

**Rapport du groupe de travail
sur la toxicité de l'olivine
en milieu industriel**

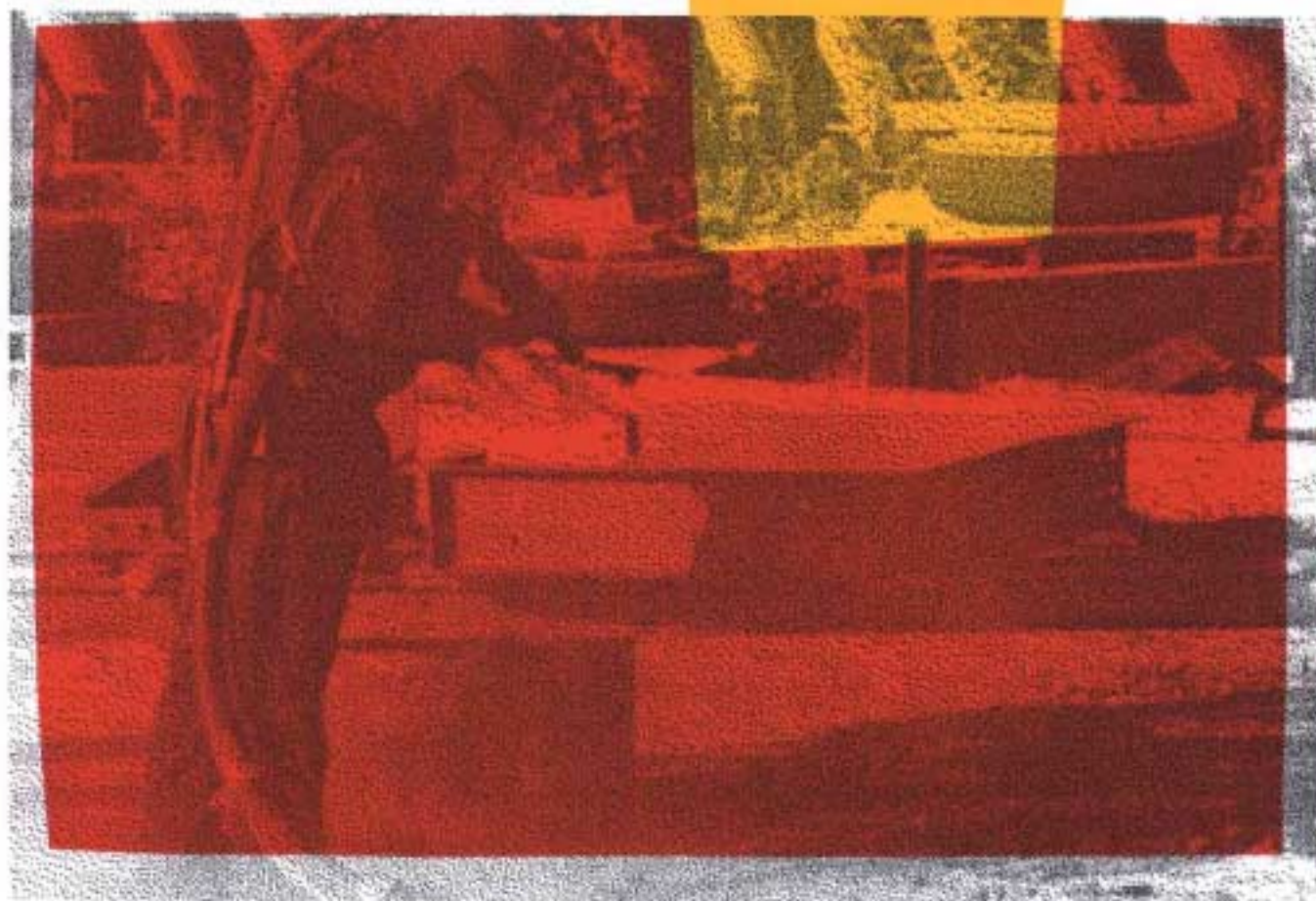
Michel Côté, Pierre Durand
et Nicole Goyer

**BILANS DE
CONNAISSANCES**

Février 1985

E-012

RAPPORT



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

Rapport du groupe de travail sur la toxicité de l'olivine en milieu industriel

Michel Côté, Université de Montréal
Pierre Durand, Programme sécurité et ingénierie, IRSST
Nicole Goyer, Direction des services de laboratoires, IRSST
avec la collaboration
Diane Berthelette, IRSST

**COMMISSION
DES
SCIENTIFQUES**

RAPPORT

Table des matières

	Page
Avant-propos.....	5
Introduction.....	7
1. Propriétés et utilisations de l'olivine.....	9
1.1 Propriétés de l'olivine.....	9
1.2 Utilisations de l'olivine.....	11
1.3 Qualité de l'air ambiant lors de l'utilisation d'olivine.....	13
2. Effets biologiques de l'olivine.....	15
2.1 Effets chez l'humain.....	15
2.2 Effets chez l'animal.....	15
Conclusion.....	19
Références.....	21

Avant-propos

La substitution du sable siliceux, par un matériau non fibrogène, est une des solutions recherchées depuis longtemps aux problèmes de santé reliés à l'utilisation de composés contenant de la silice cristalline. L'olivine, un orthosilicate de magnésium et de fer extrait du sous-sol minier, a des propriétés physico-chimiques comparables à celles de la silice (1, 2). Cependant, au Québec, le coût d'approvisionnement en olivine est trois à quatre fois plus élevé que celui du sable de silice.

La substitution du sable siliceux par l'olivine, dans les opérations de fonderie, a fait l'objet d'un dossier préparé par Messieurs Yves Charron et Jacques Normandeau des Départements de santé communautaire Honoré-Mercier et Valleyfield. Il s'agissait d'un projet de recherche, visant à évaluer la toxicité de l'olivine et les possibilités techniques et économiques de l'introduction de ce produit dans les fonderies. Les auteurs de ce document ont formulé le souhait que l'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) s'implique dans ce dossier.

Par ailleurs, la Société nationale de l'amiante a informé la direction scientifique de l'Institut qu'elle produisait un silicate de magnésium similaire à celui retrouvé dans l'olivine. Ce produit, le sable SNA, est fabriqué à partir des résidus miniers de l'extraction de l'amiante. Selon la Société nationale de l'amiante, il pourrait répondre techniquement et économiquement aux besoins des utilisateurs de sable siliceux, notamment dans les fonderies.

La direction scientifique de l'Institut a formé un groupe de travail dont le mandat était de faire le point sur les connaissances acquises quant à la toxicité et surtout au caractère non fibrogène du sable d'olivine. Ce document constitue le rapport du groupe de travail.

Introduction

Le sable siliceux, communément utilisé dans les procédés de fonderie et d'abrasion est un agresseur toxique pour le système respiratoire: la silice cristalline dont la granulométrie est inférieure à 10 micromètres est en effet associée à une fibrose pulmonaire, la silicose (3, 4), et au cancer du poumon (5, 6).

L'exposition des travailleurs aux poussières de silice cristalline peut être considérablement réduite en substituant celle-ci par un sable non siliceux dont les propriétés physico-chimiques peuvent répondre aux besoins des utilisateurs de sable de silice. Un des produits de substitution à considérer est l'olivine, naturelle ou "synthétique".

Dans ce document, nous comparons l'olivine "synthétique"¹ et naturelle au sable de silice. La première section porte sur les caractéristiques physico-chimiques de ces produits. Dans la seconde partie, nous décrivons brièvement les principales utilisations industrielles de l'olivine, notamment dans le secteur des fonderies. La troisième section résume les résultats d'études sur la qualité de l'air ambiant dans les fonderies où l'olivine est utilisée.

Enfin, une synthèse des résultats de recherche portant sur la toxicité de l'olivine naturelle chez l'humain et chez l'animal est présentée.

1. Dans ce document, les termes "olivine" et "sable d'olivine" ne s'appliquent qu'au produit naturel. Les auteurs emploient les termes "olivine synthétique" et "sable SNA" lorsqu'il s'agit du produit fabriqué par la Société nationale de l'amiante.

1. Propriétés et utilisations de l'olivine

1.1 Propriétés de l'olivine

L'olivine naturelle, c'est-à-dire extraite du sous-sol minier, est composée de forstérite (un orthosilicate de magnésium), de fayalite (un orthosilicate de fer) et du mélange isomorphe intermédiaire de ces deux composés. On retrouve également une faible proportion d'enstatite, une autre forme cristalline du silicate de magnésium (2). La composition et la pureté de l'olivine varient selon la source minière et seules les olivines dont la proportion de silicate de magnésium est élevée sont utilisables dans les activités de fonderie (2).

L'olivine "synthétique" peut être obtenue par traitement thermique des rejets miniers de l'extraction des fibres d'amiante. La Société nationale de l'amiante produit, par ce procédé, un silicate de magnésium similaire à celui retrouvé dans l'olivine naturelle, le sable SNA (1). Les résidus miniers sont constitués essentiellement de serpentine, un silicate de magnésium hydraté. On extrait, par calcination, l'eau de cristallisation de la serpentine pour obtenir du silicate de magnésium présent sous les deux formes cristallines de forstérite et d'enstatite.

L'étude de Le Bouffant et coll. (7) montre que les fibres de chrysotile subissent une transformation morphologique et minéralogique importante aux températures élevées et à 1 300°C, l'échantillon se présente "sous forme de chapelets de petites boules d'aspect fondu, pour lesquels on ne peut plus parler véritablement de texture fibreuse". En conséquence, le traitement thermique a pour effet de diminuer très fortement le nombre de fibres par gramme de matière.

Le sable SNA contient également un faible pourcentage (environ 8%) d'hématite, un oxyde de fer. De par sa composition minéralogique en forstérite, le sable SNA se rapproche de l'olivine naturelle.

La teneur en quartz, principal agent agresseur du sable siliceux, a été déterminée sur deux échantillons de procédé de sable SNA par le laboratoire de diffraction des rayons-X de l'IRSST. Dans le sable obtenu par calcination à 1 300°C, le pourcentage de quartz est inférieur à la limite de détection de la méthode utilisée, soit 2%. Pour le sable de silice utilisé en fonderie, la proportion de quartz varie de 60% à 80% (8).

L'olivine a des propriétés physiques, chimiques et thermiques comparables à celles de la silice cristalline dont la dureté des particules, la résistance et la stabilité à des températures élevées ainsi que la résistance à l'attaque chimique. Le sable SNA a cependant un point de fusion plus bas que l'olivine naturelle et la silice.

L'olivine présente certaines caractéristiques constituant des avantages en regard de son utilisation: une conductivité thermique plus élevée à basse température, un coefficient d'expansion thermique plus faible et uniforme et des particules de forme angulaire. De plus, le sable d'olivine étant moins acide, il est donc moins réactif et c'est pourquoi on l'utilise préférentiellement pour les aciers à haute teneur en manganèse.

La granulométrie de l'olivine est similaire à celle de la silice et peut être adaptée aux différents besoins industriels. Ainsi, la granulométrie de l'olivine IMC (International Minerals and Chemical Corporation)(2, 9) varie de 40 à 3 400 μm et celle du sable de fonderie SNA de grade 55 varie de 104 à 4 170 μm . Quant au sablage par jet, les granulométries suivantes: 250, 420, 710 et 1 190 μm (60, 40, 24 et 16 mesh) sont disponibles en ce qui concerne le produit SNA (1).

1.2 Utilisations de l'olivine

Les qualités du sable d'olivine furent reconnues pour la première fois en 1790 par un norvégien, M. Johann Werner. Cependant, ce n'est qu'en 1927 qu'une mention est faite de l'utilisation de l'olivine broyée dans une fonderie de Norvège. Au cours des années 1930, certaines fonderies de la côte est des États-Unis et du centre du pays l'utilisèrent. Une fonderie de la côte ouest commença en 1953 la production commerciale de pièces d'acier au manganèse façonnées dans des moules d'olivine. Dans les années 60 aux États-Unis, environ 300 fonderies de métaux ferreux et non ferreux utilisaient l'olivine dans leurs procédés (10). Elle est utilisée également depuis plusieurs années comme sable de moulage dans les pays scandinaves.

Dans les fonderies, le sable d'olivine est utilisé dans la fabrication des moules et des noyaux (éléments réfractaires placés dans le moule pour dessiner des cavités et des formes dans la pièce à mouler). Ce sable est apprécié pour son point de fusion élevé, son faible coefficient d'expansion thermique et sa grande résistance au fractionnement suite à un choc thermique.

La forme angulaire des particules d'olivine permet un meilleur contrôle de la densité de compacité du moule. La perméabilité du sable produit, associée au faible taux d'humidité requis et au coefficient uniforme d'expansion, permettent de presser fortement les moules sans crainte de défauts d'expansion et de distorsion. Ces propriétés permettent également d'éliminer, dans certains cas, l'ajout de substance organique utilisée comme liant et agent de polissage dans le sable siliceux. L'olivine est durable et thermiquement stable, ce qui permet plusieurs réutilisations.

Au Québec, l'olivine est peu utilisée comparativement au sable de silice à cause de son coût d'achat élevé et à cause de l'éloignement des sources d'approvisionnement. Elle est employée dans certaines fonderies lors de la coulée d'acier à haute teneur en manganèse.

Comme substitut du sable de silice, l'olivine peut être utilisée dans plusieurs autres activités industrielles.

L'olivine peut avantageusement remplacer le sable siliceux dans le sablage par jet. Les essais réalisés par la Société nationale de l'amiante tendent à prouver que leur sable d'olivine "synthétique" offre une excellente qualité de sablage avec un potentiel de coût/performance amélioré. Selon les essais effectués par la Société nationale de l'amiante, le sable de cette compagnie nettoie plus rapidement, permet de diminuer la consommation de sable par unité de surface décapée et résiste mieux aux chocs mécaniques d'où une diminution de la dégradation en fines particules et poussières. Ces avantages, ajoutés au faible pourcentage de quartz contenu dans ce sable, devraient améliorer la qualité de l'air du milieu de travail.

La Société nationale de l'amiante a entrepris des essais, conjointement avec l'industrie, sur les utilisations suivantes du sable à base d'olivine:

- agrégat pour la production de béton réfractaire basique, de briques isolantes et de matériaux réfractaires de spécialité.
- matériau de charge renforçant dans les plastiques exigeant de hautes propriétés mécaniques;
- agrégat pour liant minéral résistant à la corrosion;
- sable réfractaire pour fournaise à lit fluidisé.

1.3 Qualité de l'air ambiant lors de l'utilisation d'olivine

Une étude environnementale a été menée aux États-Unis en 1976-77 dans une fonderie où la silice a été remplacée partiellement par l'olivine pour la production des moules (11). L'objectif de cette étude était de comparer la qualité de l'air avant et après la substitution du sable de silice. Les résultats montrent qu'il n'y a pas de diminution remarquable des concentrations de poussières totales et de poussières respirables; ceci s'explique par la similitude des propriétés physiques et chimiques de l'olivine et de la silice. On note cependant une faible baisse de la concentration de poussières totales dans la zone de meulage due au fait que les moules d'olivine ont moins d'imperfections et nécessitent moins de polissage.

La plus grande amélioration a été observée au niveau des concentrations de quartz respirable présent dans l'atmosphère. Les faibles niveaux de quartz se sont maintenus même lorsqu'une contamination importante de l'olivine par le quartz (de 13% à 40%) due à l'utilisation commune des deux sables, a été mesurée. Rappelons que les pourcentages de quartz dans les sables de silice sont de l'ordre de 60% à 80%.

D'autres mesures environnementales menées dans diverses fonderies ont également démontré la présence de quartz en très faibles concentrations dans les poussières respirables (12, 13). Dans les fonderies utilisant uniquement de l'olivine, les proportions mesurées de quartz dans la poussière respirable étaient inférieures à 1%.

On ne retrouve pas, dans la littérature, de données sur la qualité de l'air du milieu de travail pour les autres utilisations de l'olivine.

2. Effets biologiques de l'olivine

2.1 Effets chez l'humain

Les effets de l'inhalation de l'olivine chez l'humain n'ont pas fait, à ce jour, l'objet d'études scientifiques au sein de populations exposées. Par ailleurs, Governa et coll. (14) et Parkes (15: p. 316) mentionnent qu'aucun cas de pneumoconiose n'a été décrit depuis que l'olivine est utilisée dans les industries de Norvège et de Suède. L'utilisation de l'olivine depuis 1927, ne semble pas associée à des problèmes pulmonaires à "caractère épidémique" chez les travailleurs exposés. La littérature publiée ne nous apporte que très peu de renseignements sur les effets biologiques de l'olivine chez l'homme et se résume à quelques études expérimentales chez l'animal.

2.2 Effets chez l'animal

Les premières études effectuées chez l'animal par King et coll. (16) n'ont pu mettre en évidence un phénomène de fibrose pulmonaire chez le rat.

D'autre part, l'étude publiée par Glömme (17) consistait à évaluer la tendance fibrogénétique relative des particules minérales chez les animaux. Les résultats ont démontré que des rats soumis à une injection intratrachéale d'olivine ne montraient qu'une réaction pulmonaire très modérée à cette substance, comparativement à des rats soumis à une injection de quartz. Dans le premier cas, la fibrose pulmonaire était absente et on n'observait qu'un faible développement fibrillaire non progressif. Toutefois, il semble que l'olivine pourrait contribuer à une certaine réaction fibrogénique lorsqu'elle est présente en fortes concentrations ou en même temps qu'une infection pulmonaire.

L'étude de Governa et coll. (18) en 1979 a démontré qu'il n'y avait aucun phénomène de fibrose pulmonaire chez le rat exposé à l'olivine. L'étude de Governa (14), sur les effets possibles de l'olivine sur les macrophages isolés de poumons de cobaye, a montré que l'olivine n'est pas toxique pour ces cellules in vitro. Marks et coll. (19) et Marks et Nagelschmidt (20) avaient montré dès 1956, qu'il existe une bonne corrélation entre la toxicité d'une poussière sur les macrophages in vitro et son activité fibrogénique in vivo. Les résultats de leurs recherches suggéreraient donc que l'olivine n'induit pas de fibrose pulmonaire in vivo. Les résultats de Governa peuvent se résumer comme suit:

- a) aucun changement de la structure microscopique du poumon n'est observé;
- b) des macrophages remplis de particules minérales sont observés sur la paroi des bronchioles respiratoires terminales et dans les septa inter-alvéolaires;
- c) aucune réticulose ou fibrose n'a pu être observée;
- d) aucun changement ou lésion n'a pu être observé au niveau du rein.

Ces résultats confirment ceux de Mottura et coll. (21) qui concluaient que l'inhalation de l'olivine n'induit pas de fibrose pulmonaire. Heine (22) rapporte que la première recherche sur la toxicité de l'olivine a commencé au début des années trente à l'Université de Washington. D'autres recherches mentionnées par Tubich (23) ont eu lieu au cours des années 1940 à 1970. Les chercheurs s'intéressaient à la composition de l'olivine et à sa capacité potentielle d'agent provocateur de la silicose. Les résultats des études permettaient de rejeter cette hypothèse.

Enfin, une étude récente de Scheuchenzuber et coll. (24) visait à déterminer les réponses immunologiques de souris soumises à l'inhalation de silice et d'olivine pendant 300 jours. La silice a provoqué une suppression des réponses à *Escherichia coli* des cellules formantes de la plaque splénique (PFC) alors que l'olivine a provoqué une suppression beaucoup moins grave. Une diminution similaire (en regard de la silice) des niveaux d'anticorps sériques spécifiques et des indices phagocytiques des macrophages alvéolaires a été observée. Les auteurs concluaient que l'olivine produisait des altérations moins graves (que la silice) des réponses aux stimulations antigéniques.

Plus récemment, Le Bouffant et coll. (7), à la suite d'expériences sur le chauffage de la fibre de chrysotile, concluaient que le traitement thermique des fibres de chrysotile se révèle un moyen simple et efficace de supprimer les propriétés cancérigènes des fibres en permettant de faire disparaître le risque dû à l'inhalation des poussières provenant des déchets de l'industrie de l'amiante.

Une seule étude, celle de Davis (8) en 1972, rapporte la présence d'une fibrose pulmonaire marquée, mais localisée chez les souris exposées à l'olivine. Parmi les autres solutions injectées, figurent des solutions de brucite, chlorite, chromite forstite, magnétite, pyroxène, serpentine, talc, fibre de verre, fibre de silice, fibres synthétiques et chrysotile. Les solutions de chromite et de magnétite offrirent les plus faibles réponses cellulaires, alors que celles de brucite, forstérite, olivine, pyroxène, serpentine et talc offrirent des réponses plus prononcées et caractérisées par des granulomes encapsulés. Selon l'auteur, les résultats permettent de déduire que la chimie spécifique des particules est plus importante que leur taille. Cependant, l'auteur ayant administré l'olivine en solution liquide par injection intra-pleurale, on peut s'interroger fortement sur la validité de tels résultats puisque la méthode d'exposition s'avère peu conforme à l'exposition en milieu de travail.

Par ailleurs, compte tenu de la composition différente de l'olivine "synthétique" (SNA) et de l'olivine naturelle, on ne peut établir que le produit SNA n'entraîne aucun autre effet pulmonaire. Toutefois, comme les cristaux SNA ne sont pas solubles, on peut prévoir que ceux-ci auront un comportement similaire à celui des poussières dites inertes et que l'apparition d'autres effets pulmonaires demeure peu probable.

Enfin, nous nous sommes intéressés aux propriétés cocarcinogéniques de l'olivine. Une seule étude, toute récente (25), mentionne celles-ci en référant aux substituts de la silice sans toutefois révéler lesquels de ces substituts peuvent être considérés comme cocarcinogéniques. Les informations relatives à cet aspect demeurent donc parcellaires et non concluantes.

Conclusion

Par ses caractéristiques chimiques, physiques et surtout thermiques, l'olivine naturelle ou "synthétique" peut remplacer le sable de silice dans différents procédés industriels.

L'utilisation du sable d'olivine devrait également améliorer la qualité de l'air du milieu de travail à cause du faible pourcentage de quartz retrouvé; un contrôle de qualité adéquat vérifiant la proportion de quartz dans le sable devra alors être établi.

Le coût élevé de l'approvisionnement de l'olivine au Québec constitue le principal désavantage de son utilisation. Le coût compétitif du sable d'olivine produit par la Société nationale de l'amiante permettrait d'éliminer cet inconvénient.

Notre revue des publications scientifiques permet de résumer les effets de l'olivine sur l'intégrité de la fonction pulmonaire de la façon suivante:

- a) aucune étude de type épidémiologique n'a été publiée sur le sujet;
- b) bien que l'on utilise l'olivine depuis 1927, en Norvège, aucun cas de pneumoconiose ou de maladie pulmonaire professionnelle n'a été décrit (26, 27);
- c) les études chez l'animal révèlent que l'olivine n'engendre pas de fibrose pulmonaire ou à tout le moins, qu'elle est considérablement moins dommageable que la silice à cet égard;
- d) l'olivine obtenue par chauffage de la fibre chrysotile est libre des éléments cancérogènes associés à la fibre d'amiante;
- e) à la lumière des quelques travaux retrouvés dans la littérature scientifique, la toxicité potentielle de l'olivine et de substituts analogues apparaît comme minimale. Nous n'avons pu retrouver d'étude détaillée de l'ultra-structure du poumon exposé, couplée à une évaluation morphométrique et stéréologique, ni d'étude sur la toxicité au niveau d'un modèle cellulaire.

Par conséquent, la probabilité que l'olivine présente des risques pour la santé des travailleurs est faible. Toutefois, aucune étude n'a tenté d'évaluer la toxicité du sable SNA. Compte tenu des similitudes qui existent entre les propriétés physico-chimiques de l'olivine et celles du sable SNA, il est probable que les risques liés à l'exposition à ces deux produits soient similaires. En l'absence de recherches permettant de vérifier cette hypothèse, le groupe de travail ne peut cependant, se prononcer avec certitude sur la question de la toxicité du sable SNA.

Malgré l'absence de recherches portant sur la toxicité du sable SNA et compte tenu des caractéristiques similaires de ce produit et de l'olivine ainsi que des résultats des études qui semblent démontrer que la substitution du sable de silice par l'olivine réduirait l'incidence de pneumoconioses, le groupe de travail ne voit pas de contre-indication à la vente libre du sable SNA.

Références

1. SOCIÉTÉ NATIONALE DE L'AMIANTE. Unité de traitement thermique de résidus d'amiante pour produire une olivine synthétique. Brochure publicitaire, Société nationale de l'amiante, 1983.
2. INTERNATIONAL MINERALS & CHEMICAL CORPORATION, Foundry Products Division. Northwest Olivine for the Metal Casting Industry, bulletin n° 7571. Des Plaines, Illinois, IMC, 1980.
3. BIGNON, J. et BROCHARD, P. "Fibrose pulmonaire et particules inorganiques", Revue française des maladies respiratoires, vol. 11, n° 4, (1983), pp. 371-382.
4. HEPPLESTON, A.G. "The Fibrogenic action of silica", British Medical Bulletin, vol. 25, n° 3, (September 1969), pp. 282-287.
5. HEPPLESTON, A.G. "Silica and asbestos: Contrasts in tissue response", Annals of the New York Academy of Sciences, n° 330, (1979), pp. 725-744.
6. BRYSON, G. et BISHOFF, F. "Silicate-induced neoplasms", Progress in Experimental Tumor Research, vol. 9, (1967), pp. 77-164.
7. LE BOUFFANT, L.; BRUYÈRE, S.; DANIEL, H.D.; MARTIN, J.C.; HENIN, J.P.; TICHOUX, G. et NATTIER, P. "Influence d'un traitement thermique des fibres de chrysotile sur leur comportement dans le poumon", Pollution atmosphérique, (janvier-mars 1983), pp. 44-49.
8. DAVIS, J.M.G. "The Fibrogenic effects of mineral dusts injected into the pleural cavity of mice", British Journal of Experimental Pathology, vol. 53, n° 2, (April 1972), pp. 190-201.
9. INTERNATIONAL MINERALS & CHEMICAL CORPORATION, Foundry Products Division. Olivine Aggregate in the Non-ferrous Foundry. Des Plaines, Illinois, IMC, 1980.

10. TUBICH, G.E. "New materials and processes create new liabilities for the foundry", Industrial Medicine and Surgery, (February 1964), pp. 79-85.
11. DAVIS, J.W. "The Use of sand substitution to solve the free silica problem in foundry atmospheres", American Industrial Hygiene Association Journal, vol. 40, n° 7, (July 1979), pp. 609-618.
12. GULLICKSON, R. et DONINGER, J.E. "Industrial hygiene aspects of olivine sand use in foundries", AFS Transactions, vol. 88, (1980), pp. 623-630.
13. STETTLER, L.E.; GORSKY, C.H.; PLATEK, F.; STOLL, M. et NIEMEIER, R.W. "Physical and chemical analyses of foundry sands", AFS Transactions, vol. 89, (1981), pp. 141-156.
14. GOVERNA, M.; RISSO, A. et SCELSI, R. "Study on the action of olivine on macrophages in vitro", Medicina del Lavoro, vol. 60, n° 8, (agosto-settembre 1969) pp. 525-527.
15. Parkes, W.R. Occupational Lung Disorders. Toronto, Butterworths, 2^e éd., 1982, 529 p.
16. KING, E.J.; ROGERS, N.; GILCHRIST, M.; GOLDSMITH, U.M. et NAGELSCHMIDT, G. "The Effect of olivine on the lungs of rats", Journal of Pathology and Bacteriology, vol. 57, (1945) p. 488-491.
17. GLÖMME, J. "Application of the standardized method following administration of non-quartziferous particles" dans Evaluation of the Relative Fibrogenetic Tendency of Mineral Particles in Animal Experiments. Oslo, Norvège, Universitetsforlaget, 1967.
18. GOVERNA, M; DURIO, G et COMAI, M. "Changes in rat lung produced by olivine dust inhalation", Pathologica, vol. 71, n° 1016, (November-December 1979), pp. 745-753.

19. MARKS, J.; MASON, M.A. et NAGELSCHMIDT, G. "A Study of dust toxicity using a quantitative tissue culture technique", British Journal of Industrial Medicine, vol. 13, n° 3, (July 1956), p. 187-191.
20. MARKS, J. et NAGELSCHMIDT, G. "Study of the toxicity of dust with the use of the in vitro deshydrogenase technique", Archives of Industrial Health, vol. 20, n° 5, (November 1959), p. 383-389.
21. MOTTURA, G.; GOVERNA, M. et DURIO, G. "Studio sullo sviluppo della silicosi sperimentale in seguito all'azione di minime quantità di silice" in Collezione di igiene e di medicina del lavoro n° 10, ricerche fondamentali sulle pneumoconiosi. Commissione delle Comunità Europee (CECA) editrice, Lussemburgo, 1970, p. 241.
22. HEINE, H.J. "Health hazard control in the foundry", Foundry M & T, (April 1980), pp. 197-208.
23. TUBICH, G.E. "Health Aspects of Olivine: Non-Ferrous Foundry Applications", Communication présentée à l'American Industrial Hygiene Association Conference, Chicago, Illinois, Mai 1967, 18 p.
24. SCHEUCHENZUBER, W.J.; ZARKOWER, A. et ESKEW, M.L. "Immunological alterations in the mouse following injection or inhalation of silica and olivine dusts", Environmental Research, vol. 27, n° 2, (1982), pp. 398-411.
25. NEIMEIER, R.W. "Study finds silica substitutes used in foundry molds to be co-carcinogenic", Occupational Safety and Health Reporter, vol. 13, n° 43, (March 1984), p. 1168.
26. Communication personnelle. Jahr, J. Institute of Occupational Health. Norvège, octobre 1984.
27. AHLMARK, A, et GLÖMME, J. "Current aspects of pneumoconiosis in the scandinavian peninsula", Industrial Medicine and Surgery, vol. 31, n° 12, (December 1962), pp. 517-524.