en préparation ont des balances électroniques équipées de buses d'aspiration au niveau des plateaux de pesée et au dessus des bacs de poudres (au premier étage). Ces aspirations ne sont pas toujours branchées ou utilisées correctement. Les autoclaves, les presses, les réchauffeurs, les calandres, les rotocures sont équipés d'aspirations.

Les ouvriers portent tous des [gants anti-brûlures](#) et anti-coupures. Ils sont tenus de porter des [masques à poussières](#) à la pesée des poudres. Compte tenu de la chaleur dégagée

aux sorties des presses ou des autoclaves et de la présence d'aspirations, il serait difficile de leur faire endurer d'autres masques plus sophistiqués.

En préparation, tous les ouvriers portent des combinaisons blanches jetables, y compris les ouvriers d'entretien. Les vestiaires comportent des douches, très largement utilisées. Les **consignes de sécurité** sont traditionnellement moins respectées la nuit, notamment en ce qui concerne les interdictions de fumer sur le poste de travail.

4.6 SPECIFICITES DE L'USINE

4.6.1 Les produits

En production, l'usine ne travaille pas le latex naturel, mais uniquement des élastomères à base de **styrène butadiène** (SBR), parfois des **acrylo-nitriles** (NBR).

Le **noir de carbone** utilisé est produit par combustion de pétrole et garanti exempt de résidus d'hydrocarbures polycycliques, donc n'exposant pas à un risque accru de cancer pulmonaire, comme pouvait le faire penser une étude cas - témoin³³.

On n'utilise plus de **silice** libre, mais de la silice amorphe, enrobée.

Les techniques de fabrication de tuyaux utilisant du **plomb** ont été arrêtées.

Le **trichloréthylène** a disparu de l'usine courant 2003.

4.6.2 Les processus

Les principales **techniques de production** sont : l'extrusion, la compression et l'injection sous presse et, depuis peu, la vulcanisation à plat en continu (rotocure). Il n'y a pas de technique de vulcanisation par bain de sel ni de four UHF.

³³ Parent M.E., Siemiatycki J., Renaud G. – Case-control study of exposure to black carbon in the occupational setting and risk of lung cancer. *Am. J. Ind. Med.*, 30, 285, 1996.

4.6.3 La sécurité au travail

Une infirmière est sur place et peut signaler au médecin du travail tout incident ou accident survenant dans un atelier.

Le **CHS-CT** remplit son rôle dans le domaine de la prévention : analyse des accidents et incidents, enquêtes et études de postes quand un salarié signale un dysfonctionnement.

La direction a une attitude constructive vis-à-vis de la santé au travail (recours aux avis spécialisés en matière de protection des travailleurs, facilitation de la mise en œuvre des prélèvements décidés, moyens financiers).

Tous les produits entrant dans l'usine sont accompagnés d'une fiche de données de sécurité qui est intégrée à une **base de donnée** au service médical. Une simple requête permet de retrouver n'importe quel produit en fonction d'un ou plusieurs critères de recherches, notamment les phrases de risques ou les postes de travail).

Un **laboratoire de recherche**, interne au groupe pétrochimique dont dépend l'usine, peut être appelé pour faire des analyses atmosphériques (empoussièrement, fumées de vulcanisation, nitrosamines, amiante...).

4.7 PERSONNEL EXPOSE

L'**exposition** des ouvriers se fait donc surtout par l'exposition aux poussières lors de la **préparation des mélanges**, et pendant la transformation, l'exposition aux HAP dans les fumées de vulcanisation, aux nitrosamines, ou aux amines aromatiques, se fait principalement lors des phases « **chaudes** » : ouverture des autoclaves, ouverture des moules sortant des presses, travail sur les pièces chaudes (ébarbage), vulcanisation en continu sur les calendres Rotocures, et les lignes continues (tuyaux).

En préparation des mélanges, les équipes changent très peu. Certains ouvriers restent au même poste, ou à la rigueur acceptent, au rez de chaussée, de passer du 1^{er} au 2^{ème} suiveur ou du 2^{ème} au 3^{ème} ; mais seuls 4 ou 5 salariés acceptent de permuter leur poste en changeant d'étage.

Au laboratoire, les techniciens sont dans un local de 80 m² environ et côtoient tous les postes où l'on teste les mélanges après vulcanisation. Le laboratoire reproduit toutes les conditions des ateliers, exception faite de l'extrusion. Il y a des mélangeurs, des réchauffeurs, des presses, et en plus, des appareils à tester les qualités des gommés.

A la calandre Rotocure, un nouveau système permet le moulage de larges bandes de mélanges et leur vulcanisation « à plat », en continu. Les ouvriers tournent autour et au dessus (passerelle) des deux machines pour veiller au bon déroulement du processus.

Aux presses, que ce soient celles des patins de chars, ou les autres presses de l'usine, comme aux autoclaves, c'est à l'ouverture des moules ou des couvercles que les salariés sont exposés aux fumées de vulcanisation.

Aux lignes tuyaux, l'opérateur circule sur une petite dizaine de mètre le long de sa ligne. Les fumées de vulcanisation sont donc respirables à la sortie de l'extrudeuse

Comme nous l'avons dit plus haut, le personnel doit acquérir une spécialisation selon le poste qu'il occupe ; par exemple un poste sur une ligne de production de tuyau de grande longueur ne peut être tenu que par un ouvrier expérimenté. S'il est compétent et fiable, il pourra rester à ce poste pendant 15 ou 20 ans.

5 METHODOLOGIE

Nous avons choisi de faire une évaluation du risque cancérogène en allant des moyens les plus simples aux plus élaborés :

- l'examen des fiches de sécurité des produits utilisés,
- l'examen des conditions de travail sur place,
- la vérification par mesurage atmosphérique des fumées de vulcanisation des postes les plus polluants,
- la mesure des nitrosamines dans l'air,
- et enfin, un test de mutagénicité des urines des salariés les plus exposés.

5.1 STRATEGIE DE MESURAGE

La base de donnée sur les produits nous a permis de répertorier les substances dangereuses. Une fois cette liste établie, nous avons pris contact avec la Caisse Régionale d'Assurance Maladie d'Ile de France (CRAMIF) afin de lui demander de venir sur place analyser le risque d'exposition à ces substances des salariés de l'usine.

Après la visite de la CRAMIF, nous avons procédé à des prélèvements de fumées de vulcanisation aux postes visuellement les plus polluants et de nitrosamines aux postes les plus fortement suspectés d'en être émetteurs, afin de valider, chiffres à l'appui, les conclusions de la visite des postes. Les mesures ont été réalisées par le Centre de Recherche de la société. Un technicien a procédé au calibrage des pompes, à leur installation sur les opérateurs ou aux postes de travail. Les techniques sont celles recommandées par l'INRS. Les prélèvements ont été faits sur deux semaines, en privilégiant les périodes d'utilisation des mélanges les plus riches en substances réputées cancérogènes. Les visites préliminaires ont permis de repérer les zones les plus génératrices de fumées. Les prélèvements ont été effectués aux postes quand les opérateurs y sont à demeure, ou sur les opérateurs quand ceux-ci se déplacent aux alentours du poste, mais toujours dans une zone enfumée. Les mélanges ont été répertoriés, les aspirations fonctionnaient normalement.

Enfin, après avoir pris connaissance des premiers résultats, et pour lever les doutes sur d'éventuelles expositions passées inaperçues, nous avons réalisé des tests de mutagénicité des urines de 38 salariés des postes les plus exposants. Ce test permet de prendre en compte toutes les sources d'exposition et toutes les voies de pénétration. Les prélèvements ont été acheminés au laboratoire de toxicologie de l'U.C.L. pour y être préparés et envoyés dans le laboratoire de Biogénotoxicologie et Mutagénèse Environnementale (UPRES-EA 1784) à l'université de la Méditerranée à Marseille, service du Pr Alain BOTTA.

5.2 METHODOLOGIE DE L'EVALUATION

Nous décrivons ici la méthodologie suivie pour chacune des phases de la stratégie d'évaluation.

- L'analyse des fiches de sécurité
- L'évaluation visuelle de la CRAMIF
- Le mesurage des fumées de vulcanisation
- Le mesurage des nitrosamines
- Le test de mutagénicité urinaire ou test d'Ames

5.2.1 Analyse des Fiches de Données de Sécurité

Nous avons réalisé au service médical de l'usine, une base de données que l'infirmière et le médecin de l'entreprise alimentent à partir des fiches de sécurité des produits entrant dans l'usine. De chaque fiche nous enregistrons les renseignements suivants :

- le nom du produit ;
- le code informatique (interne à l'entreprise) du produit concerné ;
- les phrases de risque ;
- la composition ;
- les différents numéros CAS (s'ils existent) de ses composants;
- l'utilisation qui en est faite;

- le fournisseur (pour renouveler les fiches de sécurité) ;
- la date de rédaction de la fiche en notre possession ;
- le ou les atelier(s) où ce produit est utilisé.

Nous donnons un exemple extrait de cette base de données à la page suivante. Il y a 700 produits enregistrés. Certains ne diffèrent entre eux que par les fournisseurs, car les achats se font en fonction des prix sur le marché, à qualité égale.

Les phrases de risques ne sont retenues que si le produit contient plus de 0.1% de l'agent dangereux concerné, par exemple, un produit contenant moins de 0.1 % de benzène (R45) n'apparaîtra pas lui-même R45. Ceci pourrait être source d'erreur d'évaluation de l'exposition si la somme des expositions dangereuses était supérieure à la limite recommandée. Cette somme est, ici, impossible à calculer à l'aide des renseignements enregistrés dans la base.

Cette base de données permet de trouver tous les renseignements désirés : on peut évidemment isoler les produits cancérogènes (R45 – R49), mutagènes (R46) ou reprotoxiques (R60 – R61), mais aussi les retrouver par ateliers, par poste de travail pour certains, par codes informatiques, etc. Il est dès lors facile d'établir les fiches de postes telles que les demandent les nouvelles dispositions législatives, ainsi que d'établir pour chaque salarié sa fiche d'exposition personnelle.

Exemples extraits de la base de données des produits utilisés dans l'usine

Nom	Code informatique	Phrases de risques	Composition	N° CAS	Utilisation	Poste 1
CARIFLEX 1712	S-101003	R45	Copolymère butadiène styrène, renfermant une huile minérale hautement aromatique	9003-55-8, 64742-03-6	Elastomère SBR. Pneumatiques, bandes transporteuses, pièces techniques diverses	1er étage
CARIFLEX 1712 D	S-101003	R45	Copolymère butadiène styrène renfermant une huile minérale hautement aromatique; contient un stabilisant	9003-55-8, 64742-03-6 (extrait aromatique de distillat naphénique léger), 64742-04-7 (Extrait aromatique de distillat paraffinique lourd), 64742-05-8 (extrait aromatique de distillat paraffinique lourd), 64742-11-6 (extrait aromatique de distillat naph)	Elastomère SBR. Articles en caoutchouc	1er étage
CARIFLEX 1778	S-101004		Copolymère butadiène styrène, renfermant une huile minérale naphénique	9003-55-8, 64741-96-4	Elastomère SBR. Tuyaux, semelles de chaussures, pièces techniques diverses	1er étage
CARIFLEX 1778 F	S-		Copolymère butadiène styrène, renfermant une huile minérale naphénique (distillat d'huile naphénique lourde, raffinée au solvant); contient un stabilisant	9003-55-8 (Copolymère butadiène-styrène), 64741-96-4 (Huile naphénique)	Elastomère SBR. Articles en caoutchouc	1er étage
CENSPERSE DM06		R21/22 R51/53	Organosilane ester. Silquest A-189 70% of which contains methanol <1 and gamma-mercaptopropyltrimethoxysilane >85 ; silicate 30%	67-86-1 (methanol), 4420-74-0 (mercaptopropyltrimethoxysilane)		1er étage
CHEMIGUM NX 775			Copolymère d'acrylonitrile et de butadiène (carboxylé). Traces de monomères au cours de l'utilisation	9010-81-5	Elastomère nitrile	1er étage
CIRE LE 114	149934		Cire de polyéthylène	-	Lubrifiant et dispersant	Dosage petites poudres
COFILL 11	161500	R22,R36/38	Resorcinol et silice	-	Agent d'adhésion	Dosage petites poudres
COHEDUR 150	A161504	R40/43	Mélange de méthylamines étherées combiné à 50% de matière de remplissage anorganique. Contient de l'aldéhyde formique (1%)	85049-87-2, 1344-00-9	Agent adhésif pour caoutchouc	Dosage des accélérateurs

5.2.2 Analyse des Conditions de Travail

Nous avons choisi de faire appel à l'expertise de la *Caisse Régionale d'Assurance Maladie d'Ile de France* (CRAMIF).

Cet organisme assure, en France, les salariés du régime général (maladie, accidents de travail et maladies professionnelles). A ce titre, il peut envoyer dans les entreprises des techniciens, des ingénieurs, des médecins conseils pour toute situation de travail à évaluer. Ce service est compris dans les cotisations que lui payent les entreprises. La CRAMIF peut aussi faire des prélèvements atmosphériques divers, en relation parfois avec l'Institut National de Recherche et de sécurité (INRS).

Après avoir ressorti de la base de données l'ensemble des produits étiquetés R45, R49 et R46, une visite systématique des lieux de travail a été faite avec deux médecins de la CRAMIF, un technicien chimiste spécialisé en prélèvements atmosphériques, l'infirmière et le médecin du travail.

La méthode d'analyse des risques d'exposition à des substances dangereuses a donc consisté à rechercher les lieux de travail où étaient utilisées ces substances. Cette visite a permis de voir les produits eux-mêmes, leur présentation physique, leur utilisation pratique, les zones polluantes, le cheminement des substances et des mélanges, leur utilisation ultérieure, jusqu'au stockage. On a pu évaluer les protections collectives (aspirations, sanitaires, douches, réfectoire, respect des consignes générales de sécurité) et individuelles (gants, masques, combinaisons jetables, procédures de travail individuelles). Les experts de la CRAMIF ont ensuite analysé toutes ces données et envoyé leur rapport final.

5.2.3 Fumées de vulcanisation

Cette méthode vise à caractériser les situations de travail mais n'a aucune justification toxicologique³⁴. Elle permet de repérer les situations les plus défavorables. Il s'agit donc bien d'une tentative de quantification pondérale de la pollution d'une zone de travail. Les britanniques ont fixé un objectif réaliste de 0,6 mg/m³ à cette mesure (valeur de référence britannique retenue par le Health and safety executive ; méthode MDHS 47).

La technique ne retient que la fraction des fumées solubles dans le cyclohexane.

Pour les prélèvements individuels, on a employé des filtres en fibre de verre de 37 mm de diamètre, à l'aide de pompes autonomes réglées sur un débit de 3 l/min pendant 4 heures. Les filtres n'étaient munis d'aucun sélecteur (recueil des fumées totales). Ils ont ensuite été placés dans des extracteurs « Soxhlet » pour extraction par le cyclohexane à chaud pendant 10 heures. Après séchage, les filtres ont été pesés, la différence de poids avant et après extraction correspondant à la fraction soluble. Cette mesure n'est donc que pondérale et non qualitative.

5.2.4 N-nitrosamines

Les prélèvements ont été réalisés avec de petites pompes d'échantillonnage atmosphérique réglées à un débit de 1,5 l/min. L'échantillonneur est un tube Thermosorb/NTM de chez Thermedics Inc. (USA) Il renferme une plage d'acide sulfamique inhibant la nitrosation des amines en nitrosamines, suivie d'une plage en silicate de Mg (Florisil®). L'ensemble est protégé de la lumière par un étui opaque.

La phase adsorbante du capteur est désorbée dans un volume connu de dichlorométhane/méthanol (75 / 25). La séparation des différentes nitrosamines est réalisée par chromatographie gazeuse (Hewlett-Packard 5890 II), sur colonne polaire mégabore CP Wax 52 CB de 25 m, épaisseur de film de 1µm (Chrompack), précédée d'une précolonne 2,5 m x 0,53 mm de polyéthylèneglycol désactivée(Chrompack). La température initiale du four

³⁴ J.F. Certin et Coll. Op ; cit. Pollution par les fumées de vulcanisation dans l'industrie du caoutchouc. INRS ND 1950-154-94

est de 35°C pendant 30 secondes, puis passe à 100°C (35°C/min), et enfin à 160°C (10°C/min). L'injecteur fonctionne en mode splitless à 200°C, le gaz vecteur est de l'hélium (7 ml/min). La détection est effectuée par TEA 510 (Thermedec Inc.), par chimiluminescence. Les températures des interfaces CPG – TEA et du pyrolyseur sont respectivement de 250 et 450°C. L'identification des pics et la quantification sont réalisés par comparaison avec des solutions référencées de nitrosamines par la méthode d'étalonnage externe.

Le CDR ne sait doser que deux nitrosamines : la NDMA (N-nitrosodiméthylamine) et la NMOR (N-nitrosomorphiline).

5.2.5 Test de mutagénicité des urines

Le test d'Ames est un test de mutagénèse qui consiste à détecter l'induction de mutations par des substances chimiques chez une bactérie : *Salmonella typhimurium* YG 1041³⁵.

4 souches de cette bactérie sont utilisées : TA 97a, TA 98, TA 100 et TA 102. Elles sont toutes porteuses d'une mutation sur l'un de gènes de l'opéron histidine. Ces souches auxotrophes pour l'histidine (*His*⁻) peuvent réverser spontanément vers (*His*⁺), et ainsi pousser sur un milieu dépourvu d'histidine. Ce taux de réversion très faible spontanément, peut augmenter sous l'effet d'agents mutagènes et permettre ainsi de quantifier le pouvoir mutagène de ces substances.

Phénotype (*His*⁻), (*Bio*⁻) et réversion spontanée : une vérification a été faite en observant la croissance des souches sur un milieu en présence d'histidine et de biotine, et en vérifiant que les souches ne poussaient pas en absence de ces deux composants. L'auxotrophie pour la biotine ne peut être réversée car il s'agit d'une délétion du gène.

Quant au taux de réversion spontanée, il a été mesuré lors de cette étude (nombre de révertants spontanés par boîte de contrôle) et comparé aux valeurs historiques obtenues dans le laboratoire où a été effectué le test.

³⁵ Hofnung M. 1984. Test à court terme en toxicologie génétique, principes et techniques. INSERM, Paris 144p.

5.2.6 Le test qualitatif ou spot test³⁶

Principe :

Il permet de détecter rapidement si un produit a un effet mutagène et / ou toxique sur une souche bactérienne. Il sert de pré-test , de manière à cerner la gamme à tester dans le test quantitatif . Sur une boîte de Petri contenant le milieu VB et préalablementensemencé avec la souche, des disques de papiers sont déposés, et reçoivent différents volumes de produits à tester. On observe l'apparition de mutants autour des disques dans le cas d'un effet mutagène de la molécule et/ou une zone d'inhibition dans le cas d'un effet bactéricide.

Protocole expérimental :

On réalise une préculture de la souche en ensemencant 10 ml de bouillon nutritif (Nutrient Broth N°2, Oxoid) avec quelques cristaux de la souche congelée et en incubant sous agitation à 37°C pendant 12 heures, de manière à obtenir $10^9 - 5 * 10^9$ bactéries/ml. Le lendemain, des volumes de 0,1 ml de la culture de la nuit et 2 ml de milieu Top contenant de l'histidine (0,0045 mM) et de la biotine (0,045 mM) pour permettre la croissance de deux générations, sont répartis dans les tubes de Falcon. Le contenu des tubes est étalé sur milieu VB préalablement coulé dans des boîtes de Petri.

Des disques de papier stériles de 6 mm de diamètre sont alors déposés sur les boîtes et reçoivent 10 µl des échantillons à tester. Des contrôles positifs sont aussi inclus :

- ICR 191 (0,2 µg) pour la souche TA 97a ;
- 2,4,7 TNFone (0,2 µg) pour la souche TA 98 ;
- NaN_3 (5 µg) pour la souche TA 100 ;
- mitomycine C (0,5 µg) pour la souche TA 102.

Les boîtes sont placées à l'étuve 48 heures.

³⁶ Maron D. Ames B.N. 1983. Revised Method of the salmonella mutagenicity test. Mutat. Res., 113 : 173-215

5.2.7 Le test quantitatif avec pré-incubation en milieu liquide³⁷

Principe :

Il consiste à mettre en présence une quantité constante de souche bactérienne avec des quantités croissantes de produit à tester. Ces mélanges sont étalés sur boîtes de Petri contenant un milieu où seuls les révertants (*His*⁺) peuvent se développer. Des traces d'histidine sont ajoutées au milieu afin de permettre deux ou trois cycles de division. En effet, certains agents mutagènes n'agissent que sur les bactéries en phase de croissance. Après incubation, on dénombre les colonies réverses (*His*⁺). Ce test a été effectué en utilisant une version modifiée de la technique par pré-incubation en milieu liquide. Cette micro-méthode s'est avérée cinq à sept fois plus sensible que la technique standard.

Protocole expérimental :

On ensemence 10 ml de bouillon nutritif (Nutrient Broth N°2, Oxoid) avec quelques cristaux de la souche congelée et en incubant sous agitation à 37°C pendant 12 heures. Des volumes de 4, 6, 8 et 10 µl des différents échantillons à tester, 0,1 ml de la culture de la nuit et 0,1 ml de S9 mix si nécessaire, sont répartis dans des tubes de Falcon. La période de contact a été de 60 min à 37°C sous agitation.

Pour les témoins de réversion spontanée, l'échantillon est remplacé par 10 µl de DMSO. Pour chaque expérience, les contrôles ont été : 5 ou 10 µl de solvant pour déterminer les fréquences spontanées de réversion avec et sans S9 mix ; un contrôle positif pour chaque souche :

- ICR 191 (0,02 µg) pour la souche TA 97a ;
- 2,4,7 TNFone (0,02 µg) pour la souche TA 98 ;
- NaN₃ (0,5 µg) pour la souche TA 100 ;
- mitomycine C (0,02 µg) pour la souche TA 102.

³⁷ De Méo M., Laget M., DiGiorgio C., Guiraud H., Botta A., Castegnaro M., Duménil G., 1996. Optimization of the salmonella/mammalian microsome assay for urine mutagenesis by experimental designs. *Mutat. Res.*, 260 : 295-306.

A la fin de la période de contact, des volumes de 0,2 ml de Top Agar (0,045 mM en histidine et biotine) ont été ajoutés et les mélanges étalés sur des boîtes de Petri contenant du milieu VB. Les révertants (*His*⁺) ont été dénombrés, après 48 heures d'incubation à 37°C, à l'aide d'un compteur automatique de colonies (Spiral System Instruments, Bethesda, MS, USA). La réponse est considérée comme positive :

- lorsque le nombre de révertants en présence du produit à tester est statistiquement supérieur au nombre des révertants spontanés pour au moins une dose par le test de Dunnett
- et lorsqu'une relation dose-réponse peut être statistiquement significative par régression non linéaire.

➤ **Analyse des données :**

Ils le sont de deux façons : régression non linéaire et test de Dunnett.

Test de Dunnett :

Le test de Dunnett est un test de comparaison multiple avec un groupe contrôle. La comparaison s'effectue avec le contrôle solvant (DMSO, fréquence spontanée de réversion) avec $P < 0,01$ ($t = 3,45$).

Régression non linéaire :

La courbe exprimant le nombre de révertants en fonction de la dose du produit testé (courbe dose-réponse) est calculée par régression selon cinq modèles :

- Modèle linéaire (MIC – 3) : $Y = A * X + C$, avec :

Y = nombre de révertants/boîte observés

A = pouvoir mutagène (rév/μg ou nmoles)

X = dose (μg ou nmoles)

C = nombre de révertants spontanés.

- Modèle non linéaire (MIC-1 et MIC-2) :
$$Y = \frac{A \cdot X}{B + X} + C \quad \text{avec :}$$

Y = nombre de révertants/boite observés

A et B = coefficients calculés

X = dose (μg ou nmoles)

C = nombre de révertants spontanés.

Dans ce dernier modèle, deux cas sont possibles :

➤ **A et B > 0 (MIC-1) :**

le pouvoir mutagène (*PM*) qui est la pente maximale de la courbe, se définit comme la tangente à l'origine : $PM = A/B$

➤ **A et B < 0 (MIC-2) :**

le pouvoir mutagène (*PM*) est la tangente à la dose maximale observée :

$$PM = \frac{A \cdot B}{(B + X)^2}$$

Les calculs de régression sont effectués à l'aide du logiciel Table Curve 2D (Jandel Scientific Software, version 5)

Si aucun pouvoir mutagène n'est détecté, on calcule une valeur maximale possible :

$$PM = Rev^{sp} / D^{max} \quad \text{avec :} \quad Rev^{sp} = \text{nombre de révertants spontanés}$$

$$D^{max} = \text{dose maximale testée.}$$

Ces trois modèles ne tiennent pas compte cependant d'un effet toxique éventuel. Deux modèles supplémentaires proposés par Kim et Margolin³⁸ ont été inclus dans cette étude :

$$\text{MAR-1 : } Y = (a + bX) * 2 * e^{(-cX)}$$

$$\text{MAR-2 : } Y = (a + bX) * e^{(-cX^2)}$$

Le pouvoir mutagène est alors la tangente à l'origine.

Enfin, les résultats sont normalisés par la créatinine.

³⁸ Kim B.S. and Margolin B.H. 1999 Statistical methods for the Ames Salmonella assay : a review. *Mutat. Res.*, 436 : 113 – 122.

6 RESULTATS

Nous présentons ici les résultats des différentes évaluations décrites précédemment. Nous présenterons successivement : la liste des produits **R45** extraite de la base de données, l'évaluation de l'exposition à ces substances par la CRAMIF, les prélèvements des fumées de vulcanisation, des nitrosamines et des tests d'Ames.

6.1 LISTE DES SUBSTANCES R45 EXTRAITE DE LA BASE DE DONNEES DE FICHES DE SECURITE

Dans ce tableau, on distingue 4 principaux types de substances **R45** :

- des huiles aromatiques, soit en fûts, soit dans les élastomères étendus d'huile (SBR : styrène butadiène rubber)
- des amines aromatiques : 2 dérivés de dianiline
- des thio-urées
- du trichloréthylène.

Les produits qui ne sont plus utilisés dans l'usine ne sont pas retirés de la base. En effet, on doit pouvoir retrouver ultérieurement tous les produits auxquels ont été exposés les salariés. Leur date de retrait est notée dans une colonne à droite du tableau (n'apparaissant pas dans notre exemple).

Dans la colonne « R » sont notées les catégories C1 (substance que l'on sait cancérigène pour l'homme) ou C2 (substance devant être assimilée à une substances cancérigène pour l'homme).

Dans la colonne « nombre de mélanges » sont indiqués le nombre de formules différentes de gommés contenant la substance considérée mises en œuvre dans l'usine.

Produits classés « R45-46-49 » recensés en 2003 dans l'usine (+ nombre de mélanges de gommages concernés)

NOMS	Abréviation ou Nature chimique	R	Fonction	Voies de pénétration	Ateliers concernés	Nombre de mélanges.
Exarol Mobilsol K Sundex Enerflex 64, 65, 65G	Huile aromat.	R45 C1	Plasti fiants	Contact cutané Vapeur chaude	Préparation Tuyaux Patins Axes D&S, presses Calandres	68
Buna 1712 SBR 1712 Cariflex 1712	StyrèneButadiène Etendus d'huiles Aromat. à 27%	R45 C1	Elasto mères	Contact cutané	Idem Labo	7
Perbunan NBR	Acrylonitrile butadiène	R45 C1	Gomme Pour tuyaux	Contact cutané	Préparation Tuyaux Labo	-
Vulcofac CA 64	4,4' méthylène dianiline	R45 C2	Accélérat vamacs	v.o. peau Inhalation	Idem	3
Flexcomet PU 60 part B	Dichloro Méthylène dianiline	R45 C2	Peinture	v.o. peau yeux Inhalation	Nyrim D&S Poids lourds	-
Primaire Passirex jaune Base A	Chromate de Zinc	R45 C2	Peinture (militaire)	Peau Inhalation	D&S Poids lourds	-
ETU : Disperse Perkacit Mixland	Imidazolidine-2-thione éthylènethiourée	R45 C2	Accélérat de vulca	Peau Inhalation	Préparation Calandres, Presses – Patins	41
Neutrisolvant	Trichloréthylène	R45 C2	Solvant	Inhalation	Dissolution Labo	

- On remarque que la requête n'a pas fait ressortir de produit classé R46 ou R49 car il n'y en a pas dans l'entreprise.
- Cette liste recense tous les produits CMR qui étaient utilisés dans l'usine de courant 2003. De nombreux remplacements ont été faits pour substituer des produits réputés moins ou pas dangereux aux produits dangereux connus
- Le trichloréthylène a été définitivement supprimé en production courant 2003. (Nous avons, avant cette date, établi la liste des salariés exposés à des préparations contenant du TRI). Il en reste un fût, utilisé par le laboratoire et l'unité Recherche & Développement.. Les quantités utilisées sont négligeables, de l'ordre de 4 litres par semaine pour les deux services.
- Les carbamates et les thiurames utilisés comme accélérateurs sont :
 - TMTM : monosulfure de méthylthiurame ;
 - TMTD : disulfure de méthylthiurame ;
 - DPTT : tétrasulfure de méthylethiurame ;
 - ZDBC : dibutyldithiocarbamate de zinc ;
 - DTDM : dithiomorpholine.
- Ne sont pas compris dans ces listes, les produits cancérigènes apparus pendant la vulcanisation du caoutchouc, notamment les N-nitrosamines.

6.2 EVALUATION DE L'EXPOSITION LORS DE LA VISITE DES POSTES

La CRAMIF, dans son rapport, a résumé les données provenant : des fiches de sécurité des produits R45, R46 et R49, des indications de l'ingénieur chimiste sur les modifications des formulations chimiques des gommes (remplacements des produits dangereux par des produits réputés non dangereux), et enfin des observations recueillies durant la visite des postes de travail. L'évaluation portait aussi sur les produits R40, R60 et R61. Nous reproduisons la réponse intégrale de la CRAMIF, en surlignant **en bleu** ce qui intéresse les substances **R45**.

• Examens des fiches de sécurité des produits CMR

➤ **CMR catégories 1 et 2**

Le 4, 4'-méthylène dianiline (Vulcofac) est progressivement remplacé par de l'Intercure 1.

Le trichloréthylène aura totalement disparu avant la fin 2004.

Le DOP (diéthylhexylphtalate) remplacé par le DINP (diisononylphtalate) et le DBP (dibutylphtalate) remplacé par le DIBP (diisobutylphtalate) vont faire disparaître deux expositions à des CMR de catégories 1 et 2.

les ETU (Ethylenethiourées) par du MTT 80 (Rhein-Chemie)

Le Chemosil et le Thixon vont être remplacés par des formules ne contenant pas de plomb avant la fin 2004

➤ **CMR catégorie 3**

Ils donneront lieu à une étude ultérieure en vue de leur remplacement.

• **Evaluation des risques aux postes**

➤ **CMR 1 et 2 : R45**

L'Exarol est stocké en fûts extérieurs et injecté dans le mélangeur en circuit fermé. Le Sundex est utilisé occasionnellement. Les opérateurs portent des gants et l'huile est froide. Il n'existe pas de mesures envisageables.

Les SBR étendus à l'huile sont des solides, les opérateurs portent des gants, il n'y a pas de mesures atmosphériques envisageables.

➤ **CMR R60 et R61**

Imidazolidine-2-thione (2^{ème} suiveur, R d C de la préparation) : Le risque est une foetotoxicité et les opérateurs sont des hommes, portant des combinaisons de protection et des gants. Mesures non réalisables compte tenu du temps très court de manipulation de ces produits par les opérateurs.

Oxydes de plomb, Litharge, minium : le risque est une foetotoxicité, les opérateurs sont des hommes qui portent des combinaisons de protection et des gants. Une plombémie est faite en suivi biologique et n'a jamais révélé d'anomalie. Une aspiration est installée au poste de dosage. Mesures non réalisables compte tenu du temps très court de manipulation de ces produits par les opérateurs.

➤ **CMR R40**

DTMT : les produits sont en grande majorité enrobés, la manipulation est peu intensive, l'aspiration au poste est présente.

Donneur de formaldéhyde et oxyde d'antimoine : aspirations au poste, pas de solution de remplacement actuellement.

- Dans cette évaluation, les spécialistes de la Caisse d'Assurance Maladie estiment « faible » le risque d'être exposés à des cancérogènes. Dans leur rapport ils notent que des cancérogènes sont en cours de disparition (trichloréthylène, éthylèthiourées, 4,4'-méthylène-dianiline). Pour ce qui ne peut être supprimé (les élastomères et les huiles) leur évaluation porte :
 - sur le processus de travail :
 - fûts extérieurs pour les huiles,
 - faible temps de contact entre l'opérateur et le produit (élastomères),
 - aspirations aux postes
 - et le port d'équipement personnel de protection.
- La CRAMIF n'a pas jugé utile ou possible de faire des prélèvements atmosphériques.

6.3 MESURE DES FUMÉES DE VULCANISATION

Nous avons néanmoins décidé de faire une vérification quantitative de la pollution par les fumées de vulcanisation, aux postes identifiés visuellement comme générateurs de pollution. Nous avons donc opéré des mesures sur les postes en préparation, aux presses des patins de char, au moulage des bandages galets, aux tuyaux, à la calandre Rotocure (vulcanisation à plat, en continu), et au laboratoire.

ATELIERS	POSTES	POSITION DE LA POMPE	MESURE [] en mg/m ³
Défense & Sécurité	Moulage	Opérateur	0,24
		Opérateur	0,28
		Opérateur	0,33
	Réchauffeur	Opérateur	0,15
	Finition axes	Sur le poste de travail	0,15
	Presses	Opérateur	0,19
Sur le poste de travail		0,16	
Tuyaux	1 ^{er} Autoclave	Opérateur	0,89
	Autoclave	A 2m du p. de travail	0,16
	2 nd Autoclave	Sur le poste de travail	0,19
	Entringlage (3 ^{ème} autoclave)	Opérateur	0,22
Calandre Rotocure	Sur la passerelle	Sur le poste de travail	0,19
	Rotocure	Opérateur	0,21
Préparation	2 nd et 3 ^{ème} suiveur	Sur le poste de travail	0,15
Laboratoire	Presses	Sur le poste de travail	0,08

- On constate qu'un seul résultat ($0,89 \text{ mg/m}^3$) dépasse les $0,6 \text{ mg/m}^3$, valeur choisie comme seuil d'alerte de pollution. Ce poste de travail est la vulcanisation en autoclave des tuyaux produits. Le pic de pollution est atteint à l'ouverture de l'autoclave ; une aspiration est située juste au-dessus et peut être considérée comme efficace puisqu'une seconde mesure des fumées effectuée à 2 m du poste, au même moment, ne trouve que $0,16 \text{ mg/m}^3$ de fumées de vulcanisation.

L'opérateur ouvre le couvercle avec un palan électrique, et se trouve exposé aux fumées quelques minutes toutes les 30 min en moyenne. Il doit sortir les plateaux superposés, les uns après les autres. Le prélèvement était fait sur l'opérateur pendant 4 heures. Si à 2 mètres de là et pendant 4 heures aussi, le prélèvement statique ne mesure que $0,16 \text{ mg/m}^3$, on peut supposer que l'ouverture de l'autoclave est une source d'exposition ponctuelle, discontinue dans le temps, mais assez polluante et potentiellement dangereuse pour l'opérateur.

- La seule mesure faite en Préparation à l'endroit qui paraissait le plus pollué visuellement (entre les suiveurs) ne retrouve que $0,15 \text{ mg/m}^3$ de fumées.
- La Rotocure avec son système de vulcanisation à plat, était suspectée de polluer et d'exposer les opérateurs obligés de se déplacer constamment autour d'elle pour surveiller le bon déroulement du processus. Il n'en est rien, puisque aussi bien sur un opérateur que sur la passerelle qui enjambe la machine au-dessus de la zone de chauffe, les mesures de pollution par les fumées restent à $0,21 \text{ mg/m}^3$ et $0,19 \text{ mg/m}^3$.
- Au laboratoire enfin, la zone la plus génératrice de fumées était celle des presses. Munies de ventilations, elles n'exposent pas les travailleurs du laboratoire à plus de $0,08 \text{ mg/m}^3$ de fumées.

Pour compléter cette évaluation, nous avons mesuré les nitrosamines atmosphériques aux mêmes postes afin de vérifier que, malgré des résultats inférieurs à la norme admise pour les fumées, il n'y avait pas des produits dangereux détectables.

6.4 NITROSAMINES ATMOSPHERIQUES

Le Centre de Recherche a donc procédé 20 prélèvements atmosphériques de nitrosamines, NDMA et NMOR. Les pompes étaient toutes fixées sur les opérateurs, sauf un prélèvement effectué sur la passerelle de la Rotocure, comme pour les fumées de vulcanisation. Les mesures ont été effectuées à des moments où des mélanges riches en produits nitrosables étaient utilisés.

La norme allemande³⁹ est de 2,5 µg/m³ pour la somme des nitrosamines au poste de travail et de 1 µg/m³ partout ailleurs dans l'atelier et le stockage. La mention « nd » signifie : « non détecté ».

- Aucune mesure ne dépasse la norme allemande.
- Nous avons fait 2 mesures en Préparation, au poste de 3^{ème} suiveur, puisque c'est juste avant lui qu'on introduit dans les mélanges des accélérateurs et/ou des retardateurs, et donc qu'il y a le plus de risque de trouver des émissions de nitrosamines. Néanmoins, les deux mesures sont inférieures à la recommandation du TRGS 900 (0,4 et 1 µg/m³).

Pour compléter notre évaluation et prendre en compte les voies d'absorption autres qu'aériennes, nous avons réalisé des prélèvements urinaires afin de faire une recherche de mutagénicité des urines.

³⁹ TRGS 900 – (Op. Cit.) Grenzwerte in der Luft am arbeitplatz – MAK und TRK Werte. *Bundesarbeitsblatt*, 1994, n°6, S. 34-53

Résultats des prélèvements de N-nitrosamines aux postes de travail

ATELIERS	POSTES DE TRAVAIL	NDMA µg/m ³	NMOR µg/m ³	TOTAL µg/m ³
Préparation	Homrich	nd	nd	nd
	1 ^{er} suiveur	0,2	0,2	0,4
	2 nd suiveur	nd	nd	nd
	3 ^{ème} suiveur	0,2	0,2	0,4
	3 ^{ème} suiveur	0,1	0,9	1
Tuyaux	Ligne continue 1	nd	0,1	0,1
	Ligne continue 2	nd	0,1	0,1
	Ligne WEICO	0,1	0,2	0,3
	Ligne Troester	0,1	0,2	0,3
Défense et Sécurité	Presse patins	nd	nd	nd
	Presse 2M	nd	0,1	0,1
	Bandages galets	nd	nd	nd
	Moulage	0,1	0,1	0,2
	Moulage et finition	nd	nd	nd
Rotocure	Réchauffeur	0,1	nd	0,1
	Calandreur	nd	nd	nd
	Sur passerelle (poste fixe)	0,1	nd	0,1
Ancienne caland.	Réchauffeur	nd	nd	nd
	Calandreur	nd	nd	nd
Laboratoire	Sur opérateur, labo entier	nd	nd	nd

6.5 TEST DE MUTAGENICITE DES URINES

Les tests ont été proposés aux opérateurs de l'atelier de Préparation, du laboratoire, des lignes tuyaux et de la Rotocure, afin de recouper les renseignements fournis par les fumées de vulcanisation et la mesure des nitrosamines. 38 tests ont été faits, 4 urines étaient bactéricides et rendaient le test ininterprétable.

Ce test a été réalisé en fin de semaine de travail et en fin de poste, sur les ouvriers des trois équipes. L'équipe d'après-midi a été prélevée le jeudi soir, celle de nuit le vendredi matin, et celle du matin, en début d'après-midi le vendredi toujours. Les urines ont été réfrigérées aussitôt recueillies, puis transportées jusqu'à l'unité de toxicologie de l'Ecole de Santé Publique de Louvain. En voici les résultats :

Poste de Travail	Test d'AMES (Révertants/mg de créatinine)	F = 1 NF = 0	Poste de Travail	Test d'AMES (Révertants/mg créatinine)	F =1 NF =0
calandre	21,8	0	prep batch off	0	0
calandre	31,9	0	prep batch off	0	0
calandre	331,6	1	prép. chef	0	0
labo assistant	0	0	prép. homrich	0	0
labo chef	40,5	0	prép. homrich	0	0
labo techni	52,8	1	prép. homrich	24,6	0
labo techni	505,1	1	prép. homrich	271,3	1
prép. 1 suiveur	0	0	prép. noir	145	1
prép. 1 suiveur	65,6	0	prép. noir	184,8	1
prép. 2 suiveur	0	0	prép. noir	244,7	1
prép. 2 suiveur	20,4	0	prép. poudres	308	1
prép. 2 suiveur	31,7	0	prépa poudres	289,8	1
prép. 2 suiveur	75,4	1	RL	277,6	1
prép. 2 suiveur	146,3	1	Tx ligne	150,1	1
prép. 3 suiveur	179,5	1	Tx ligne	211,6	1
prép. 3 suiveur	403,2	1	Tx ligne	235,5	1
prep. 3 suiveur	405,1	1	Tx ligne	373,9	1

Les résultats ont été regroupés par valeurs croissantes, par postes de travail et par ateliers.

- Le nombre de tests est trop faible à chaque poste pour pouvoir en tirer des conclusions pour ce poste, en terme d'exposition à des produits mutagènes.
- Les résultats sont assez dispersés à chaque poste, excepté ceux de préparation des petites poudres et de 3^{ème} suiveur.

Pour expliquer ces disparités de résultats et sachant que le tabagisme est un facteur confondant connu de nature à les éclairer, nous avons relevé dans les dossiers la consommation tabagique de chacun des opérateurs et vérifié ce chiffre auprès d'eux au moment du prélèvement, et avons réalisé un croisement des résultats du test de mutagénicité avec celui de la consommation tabagique journalière moyenne.

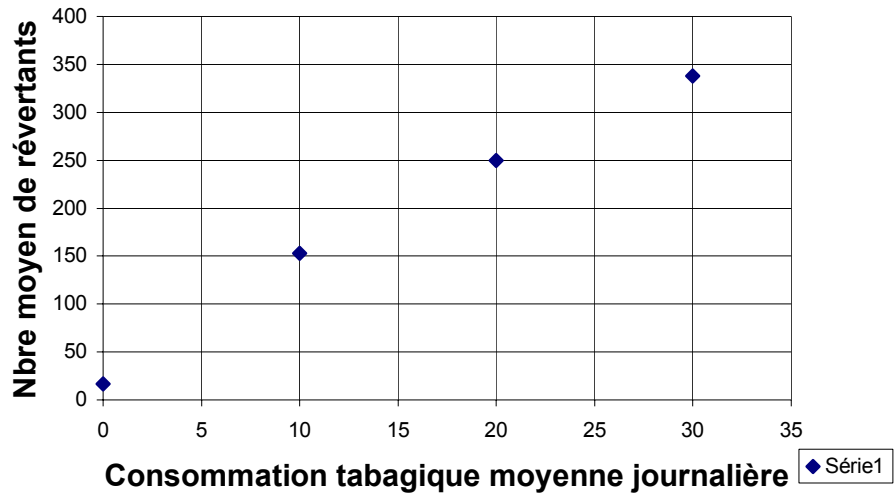
Les sujets ont été classés en 4 catégories : non fumeurs, 10, 20 et 30 cigarettes/jour. Nous avons calculé la moyenne des résultats des tests d'Ames pour chacune des quatre classes :

Consommation tabagique	Moyenne des résultats du test d'Ames
0 Pas de tabac	16.9 révertants / mg de créatinine
10 cigarettes / jour	153 révertants / mg de créatinine
20 cigarettes / jour	249.8 révertants / mg de créatinine
30 cigarettes / jour	336 révertants / mg de créatinine

Le graphique (page suivante) montre la relation entre la consommation tabagique et les résultats du test d'Ames qui est quasiment linéaire, la relation est très forte ($r = 0.99$)

On peut en déduire que le tabac dans cette étude est le principal (si ce n'est le seul) facteur qui influence les résultats des tests de mutagénicité urinaire des salariés.

Comparaison des moyennes de révertants en f(x) de la consommation tabagique moyenne



7 DISCUSSION

7.1 LA LEGISLATION FRANÇAISE CONCERNANT LES PRODUITS CMR

La nouvelle loi française oblige à une évaluation du risque chimique. Si elle fait obligation à l'employeur de faire appel à des organismes agréés pour évaluer les expositions aux produits «CMR », elle met aussi le médecin du travail au cœur du dispositif avec une quadruple obligation :

- de faire faire les examens nécessaires à l'évaluation de l'exposition (Ex : divers dosages sanguins, tests d'Ames...)
- de répéter annuellement ce travail,
- d'attester que le salarié ne présente aucune contre indication à cette exposition,
- de faire une attestation d'exposition personnelle aux produits chimiques, notamment les CMR, que la salarié pourra utiliser comme bon lui semblera, après son départ de l'entreprise.

La constitution des fiches d'exposition aux postes de travail vient compléter l'actuelle fiche de poste pour le volet chimique. Dans le cas particulier de cette entreprise de caoutchouc, la fiche de poste ne varie pas beaucoup dans le temps, la tâche à accomplir et ses dangers physiques variant peu, alors que la fiche d'exposition chimique au poste varie en fonctions des substances et des produits mis en œuvre. Il est impossible de l'actualiser quotidiennement ;

Il faudra sans doute faire un recensement annuel des produits CMR utilisés à chaque poste, en espérant que ces renseignements seront de nature à éclairer les médecins à venir (et les hommes de loi) en cas de problème de santé ultérieur.

En pratique, la fiche individuelle d'exposition sera faite par addition de toutes les fiches de postes que le salarié aura occupés. Quant aux expositions multiples, comme pour les postes d'entretien et de ménage, on peut d'ores et déjà s'interroger sur la façon d'utiliser sa fiche d'exposition en cas de maladie du pensionné. En effet, la somme des données quant à la nature et à la variété des exposition au cours de la vie d'un salarié de l'entreprise, les lacunes dans nos connaissances sur les relations entre exposition et pathologie pour une majeure partie des substances chimiques, rendront probablement très difficile l'interprétation de cette fiche individuelle d'exposition.

7.2 A PROPOS DES FICHES DE SECURITE ET DE LA BASE ACCESS

Certains produits peuvent ne pas être répertoriés dans cette base pour trois raisons :

- soit ils n'étaient pas accompagnés d'une fiche de sécurité,
- soit ils ont été commandés en faible quantité par le service de « Recherche et Développement », sans passer par le service des achats. Nous avons mis en place un suivi de ces produits dans ce service, avec obligation d'obtenir les fiches de sécurité de chaque produit entrant, quelle que soit la quantité commandée (tubes de nouvelles colles, solvants à l'essai...). Les produits non retenus à des fins d'utilisation industrielle sont stockés dans une réserve particulière, fermée et ventilée ; ceux qui sont commandés pour être utilisés en production seront accompagnés d'une fiche de sécurité prise en charge au service médical et entrée dans la base de données.
- Soit ils sont générés par le processus de production (ex : les N-nitrosamines)

7.3 LES MESURES ATMOSPHERIQUES

Les prélèvements atmosphériques des fumées de vulcanisation ont été faits aux postes qui apparaissaient les plus pollués à l'examen des situations de travail. Il y a d'autres ateliers où on aurait pu faire des prélèvements (autres presses de moulage de pneumatiques, autres

autoclaves), mais il semblait logique de les faire prioritairement aux premiers. En cas de dépassement du seuil de 0.6 mg/m^3 , il aurait été prudent de vérifier aussi ailleurs. Les résultats que nous avons obtenus montrent que la pollution à ces postes est faible, et qu'il était inutile de faire d'autres prélèvements de fumées ailleurs.

Les prélèvements de nitrosamines ont été faits aussi aux mêmes postes et sont venus confirmer la faible exposition des salariés à ces postes. Néanmoins, nous aurions pu en faire dans la zone de stockage des tuyaux, appelée « magasin ». Le relargage de nitrosamines peut en effet s'y poursuivre. Dans cette zone, il n'y a pas d'aspiration (néanmoins, ce hangar est très vaste et les portes en sont très souvent ouvertes).

La relative modestie du nombre de prélèvements atmosphériques (15 fumées et 20 nitrosamines) ne remet pas en cause la validité des résultats dans la mesure où ils sont cohérents entre eux. Ils montrent qu'il n'y a pas de poste exposé à des niveaux de polluants dépassant les normes admises à l'heure actuelle.

7.4 LE TEST D'AMES

Les 38 tests de mutagénicité des urines n'ont pas mis en évidence d'exposition plus forte à un poste qu'à un autre. Par contre, le croisement des résultats moyens des tests avec le tabagisme moyen des sujets testés met en lumière la forte relation linéaire entre les deux. Sur la foi de ces résultats, le tabac apparaît dès lors comme le principal agent cancérigène de l'usine.

Son intérêt majeur, même si techniquement ce test est un peu difficile à mettre en oeuvre dans une petite unité de production de caoutchouc (transport, coût), est de prendre en compte toutes les expositions à des substances mutagènes, quelles que soient les voies de pénétration. Il a confirmé dans cette entreprise les résultats des approches précédentes (dosages des fumées de vulcanisation et des N-nitrosamines).

Son inconvénient est d'être fortement influencé par le tabagisme. Les interactions entre tabagisme et exposition aux types de substances cancérigènes utilisées (ou formées) dans la fabrication de produits caoutchoutés existent⁴⁰ (par exemple : des dérivés « nitroso »

⁴⁰ R. Lauwerys : Op. cit. pp. 893-894

ont été décelés dans la fumée de cigarette ; la plus grande présence de thiocyanates dans la salive des fumeurs leur donne une plus importante faculté de nitrosation des amines qu'ils ingèrent).

Le test de mutagénicité des urines peut être fait sur des groupes homogènes de salariés dont on cherche à mettre en évidence une exposition à un poste de travail précis. Les résultats anormaux des non fumeurs pourraient être le signal qu'il faut chercher une exposition dangereuse à ce poste et faire d'autres mesures.

8 CONCLUSION

Cette étude nous a permis de mettre en application les nouvelles dispositions de la loi française, en faisant toutes les investigations raisonnablement possibles pour évaluer les risques d'exposition à des substances cancérigènes, dans une usine de caoutchouc.

Dans le cas de cette entreprise, on peut conclure que le risque cancérigène lié aux expositions professionnelles est très faible ou nul en 2003. Ces résultats ne sont pas valables pour les périodes antérieures puisque les produits utilisés et les conditions de travail étaient différentes.

Ces résultats ont été communiqués aux membres du Comité d'Hygiène et de Sécurité et des Conditions de Travail (CHSCT), et de notre côté, nous avons procédé à une communication individuelle des résultats de ces examens aux salariés lors des visites annuelles, ou des visites des postes de travail, ou encore à la demande des salariés.

Nous sommes convenus avec le Directeur du site et l'ingénieur chimiste de poursuivre les efforts de remplacements des substances reconnues dangereuses pour la santé, de renforcer la formation et l'information des salariés sur les risques liés à la manipulation de ces substances et de veiller à la bonne utilisation des équipements de protection collectifs et individuels. Enfin, une action de sensibilisation des fumeurs et d'aide à l'arrêt du tabagisme a été décidée afin d'aboutir à une « Usine sans tabac » d'ici la fin de 2005. Cette action débute en septembre 2004 avec l'assistance du Centre Régional d'Education pour la Santé d'Ile de France (CRESIF).

Les récents cas de cancers mortels parmi les membres du personnels ne peuvent pas être rapportés formellement à une exposition professionnelle⁴¹.

⁴¹ Trois décès entre juin 2003 et mai 2004 : un cancer du sein chez une employée administrative, deux néoplasies bronchiques chez des gros fumeurs (>40 cigarettes/jour).

Pour les prochaines évaluations, courant 2005, nous proposons de faire dans l'ordre :

- le point sur les produits ou les techniques nouvelles dans l'usine, s'il y en a, ainsi que sur les connaissances récentes concernant la toxicité des substances chimiques,
- le recensement des produits dangereux connus, grâce à la tenue rigoureuse de la base de données,
- une vérification visuelle des conditions de travail (respect de procédures, protections collectives et individuelles) à chaque poste,
- et en cas de doute, un test de mutagénicité des urines des travailleurs exposés.

Si le test d'Ames est augmenté de façon anormale pour un groupe de travailleurs à un poste donné, surtout les non fumeurs, alors seulement faudra-t-il aller plus loin et faire une mesure des fumées de vulcanisation et une mesure des N-nitrosamines.

Nous proposons un modèle de fiche d'exposition au poste et un modèle de fiche d'exposition individuelle en annexe. Le certificat final d'exposition professionnelle sera constitué de l'addition des fiches individuelles du salarié au cours de son séjour dans l'entreprise.

Dr Bernard Morat.

