

→ I. Subra, G. Hubert, S. Aubert, M. Héry, J.M. Elcabache, service Evaluation et prévention du risque chimique, Centre de recherche de l'INRS, Nancy

Exposition professionnelle aux métaux lors de l'usinage des bois traités au cuivre, chrome, arsenic

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO METALS IN THE MACHINING OF WOOD TREATED WITH COPPER, CHROMIUM AND ARSENIC

Exposure was measured in two workshops where impregnated wood is machined. The chromium in the treatment solution is the most toxic form (chromium VI), but due to its reducing properties the cellulose in the wood tends to transform it during impregnation into what are probably trivalent components. As a result, worker exposure to chromium VI is minimal (at the limit of analytical detection). Generally speaking exposure to total chromium and copper is well below the limit values, both French and American. Only exposure to arsenic reaches significant levels in the two workshops. Although well below the current French limit value of 200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, it is above the limit value recently proposed in France (50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) and that adopted by ACGIH (10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). An efficient implementation of the prevention measures related to woodworking is sufficient for a good prevention of the CCA-related hazards.

● wood treatment ● copper
● chromium ● arsenic
● occupational exposure
● woodworking ● measurement

Des campagnes de mesures de l'exposition professionnelle ont été réalisées dans deux menuiseries mettant en œuvre des bois traités (imprégnés par des solutions contenant du cuivre, du chrome et de l'arsenic - CCA). Bien que le chrome soit sous sa forme la plus toxique (chrome VI) dans la solution d'imprégnation, le caractère réducteur de la cellulose du bois a pour effet de le transformer en composants probablement trivalents. De ce fait, l'exposition des salariés au chrome VI est minimale (de l'ordre de la détection analytique). Les expositions au chrome total et au cuivre sont largement inférieures aux valeurs limites d'exposition française et américaine. Seule l'exposition à l'arsenic atteint un niveau significatif dans les deux ateliers. Très inférieure à l'actuelle VME française (200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), elle est très supérieure à la valeur proposée en France (50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et à celle retenue par l'ACGIH (10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

L'application efficace des mesures de prévention liées à l'utilisation du bois suffit pour assurer la prévention des risques liés à la présence de CCA.

● traitement du bois ● cuivre ● chrome ● arsenic ● exposition professionnelle
● usinage ● mesure

Le bois présente de nombreux avantages par rapport aux autres produits de construction (fer, béton) : c'est un matériau naturel, peu coûteux, qui ne rouille pas et offre de très hautes performances mécaniques et chimiques [1, 2].

La demande en bois de construction est croissante et de nombreuses études sont menées pour protéger son intégrité structurelle, son apparence et améliorer sa durabilité. Les produits conservateurs du bois sont classés comme pesticides et leur nature n'a cessé d'évoluer. Les plus fréquemment utilisés jusque dans les années 70 étaient le pentachlorophénol (PCP) et les créosotes, remplacés depuis par des sels métalliques. Le traitement par les sels métalliques a évolué au cours de ces dernières années. On a surtout utilisé le sulfate de cuivre jusqu'au milieu des années 70, les CFC (cuivre, fluor, chrome), les CCB (cuivre, chrome, bore) et surtout les CCA (cuivre, chrome, arsenic) depuis.

L'utilisation de ces bois traités au CCA est surtout répandue dans :

- l'agriculture (piquets de clôture, tuteurs, poteaux...);
- les activités de loisirs (jeux de plein air, tables de pique-nique, bancs...);
- la construction (chalets, abris de jardin et garages, bois sciés rabotés pour la réalisation de terrasses, balustrades, escaliers, abris bus...).

L'imprégnation du bois est réalisée à partir de CCA en solution aqueuse. Ces solutions contiennent généralement du chrome hexavalent (sous forme de bichromate de sodium ou de potassium), des sels de cuivre (carbonate, sulfate ou hydroxyde de cuivre) et de l'arsenic pentavalent (acide arsénique ou arséniate de sodium). Le chrome est sous sa forme la plus toxique (chrome VI) dans la solution de traitement mais après imprégnation les agents de conservation se fixent dans le bois en formant des arsénates complexes de cuivre et de chrome. Ainsi le chrome VI est réduit en chrome III pendant que l'arsenic reste au degré V.

Le traitement CCA consiste à injecter dans le bois un mélange de ces trois composants :

- le cuivre comme fongicide pour son efficacité contre la pourriture «molle»;
- l'arsenic comme insecticide (insectes xylophages);
- le chrome comme agent de complexation, le cuivre et l'arsenic étant délavables en milieu humide.

L'injection du produit dans le bois s'effectue en deux temps : l'autoclavage et le séchage

L'autoclavage consiste en une mise sous vide du bois, suivie de l'injection sous pression de 9 à 14 bars; et, de nouveau, mise sous vide de façon à faire pénétrer le produit vers le cœur du bois selon la classe de traitement souhaitée.

Le séchage permet la fixation des produits. Il est réalisé en 15 jours à température ambiante (20 °C) ou en 2 heures à haute température (100 °C).

Si l'injection et surtout le séchage ont été convenablement effectués, la fixation est assurée entre 98 et 99 % mais un lavage des bois est toutefois préconisé avant la mise en œuvre par les utilisateurs. La qualité du traitement est garantie à la condition que le bois ne soit ni travaillé ni endommagé après livraison. La quantité de CCA utilisée lors du traitement varie en fonction de l'essence du bois (feuillu, résineux), de la classe de traitement souhaitée, enfin du type de CCA utilisé. Il en existe en effet trois sortes, caractérisées par des concentrations différentes en cuivre, chrome et arsenic.

Les cas d'intoxication dans la littérature

■ Des cas d'intoxication au cours d'opérations d'usinage de bois traités aux CCA sont décrits dans la littérature. Peters et coll. [3] rapportent des saignements de nez spontanés, des oppressions thoraciques, des irritations cutanées, des douleurs abdominales chez deux salariés qui fabriquaient des tables de pique-nique dans une petite pièce non ventilée. Cette intoxication aiguë s'est aussi manifestée sous la forme de troubles de la mémoire, ainsi que d'hémorragies gastro-intestinales et de pertes de cheveux. L'exposition, qui n'a pas été mesurée, est considérée comme forte par les auteurs, en raison de l'usinage par des machines outils de bois fraîchement imprégnés. Après 3 mois de retrait du poste de travail, les symptômes disparurent, mais réapparurent dès la reprise du travail un an plus tard.

■ Une étude finlandaise de Lindroos [4] décrit des irritations des voies respiratoires supérieures, des douleurs des membres supérieurs et des saignements de nez chez des ouvriers employés dans une usine fabriquant des fenêtres à partir de bois traités au CCA. Aucune valeur n'est donnée pour l'exposition aux métaux (cuivre, chrome ou arsenic), mais l'exposition aux poussières de bois était comprise entre 0,02 et 4,70 mg.m⁻³.

■ Des troubles neurologiques ont été enregistrés par une famille dont l'habitation était chauffée par des poêles alimentés par du bois traités CCA. Une forte contamination des cendres par le cuivre, le chrome et l'arsenic a été mise en évidence [5].

■ Dans une usine américaine mettant en œuvre des bois traités CCA, Todd et Timbie [6] ont mesuré les expositions respiratoires des salariés. Celles-ci étaient comprises entre 19,0 et 135,2 µg.m⁻³ pour le cuivre, entre 4,2 et 22,2 µg.m⁻³ pour le chrome (entre 1,1 et 15,2 µg.m⁻³ pour le chrome hexavalent) et entre 4,2 et 24,2 µg.m⁻³ pour l'arsenic.

■ Suite à des demandes d'un médecin du travail d'une part, d'une agence d'aménagement de l'espace forestier d'autre part, l'INRS a entrepris d'évaluer plus particulièrement l'exposition professionnelle des salariés de deux menuiseries au cours de l'usinage de bois traité CCA.

1. Matériel et méthode

1.1. Les entreprises

La menuiserie A (3 salariés) est chargée de la fabrication et de l'entretien du matériel en bois destiné à l'aménagement de parcs de loisirs (tables, bancs, piquets de clôtures, panneaux d'informations...). En règle générale, les bois sont usinés et poncés avant traitement, mais il est souvent nécessaire de réaliser ce type de travaux après imprégnation, pour obtenir un assemblage et une finition corrects de l'objet. L'usinage du bois traité représente environ 30 % du temps de travail des salariés de cette entreprise.

La menuiserie B (15 salariés) fabrique essentiellement des abris de jardin à partir de bois traités. D'autres objets d'extérieur (jardinières, poubelles...) y sont également

fabriqués, soit à partir de bois traités, soit à partir de bois exotiques. Au cours de la campagne de mesure de l'INRS, les bois de cet atelier étaient pratiquement tous usinés après traitement, ce qui représentait la principale activité d'environ 10 salariés.

1.2. Méthodes de prélèvement

La mesure de l'exposition professionnelle au cuivre, chrome et arsenic a été réalisée par des prélèvements individuels

Chaque salarié a été équipé d'un système de prélèvement composé d'une pompe à débit réglable (1 l.min⁻¹) portée à la ceinture et reliée à un capteur situé à proximité des voies aériennes supérieures. Le capteur est constitué d'une cassette en polystyrène (Millipore M000037AO) de 37 mm de diamètre en configuration «fermée» (ouverture 4,1 mm) dans laquelle on a placé un filtre en fibre de quartz (Whatman QMA) imprégné de carbonate de sodium. Cette imprégnation permet de résoudre le problème posé par l'échantillonnage du trioxyde de diarsenic, composé dont la tension de vapeur est non négligeable [7]. Bien que la présence d'arsenic trivalent soit peu probable, le produit d'origine étant un arsenic pentavalent, on a préféré l'utilisation de ce type de filtre qui en permet l'échantillonnage quantitatif sans poser de problème pour l'arsenic sous sa forme pentavalente.

La pollution générale de chaque atelier a en outre été évaluée à l'aide de prélèvements à poste fixe

La durée du prélèvement est celle d'un poste complet (environ 7 h) pour l'entreprise A, d'un demi-poste (environ 3 h 30) pour l'entreprise B. Nous avons également effectué des prélèvements de courte durée (30 min) au cours d'une opération de nettoyage dans l'entreprise A.

1.3. Dosage des éléments métalliques dans la poussière de bois

Dosage du chrome VI

Afin d'estimer le niveau d'imprégnation des différents bois usinés, la sciure provenant de l'usinage des bois traités (ponçage, sciage) a été prélevée dans les 2 ateliers. Il a également été procédé au recueil, dans l'établissement B, de divers échantillons de bois qui ont ensuite été réduits en copeaux avant d'être analysés.

Il a été ainsi possible de procéder à l'analyse de différentes parties d'un bois

dont l'imprégnation semblait visuellement imparfaite : en surface et au cœur du même échantillon.

Dix milligrammes de poussière sont soumis pendant 15 min aux ultrasons en suspension dans 20 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4 0,25M). Après filtration, cette solution est dosée par colorimétrie à la diphényl-carbazide sur une fraction aliquote selon le protocole préconisé par le NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) [8]. La valeur fournit la concentration en CrVI fixé sur la poussière de bois.

Dosage du chrome total, de l'arsenic et du cuivre

Trente milligrammes de poussière de bois sont « digérés » pendant 24 heures par 5 ml d'eau oxygénée (H_2O_2) 110 volumes, puis chauffés à 180 °C avec 2 ml d'acide nitrique (HNO_3) pendant environ 4 h. Après évaporation de l'eau oxygénée, on ajoute 2 ml d'acide sulfurique au demi et l'on élimine l'acide nitrique par chauffage. La solution finale est jaugée à 20 ml.

Tous les éléments sont dosés en spectroscopie d'absorption atomique (SAA). L'atomisation est produite au moyen d'une flamme pour le cuivre et le chrome. Pour l'arsenic, deux techniques différentes d'atomisation ont été utilisées : génération d'hydrures pour les prélèvements de l'entreprise A, atomisation électrothermique pour les prélèvements effectués dans l'entreprise B.

1.4. Dosage des éléments métalliques sur les filtres des cassettes de prélèvement

Deux méthodes de dosage différentes ont été utilisées (cf. encadré) :

- la méthode utilisée dans l'entreprise A permet seulement le dosage global des différents métaux puisqu'elle est basée sur une seule étape de minéralisation. Elle ne permet pas notamment de distinguer le chrome hexavalent des autres formes du chrome ;
- la méthode utilisée dans l'entreprise B permet en revanche la différenciation de ce chrome hexavalent. En outre la dissolution finale du filtre dans la phase 3 permet de s'assurer que l'attaque est complète et que toute la poussière échantillonnée (bois) a bien été dissoute.

PROTOCOLES D'ANALYSE DES CCA SUR LES POUSSIÈRES DE BOIS

General outline of protocol for CCA analysis in wood dusts

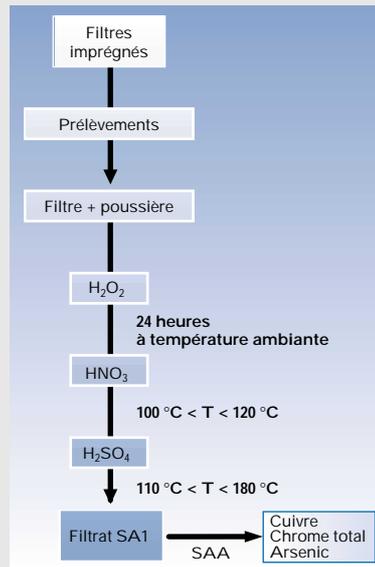


Fig. 1. Entreprise A - firm A

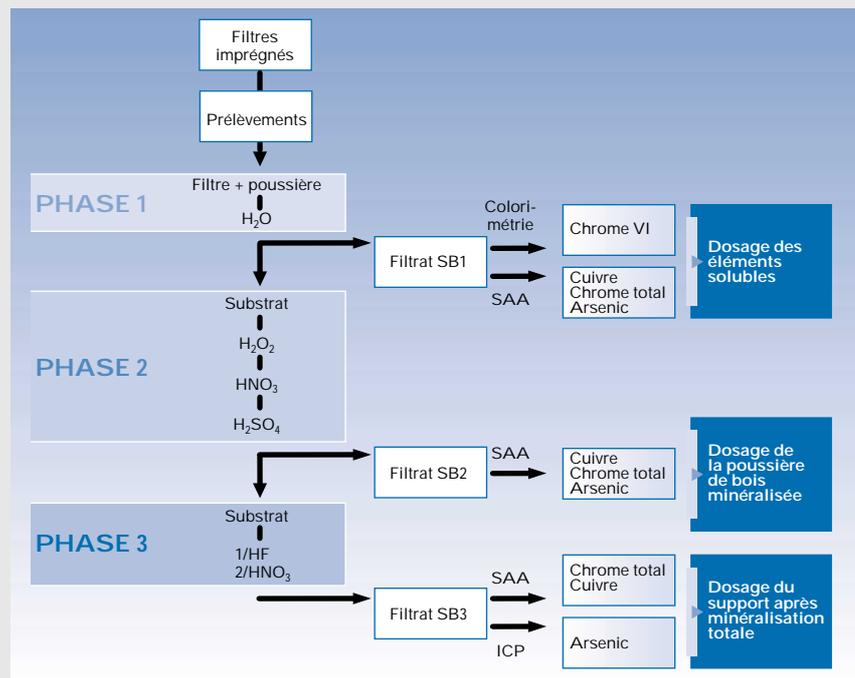


Fig. 2. Entreprise B - firm B

Entreprise A

Chaque filtre est transféré dans un bécher de 100 ml de forme haute. Les parois internes de la cassette sont rincées par 5 ml d'eau oxygénée (H₂O₂) 110 volumes. Ce rinçage est joint au filtre. La poussière recueillie sur le filtre est ainsi digérée pendant environ 24 heures. Le filtre est ensuite dilacéré au moyen d'une tige en verre avant l'ajout de 2 ml d'acide nitrique concentré (HNO₃). La minéralisation s'effectue en chauffant pendant environ 4 heures. Après refroidissement, on ajoute 2 ml d'acide sulfurique (H₂SO₄) au demi puis on chauffe pour éliminer l'acide nitrique (HNO₃). Après refroidissement, la solution est filtrée sur filtre d'acétate de cellulose (Millipore AAWP de porosité 0,8 µm) et jaugée à 20 ml dans un pilulier gradué. Des blancs sont préparés de la même façon que les échantillons.

Tous les éléments sont dosés en absorption atomique (SAA), le cuivre en flamme air-acétylène, le chrome en flamme acétylène-protoxyde d'azote et l'arsenic par génération d'hydrures.

Entreprise B

a) Phase 1 : 5 ml d'eau distillée sont ajoutés dans la cassette contenant le filtre de fibre de quartz. Après agitation mécanique pendant 1 heure, la solution est filtrée à travers le filtre ayant servi au prélèvement et acidifiée par 2,5 ml d'acide sulfurique 2 M : solution SB1 jaugée à 20 ml.

b) Phase 2 : La poussière de bois (recueillie sur le filtre lors de la filtration de la phase 1) est ensuite digérée pendant environ 48 heures par l'ajout dans les cassettes de 5 ml d'eau oxygénée (H₂O₂) 110 volumes. Puis on laisse agir pendant une nuit 2 ml d'acide nitrique concentré. La solution ainsi obtenue est filtrée sur filtre en fibre de quartz (Whatman QMA) : solution SB2 jaugée à 20 ml.

c) Phase 3 : 2 ml d'acide fluorhydrique pour solubilisation du filtre, puis 3 ml d'acide nitrique sont ajoutés dans la cassette qui est placée dans une cuve à ultrasons pendant 10 minutes. La solution est reprise à l'eau distillée et complétée à 20 ml dans une fiole jaugée : solution SB3 jaugée à 20 ml.

Le dosage du cuivre et du chrome est effectué par SAA en flamme dans les 3 solutions SB1, SB2, SB3. L'arsenic est dosé par SAA atomisation électrothermique dans les solutions SB1 et SB2, et par spectroscopie d'émission plasma dans la solu-

TENEUR MOYENNE DE CCA SUR LES POUSSIÈRES DE BOIS - MEAN CONCENTRATION OF CCA IN WOOD DUSTS

Entreprise	Origine de la poussière	CrVI (mg/g)	Cr non VI (mg/g)	Cuivre (mg/g)	Arsenic
A	ponceuse	< 0,003	12,3	2,3	17
B	ponceuse	< 0,003	3,3	2,1	2,4
B	scie	< 0,003	5,7	0,9	2,3
B	surface d'une pièce de bois traité (classe IV)	< 0,003	6,5	4,9	7,4
B	surface d'une pièce de bois traité superficiellement	< 0,003	4,4	2,7	3,7
B	cœur de ce même bois	< 0,003	0,27	0,17	0,25

tion SB3, en raison de problèmes d'analyse liés à la complexité de la matrice. La détermination du chrome hexavalent soluble est effectuée par colorimétrie à la diphénylcarbazide sur la solution SB1. Ces analyses permettent d'obtenir ainsi respectivement les quantités de cuivre, chrome et arsenic soluble total (SB1), de chrome hexavalent soluble (SB1), et de cuivre et chrome insoluble, ainsi que de chrome non hexavalent insoluble (SB2+SB3).

2. Résultats et discussion

Les résultats des analyses de poussière de bois recueillie à proximité des différents outils ou générée à partir de morceaux de bois collectés dans les établissements sont rassemblés dans le *tableau I*. Ces résultats montrent en particulier la différence entre les niveaux d'imprégnation des matériaux utilisés dans les 2 entreprises, le bois de l'entreprise A étant beaucoup plus chargé en métaux. De même, l'imprégnation varie entre la surface et le cœur d'un bois utilisé dans l'entreprise B. Enfin les résultats montrent l'absence de chrome hexavalent. Comme on pouvait s'y attendre le caractère réducteur de la cellulose a pour effet de le transformer en composés probablement trivalents.

Cette différence d'imprégnation transparaît également dans les résultats des prélèvements individuels rassemblés dans le *tableau II* (pour l'entreprise A) et le *tableau III* (pour l'entreprise B). En effet, si l'impression visuelle d'empoussièrement était nettement supérieure dans l'entreprise B, les expositions aux métaux (en particulier à l'arsenic) n'y sont pas plus fortes. Dans cette même entreprise B, l'exposition aux

métaux d'imprégnation (cuivre, chrome et arsenic) est significative y compris pour des opérateurs usinant des bois exotiques non traités. Ce résultat est confirmé par les résultats des analyses des prélèvements effectués à poste fixe : la pollution provenant de l'usinage des bois traités CCA est largement répandue dans tout l'atelier. Ces résultats des prélèvements à poste fixe sont rassemblés dans le *tableau IV*. L'absence de ventilation dans l'atelier, et en particulier de dispositifs de captage des polluants à la source explique que la pollution par les métaux soit présente pratiquement dans tout l'atelier.

Alors que la pollution de l'atmosphère générale et les niveaux d'exposition des opérateurs sont du même ordre de grandeur dans l'entreprise B, vraisemblablement en raison de ces carences dans la

CONCENTRATION DE CCA SUR LES PRÉLÈVEMENTS INDIVIDUELS - ENTREPRISE A
CONCENTRATION OF CCA
ON PERSONAL SAMPLES - FIRM A

	Cu (µg.m ⁻³)	Cr total (µg.m ⁻³)	As (µg.m ⁻³)
	7	10	30
	12	19	30
	20	57	67
	13	38	48
	8	10	66
	10	21	63
	15	40	63
	18	49	51
TLV-TWA	1000	500	10
VME	1000	-	200

TABLEAU III

CONCENTRATION DE CCA SUR LES PRÉLÈVEMENTS INDIVIDUELS - ENTREPRISE B
CONCENTRATION OF CCA ON PERSONAL SAMPLES - FIRM B

Opérateur Poste de travail	Cu ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	Cr VI ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	Cr total ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	As ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)
Opérateur I perceuse (bois traité)	10	4	16	22
Opérateur II toupie (bois traité)	4	1	9	36
	3	3	7	22
	7	3	13	32
	13	2	13	25
Opérateur III scie circulaire (bois traité)	4	5	10	53
	7	4	5	26
	7	5	18	32
	nd (*)	3	6	19
Opérateur IV récupération du bois scie circulaire (bois traité)	5	3	9	15
	9	3	7	11
	4	2	9	26
	1	11	23	34
Opérateur V marteau pneumatique (bois exotique)	15	4	22	42
	10	3	18	24
	14	3	20	33
	11	3	19	35
Opérateur VI ponceuse (bois traité)	13	1	13	62
Opérateur VII assemblage	5	3	8	10
Opérateur VIII marteau pneumatique (bois traité)	8	3	9	15
	8	1	14	24
	9	5	12	25
	10	1	9	33
<i>VME</i>	<i>1000</i>	<i>50</i>	-	<i>200</i>
<i>TLV-TWA</i>	<i>1000</i>	<i>50</i>	<i>500</i>	<i>10</i>

(*) nd = non détecté
VME = Valeur limite de moyenne d'exposition
TLV-TWA = Threshold limit value - Time-weighted average

TABLEAU IV

**CONCENTRATION DE CCA
SUR LES PRÉLÈVEMENTS D'AMBIANCE -
ENTREPRISE B (CF. FIG. 3)**
CONCENTRATION OF CCA ON ATMOS-
PHERIC SAMPLES - FIRM B

	Cu ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	Cr VI ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	Cr total ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	As ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)
A	2	5	7	8
	27	1	4	34
B	20	7	20	37
	4	3	10	14
	3	3	9	29
	2	3	14	24
C	2	3	14	24
D	3	2	4	22
	nd (*)	4	12	32
E	7	2	5	20
	1	5	7	17
F	2	3	15	18
	5	5	7	16
G	2	2	6	17
	41	1	13	22
	1	3	8	22
H	1	2	6	18
	6	2	8	17
	9	1	30	37
	1	2	18	37
I	4	3	6	33
	14	3	85	75
J	9	4	27	45
	2	3	5	18
K	6	2	17	33
	2	1	9	30
	6	2	9	92
L	2	4	5	17
	8	4	28	44
M	3	1	17	24
	8	4	11	15
	4	3	14	40
N	2	4	11	26
	2	1	3	18
	1	4	6	21
O	8	3	15	34
	1	3	7	18
	8	4	11	15
P	4	3	14	40
	2	4	11	26
	2	1	3	18
Q	1	4	6	21
	8	3	15	34
	1	3	7	18

TABLEAU V

**CONCENTRATION MOYENNE DE CCA
SUR LES PRÉLÈVEMENTS D'AMBIANCE -
ENTREPRISE A**
MEAN CONCENTRATION OF CCA ON
ATMOSPHERIC SAMPLES - FIRM A

N	Cu ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	Cr total ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	As ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)
21	35 (5-90)	114 (5-301)	95 (23-317)
<i>Référence</i>			
<i>VME</i>	<i>1000</i>		<i>200</i>
<i>TLV-TWA</i>	<i>1000</i>	<i>500</i>	<i>10</i>

N = nombre de mesures
Les valeurs entre parenthèses indiquent l'amplitude du paramètre mesuré

protection collective (absence presque totale de système de ventilation), les concentrations atmosphériques dans l'ambiance de l'entreprise A (tableau V) (souvent mesurée à l'émission) sont sensiblement plus élevées que les expositions des opérateurs (tableau II) grâce au niveau minimal de protection collective : une partie de la pollution émise est captée à la source.

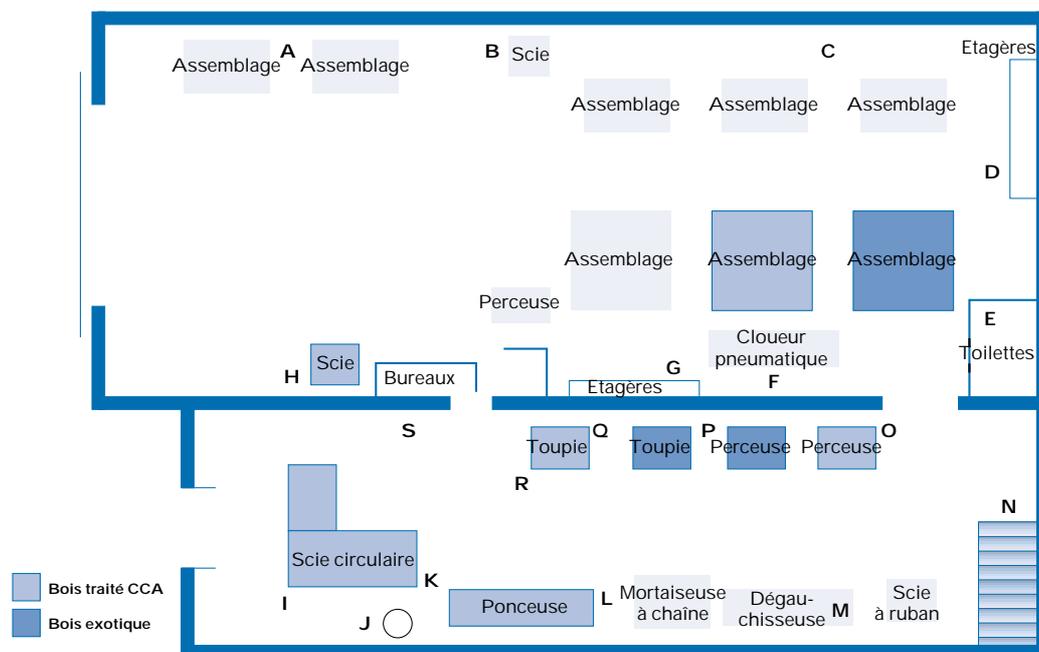
A l'exception d'un seul prélèvement, l'exposition aux composés hexavalents du chrome est minimale (de l'ordre de la limite de détection analytique) pour toutes les mesures effectuées dans les entreprises A et B, confirmant ainsi les analyses des prélèvements de poussières recueillies dans les ateliers : la transformation du

chrome hexavalent est donc complète.

Globalement les expositions au chrome et au cuivre sont très largement inférieures aux valeurs limites d'exposition tant françaises [9] qu'américaines [10]. Seule l'exposition à l'arsenic atteint un niveau significatif dans les deux ateliers. Elle reste très inférieure à l'actuelle valeur limite française ($200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) puisqu'elle varie entre 5 et 35 % de cette valeur selon les postes de travail.

Elle est en revanche, dans tous les cas, supérieure à la valeur limite de l'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) de $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$: entre 1 et 7 fois cette valeur.

Fig. 3. Ce schéma de l'atelier de l'entreprise B permet de situer les points de prélèvement à poste fixe dont les résultats sont portés dans le tableau VI - Workshop layout in firm B: the fixed sampling positions used in table VI



Une proposition d'abaisser en France cette valeur limite à $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a été faite récemment : dans un tel contexte, les expositions des salariés des deux ateliers considérés dans cette étude deviendraient trop élevées [11].

Compte tenu des taux d'imprégnation du bois mesurés au cours de cette campagne (0,5 à 2 % d'arsenic), les expositions à la poussière de bois correspondant à des expositions de quelques dizaines de microgrammes d'arsenic par mètre cube d'air, atteignent plusieurs milligrammes de bois par mètre cube. Avec une valeur limite pour les poussières de bois à $1 \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$, la prévention de l'exposition (au bois) est donc suffisante pour assurer celle de l'exposition aux métaux d'imprégnation, et en particulier à l'arsenic [9]. La prévention des risques dans ces ateliers peut donc passer par l'équipement des machines de dispositifs de captage de la pollution à la source [12].

Quant à la détermination d'une méthode de dosage des métaux pour ce type d'échantillons, les résultats de cette étude per-

mettent de définir les éléments suivants :

- il n'est pas nécessaire de procéder au dosage du chrome hexavalent ;
- l'arsenic peut être retenu comme traceur de l'exposition ;
- les résultats des *tableaux VI et VII* montrent la nécessité de procéder à une minéralisation poussée de la poussière afin d'obtenir une mise en solution complète des métaux (cuivre et chrome), et aussi de l'arsenic.

Ce n'est, en effet, vraisemblablement pas tant la destruction du support de prélèvement au cours de la phase 3 que la poursuite de la minéralisation qui a permis de réaliser la solubilisation complète des métaux et de l'arsenic : l'attaque par l'eau oxygénée et l'acide nitrique, réalisée sur les poussières de bois recueillies sur les surfaces de travail, en a permis la dissolution complète. Il convient donc pour l'analyse des filtres de prolonger l'attaque pendant plusieurs jours (y compris en ayant recours au chauffage) afin d'assurer la dissolution complète de la poussière.

TABLEAU VI

**CONCENTRATION DE CCA AU COURS DES DIFFÉRENTES PHASES D'EXTRACTION ET DE MINÉRALISATION
DES PRÉLÈVEMENTS D'AMBIANCE - ENTREPRISE B (cf. FIG. 3) - CONCENTRATION OF CCA DURING THE DIFFERENT PHASES
OF EXTRACTION AND MINERALISATION OF ATMOSPHERIC SAMPLES - FIRM B**

Points de prélèvement	Extraction et dosage des éléments solubles ($\mu\text{g.m}^{-3}$)				Minéralisation de la poussière de bois ($\mu\text{g.m}^{-3}$)			Minéralisation totale du support ($\mu\text{g.m}^{-3}$)			TOTAL ($\mu\text{g.m}^{-3}$)			
	Cu	Cr VI	Cr III (*)	As	Cu	Cr III (*)	As	Cu	Cr III (*)	As	Cu	Cr VI	Cr total	As
A	nd	5	nd	1	2	2	2	nd	nd	5	2	5	7	8
B	nd	1	1	2	23	2	24	4	nd	9	27	1	4	34
	1	7	nd	4	17	11	24	2	2	8	20	7	20	37
	nd	3	3	7	4	4	2	nd	nd	4	4	3	10	14
	nd	3	nd	6	3	5	12	nd	1	11	3	3	9	29
C	nd	3	nd	5	2	5	9	nd	7	10	2	3	14	24
D	1	2	1	6	2	1	9	nd	nd	7	3	2	4	22
E	nd	4	1	2	nd	7	22	nd	nd	8	nd	4	12	32
	nd	2	1	6	5	2	11	2	nd	3	7	2	5	20
F	nd	5	1	1	1	1	7	nd	nd	10	1	5	7	17
	nd	3	nd	4	2	4	10	nd	8	4	2	3	15	18
G	1	5	1	5	4	1	6	nd	nd	6	5	5	7	16
H	nd	2	1	2	2	3	10	nd	nd	6	2	2	6	17
	nd	1	1	3	41	3	15	nd	8	4	41	1	13	22
	nd	3	nd	5	1	4	12	nd	2	6	1	3	8	22
I	nd	2	nd	1	1	4	5	nd	nd	12	1	2	6	18
	1	2	1	2	5	5	8	nd	nd	7	6	2	8	17
	1	1	nd	5	8	10	25	nd	18	7	9	1	30	37
	nd	2	nd	6	1	5	15	nd	11	16	1	2	18	37
J	2	3	2	26	2	nd	4	nd	nd	3	4	3	6	33
K	11	3	11	9	1	66	56	2	5	10	14	3	85	75
L	2	4	2	6	8	18	27	nd	2	12	9	4	27	45
M	nd	3	nd	2	2	2	7	nd	nd	9	2	3	5	18
	nd	2	4	5	6	11	20	nd	nd	7	6	2	17	33
	nd	1	nd	2	2	5	12	nd	4	16	2	1	9	30
N	nd	2	3	3	6	4	10	nd	nd	79	6	2	9	92
O	nd	4	nd	6	2	1	9	nd	nd	2	2	4	5	17
P	3	4	2	6	5	12	30	nd	11	9	8	4	28	44
	nd	1	nd	4	3	5	10	nd	11	10	3	1	17	24
Q	2	4	5	7	6	2	8	nd	nd	0	8	4	11	15
	1	3	1	5	3	9	28	nd	nd	7	4	3	14	40
	nd	4	1	3	2	3	13	nd	3	11	2	4	11	26
R	nd	1	nd	3	2	2	6	nd	nd	9	2	1	3	18
S	nd	4	nd	4	1	2	9	nd	nd	8	1	4	6	21
	nd	3	1	6	8	7	19	nd	4	9	8	3	15	34
	nd	3	nd	3	1	4	10	nd	1	6	1	3	7	18

nd : non détecté

(*) Cr III : formule utilisée par commodité; il conviendrait plutôt de parler de chrome non VI

TABLEAU VII

CONCENTRATION DE CCA AU COURS DES DIFFÉRENTES PHASES D'EXTRACTION ET DE MINÉRALISATION DES PRÉLÈVEMENTS INDIVIDUELS - ENTREPRISE B - CONCENTRATION OF CCA DURING THE DIFFERENT PHASES OF EXTRACTION AND MINERALISATION OF PERSONAL SAMPLES - FIRM B

Opérateur Poste de travail	Extraction et dosage des éléments solubles ($\mu\text{g.m}^{-3}$)				Minéralisation de la poussière de bois ($\mu\text{g.m}^{-3}$)			Minéralisation totale du support ($\mu\text{g.m}^{-3}$)			TOTAL ($\mu\text{g.m}^{-3}$)			
	Cu	Cr VI	Cr III(*)	As	Cu	Cr III(*)	As	Cu	Cr III(*)	As	Cu	Cr VI	Cr total	As
Opérateur I Perceuse (bois traité)	3	4	6	8	7	7	11	nd	nd	3	10	4	16	22
Opérateur II Toupie (bois traité)	nd	1	3	20	4	5	12	nd	nd	3	4	1	9	36
	nd	3	2	nd	3	2	12	nd	nd	9	3	3	7	22
	nd	3	1	1	7	9	22	nd	nd	9	7	3	13	32
	5	2	3	6	2	5	10	7	4	8	13	2	13	25
Opérateur III Scie circulaire (bois traité)	1	5	2	40	3	2	8	nd	nd	5	4	5	10	53
	nd	4	1	1	3	nd	14	4	nd	10	7	4	5	26
	nd	5	2	2	7	10	22	nd	nd	9	7	5	18	32
	nd	3	nd	2	nd	2	10	nd	1	6	nd	3	6	19
Opérateur IV Récupération du bois scie circulaire (bois traité)	1	3	2	4	4	4	7	nd	nd	4	5	3	9	15
	nd	3	1	nd	7	3	3	2	nd	9	9	3	7	11
	nd	2	1	nd	4	6	14	nd	nd	11	4	2	9	26
	1	11	1	6	nd	12	21	nd	nd	8	1	11	23	34
Opérateur V Marteau pneumatique (bois exotique)	2	4	4	5	13	15	27	nd	nd	9	15	4	22	42
	1	3	3	2	8	10	17	nd	2	6	10	3	18	24
	1	3	2	4	13	12	22	nd	3	7	14	3	20	33
	1	3	1	4	10	15	21	nd	1	10	11	3	19	35
Opérateur VI Ponçeuse (bois traité)	nd	1	nd	2	13	3	47	nd	9	12	13	1	13	62
Opérateur VII Assemblage	nd	3	2	nd	5	3	1	nd	nd	8	5	3	8	10
Opérateur VIII Marteau pneumatique (bois traité)	2	3	2	3	6	4	9	nd	nd	3	8	3	9	15
	nd	1	2	2	8	6	13	1	5	10	8	1	14	24
	1	5	2	2	8	1	20	nd	3	4	9	5	12	25
	nd	1	nd	4	10	8	17	nd	nd	11	10	1	9	33

nd : non détecté

(*) Cr III : formule utilisée par commodité; il conviendrait plutôt de parler de chrome non VI

BIBLIOGRAPHIE

- MARTIN R. - Dossier : Traitement Industriel du Bois - www.gate1.be/~blehen/dossier.htm
- Avis relatif au traitement des bois d'aires de jeux par les «CCA» (oxydes de cuivre, chrome, arsenic) - www.finances.gouv.fr/Securite_consommateurs/avis/cca.htm
- PETERS H.A., CROFT W.A., WOOLSON E.A., DARCEY B., OLSON M. - Hematological, dermal and neuropsychological disease from burning and power sawing chromium-copper-arsenic (CCA)-treated wood. *Acta Pharmacologica et Toxicologica*, 1986, 59, pp. 39-43.
- LINDROOS L. - Wood dust at a woodworking Plant. *Tyoterveyslaitoksen Tukimuksia, Research Series 1*, 1983, 2, pp. 105-114.
- PETERS H.A., CROFT W.A., WOOLSON E.A., DARCEY B., OLSON M. - Seasonal arsenic exposure from burning chromium-copper-arsenate-treated wood. *Journal of the American Medical Association*, 1984, 251, pp. 2393-2396
- TODD A.S., TIMBIE C.Y. - Preliminary survey of wood preservative production facility at Koppers Company, Inc. NIOSH, Cincinnati, Ohio, NIOSH Contract No. 210 - 78 - 0060, 1980, 4 p.
- DEMANGE M., VIEN I., HECHT G., HERY M., LAGOUTTE A. - Mise au point d'une méthode de prélèvement du trioxyde de diarsenic. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1992, 146, pp. 63-70.
- Chromium hexavalent - NIOSH Manual of analytical methods, 3^e éd. Washington (DC), DHHS (NIOSH), sept. 1985, method 7600, 4 p.
- Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 153, pp. 557-574, 1993
- Valeurs limites d'exposition professionnelle aux substances dangereuses de l'ACGIH aux Etats-Unis et de la Commission MAK en Allemagne. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1996, 163, pp. 197-227.
- HERVE-BAZIN B. - Valeur limite d'exposition professionnelle au trioxyde de diarsenic. Rapport au Groupe Scientifique de surveillance des atmosphères de travail. *Vandœuvre, INRS, février 1996*, 14 p.
- Guide pratique de ventilation. 12 - Deuxième transformation du bois. Paris, INRS, 1992, 39 p.

Les auteurs remercient Martine DEMANGE et Bertrand HONNERT pour leur aide dans l'élaboration des protocoles analytiques.

Article reçu en février 1999, accepté en mars 1999

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ - 30, rue Olivier-Noyer, 75680 Paris cedex 14

Tiré à part des Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail, 2^e trimestre 1999, N° 175 - ND 2108 - 1200 ex.
N° CPPAP 804/AD/PC/DC du 14-03-85. Directeur de la publication : J.-L. MARIÉ. ISSN 0007-9952 - ISBN 2-7389-0778-4