

OCCUPATIONAL HEALTH

Fatality following exposure to hydrogen sulfide

UNITED STATES OF AMERICA. - Hydrogen sulfide (H_2S) is a potential hazard for workers in wastewater-treatment plants. Investigation of an occupational fatality resulting from exposure to H_2S in such a plant illustrates the hazards associated with this agent.

On 3 September 1983, a worker at a wastewater-treatment plant in Omaha, Nebraska was found unconscious after collecting samples in the building where wastewater enters the plant. He died later that day from acute respiratory distress syndrome. A review of hospital records and the autopsy report showed that the pattern of his fatal illness was compatible with exposure to H_2S .

On 6 September, engineers of the City of Omaha requested that the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) evaluate working conditions and help develop a health and safety plan for the plant. NIOSH investigators collected 40 personal-breathing-zone¹ and 26 long-term area air samples for H_2S in all areas of the plant. Concentrations of H_2S in the personal air samples detected ranged from 0 to 2.2 parts per million (ppm); results from the long-term area air samples ranged from 0 to 56.0 ppm. The highest concentrations were found in the area near where the worker was apparently fatally overcome. Instantaneous

¹ Personal air samples are collected in the worker's breathing zone. Long-term area air samples are collected in the work area over an entire work shift. Instantaneous air samples are measured by a direct reading instrument.

MÉDECINE DU TRAVAIL

Intoxication mortelle par le sulfure d'hydrogène

ETATS-UNIS D'AMÉRIQUE. - Le sulfure d'hydrogène (H_2S) est une source de danger potentiel pour les travailleurs des usines de traitement des eaux usées. L'enquête entreprise à la suite du décès d'un ouvrier intoxiqué pendant son travail illustre les dangers associés à ce gaz.

Le 3 septembre 1983, un ouvrier d'une usine de traitement des eaux usées d'Omaha (Nebraska) qui était allé recueillir des échantillons dans le bâtiment d'arrivée des eaux usées, a été découvert sans connaissance. Il est mort le jour même après un syndrome de détresse respiratoire aiguë. Le tableau clinique, tel qu'il ressort de l'examen des dossiers de l'hôpital et du rapport d'autopsie, est compatible avec une intoxication par le sulfure d'hydrogène.

Le 6 septembre, les ingénieurs de la ville d'Omaha ont demandé que le *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) évalue les conditions de travail et participe à la mise au point d'un plan de sécurité et de protection de la santé pour l'usine. Les enquêteurs du NIOSH ont prélevé 40 échantillons d'air dans la zone de respiration individuelle des ouvriers¹ et procédé à 26 prélèvements de longue durée de l'air ambiant dans tous les secteurs de l'usine, en vue de doser le sulfure d'hydrogène. Les concentrations détectées variaient de 0 à 2,2 parties par million (ppm) pour les zones de respiration et de 0 à 56,0 ppm pour les prélèvements de longue durée. Les concentrations les plus élevées ont été observées dans la

¹ Les échantillons d'air individuels sont recueillis dans la zone de respiration de l'ouvrier. Les prélèvements de longue durée sont effectués dans la zone de travail et portent sur toute la durée d'un poste de travail. La concentration des échantillons ponctuels est mesurée avec un instrument à lecture directe.

area air samples for H₂S were also collected in this area. These concentrations ranged from 50 ppm to 200 ppm (the maximum reading on the instrument used) when one of the supply fans in the building malfunctioned.

During the week of 17 October, 54 (83%) of the 65 workers in the plant responded to a self-administered questionnaire. Forty-one (76%) respondents indicated that, during the previous 2 weeks, they had experienced at least 3 of the symptoms known to be associated with H₂S exposure, most commonly cough (61%), eye irritation (57%), and nose irritation (54%). However, no clear association between frequency of symptoms and estimated exposure was found.

The exact circumstances resulting in the worker's death may never be known. NIOSH investigators concluded that the factors contributing to the death included: (i) the summer temperature and the long transit time of the sewage entering the plant (resulting in high concentrations of dissolved H₂S); (ii) inappropriate design of the ventilation system; and (iii) inadequate safety procedures for workers entering potentially dangerous areas. Based on these factors, NIOSH investigators provided recommendations to prevent any future fatal incidents.

MMWR EDITORIAL NOTE: At room temperature, H₂S is a colourless gas and has a characteristic rotten-egg odour. Although it has a rather low odour threshold (0.13 ppm), it can cause olfactory fatigue at 100 ppm in 2-15 minutes. It is a rapid-acting systemic poison that causes respiratory paralysis with consequent asphyxia at high concentrations (1 000-2 000 ppm). Inhalation of high concentrations may cause coma after a single breath and may be rapidly fatal. Prolonged exposure to 250 ppm H₂S may cause pulmonary oedema. Exposure to concentrations above 50 ppm for 1 hour may produce acute conjunctivitis with pain, lacrimation, and photophobia; in severe form, this may progress to keratoconjunctivitis and vesiculation of the corneal epithelium. Prolonged exposure to concentrations as low as 50 ppm H₂S may cause rhinitis, pharyngitis, bronchitis, and pneumonitis. In low concentrations, H₂S may cause headache, fatigue, irritability, insomnia, eye and respiratory irritation, and gastrointestinal disturbances; in somewhat higher concentrations, it affects the central nervous system, causing excitement and dizziness.

The Occupational Safety and Health Administration (OSHA) has established a one-time, 10-minute exposure limit of 50 ppm during a work shift. NIOSH recommends that the concentration for a 10-minute sample not exceed 10 ppm and also that the area be evacuated if the concentration of H₂S exceeds 50 ppm.

The recommendations resulting from the Nebraska investigation provided a basis for preventing recurrence of the problem. The nature of the sewage (i.e., high concentration of H₂S) entering the plant probably contributed to the death of this worker. The NIOSH investigators recommended the plant retain a consulting firm to evaluate adding an aeration system or chemicals along the sewage-transit line to prevent the growth of bacteria that cause the production of H₂S. The average flow time through more than 40 kilometers of sewer pipe to the plant is approximately 8 hours. At all times, but especially during periods of low flow and warmer water temperatures, the sewage becomes anaerobic, facilitating the production of H₂S by certain bacteria. The presence of H₂S had been a recurring problem at this plant. During the last stages of plant construction, a worker died in the main sewer that enters the plant; sewer gas was listed as the probable cause of death.

A second factor was the ventilation system in the mezzanine, bar screen, and wet-well areas. This system was designed to keep the entire area under positive pressure so the exhausted air could be filtered to avoid community odour problems. When the ventilation system failed during a power cut, an H₂S level of 200 ppm was measured at the doorway to the mezzanine area before the ventilation system was turned back on. Based on this figure, NIOSH investigators estimated the level of H₂S to be in the 1 000-2 000 ppm range in the area where the incident occurred. This is considerably above the value of 300 ppm that NIOSH considers immediately dangerous. As an experiment, NIOSH investigators and plant maintenance personnel reversed the fan in an effort to correct the airflow to the wet-well area; the H₂S concentration

zone près de laquelle s'est produit l'accident fatal. Des échantillons ponctuels ont également été recueillis dans cette zone. Pour ces derniers, les concentrations ont varié de 50 ppm à 200 ppm (maximum de l'échelle de l'instrument utilisé) quand l'un de ventilateurs d'aération du bâtiment est tombé en panne.

Au cours de la semaine du 17 octobre, 54 des 65 ouvriers de l'usine (83%) ont répondu à un questionnaire auto-administré. Quarante et un (76% des réponses) ont indiqué qu'au cours des 2 semaines précédentes, ils avaient ressenti au moins 3 des symptômes connus de l'exposition de sulfure d'hydrogène, les plus fréquents étant la toux (61%), l'irritation des yeux (57%) et l'irritation du nez (54%). Toutefois, on n'a pu établir aucune relation nette entre la fréquence des symptômes et le niveau estimé d'exposition.

Les circonstances exactes qui sont à l'origine de l'accident ne seront peut-être jamais connues. Les enquêteurs du NIOSH ont conclu que les facteurs ci-après avaient contribué au décès: i) la température estivale et la longueur du temps de transit des eaux usées jusqu'à leur arrivée dans l'usine (d'où une concentration élevée de H₂S dissous); ii) la conception inadaptée du système de ventilation; iii) des procédures de sécurité insuffisantes pour les ouvriers appelés à pénétrer dans des zones potentiellement dangereuses. Sur la base de ces facteurs, les enquêteurs ont formulé des recommandations visant à prévenir la répétition d'un tel accident.

NOTE DE LA RÉDACTION DU MMWR: A la température ambiante le sulfure d'hydrogène est un gaz incolore à l'odeur caractéristique d'œuf pourri. Bien qu'il ait un seuil de détection olfactive assez bas (0,13 ppm), il peut provoquer une fatigue de l'odorat à 100 ppm en 2 à 15 minutes. C'est un poison à action générale rapide qui provoque une paralysie respiratoire suivie d'asphyxie aux concentrations élevées (1 000-2 000 ppm). A ces concentrations, une seule inspiration risque de provoquer le coma et la mort peut survenir rapidement. Une exposition prolongée à 250 ppm peut se traduire par un œdème pulmonaire. Une exposition d'une heure à des concentrations supérieures à 50 ppm peut s'accompagner d'une conjonctivite aiguë et douloureuse, de larmoiement et de photophobie; dans les formes graves, on peut même observer une kératoconjunctivite et une vésiculation de l'épithélium de la cornée. Dès que la concentration atteint 50 ppm, une exposition prolongée peut être cause de rhinite, de pharyngite, de bronchite et de pneumopathie inflammatoire. A de faibles concentrations, le sulfure d'hydrogène peut provoquer céphalées, fatigue, irritabilité, insomnie, irritation oculaire et respiratoire et troubles gastro-intestinaux; à des concentrations un peu plus élevées, son action sur le système nerveux central se traduit par de l'agitation et des vertiges.

L'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) a établi une limite de 50 ppm pour une exposition unique de 10 minutes au cours d'une journée de travail. Le NIOSH recommande que la concentration d'un échantillon prélevé pendant une période de 10 minutes ne dépasse pas 10 ppm et que la zone soit évacuée si la concentration dépasse 50 ppm.

Les recommandations formulées à la suite de l'enquête rapportée ci-dessus peuvent servir de base pour empêcher la répétition d'un tel accident. La nature des eaux usées (c'est-à-dire leur concentration élevée en H₂S) à leur arrivée dans l'usine a probablement contribué à la mort de cet ouvrier. Les enquêteurs du NIOSH ont recommandé que l'usine fasse appel à une firme de consultants pour évaluer la possibilité d'installer un système d'aération ou d'ajouter des produits chimiques dans la conduite d'arrivée des eaux d'égouts afin d'empêcher la croissance des bactéries qui provoquent le dégagement de sulfure d'hydrogène. Les eaux usées mettent 8 heures en moyenne pour parcourir les quelque 40 km de canalisation qui les conduisent à l'usine. En toute saison, mais surtout lorsque la vitesse d'écoulement est faible et la température de l'eau élevée, le milieu devient anaérobie, ce qui facilite la production de H₂S par certaines bactéries. La présence d'H₂S avait déjà été la cause de problèmes répétés à cette usine. Vers la fin de la construction, un ouvrier était mort dans la conduite d'arrivée principale; la cause du décès avait été attribuée à la présence de gaz d'égouts.

Le deuxième facteur à l'origine de l'accident est le système de ventilation dans les secteurs de la mezzanine, de la grille à barres et du puisard. Ce système était conçu pour maintenir toute la zone sous pression positive, de façon à permettre la filtration de l'air vicié et à éviter les problèmes d'odeurs dans le voisinage. Lors d'un arrêt du système provoqué par une panne de courant, on a mesuré une concentration de 200 ppm de sulfure d'hydrogène à la porte d'entrée de la mezzanine avant que la ventilation puisse être rétablie. Les enquêteurs du NIOSH en ont déduit que la concentration devait être de l'ordre de 1 000-2 000 ppm dans la zone où l'accident s'est produit. Cette valeur est nettement supérieure à la limite de 300 ppm à partir de laquelle le NIOSH considère qu'il y a danger immédiat. A titre d'essai les enquêteurs et le personnel de maintenance de l'usine ont inversé le sens de fonctionnement du ventilateur pour tenter

dropped from 125 ppm to 7 ppm in 2 hours. The NIOSH investigators recommended that all ventilation systems throughout the plant be evaluated and deficiencies be corrected.

A third probable contribution to the death was the lack of specific procedures to ensure safe entry into areas containing potentially hazardous gases. The implementation of carefully written and enforced procedures can help prevent the same potentially hazardous conditions that existed for this fatality.

d'améliorer la circulation d'air vers la zone du puisard; la concentration de sulfure d'hydrogène est tombée de 125 ppm à 7 ppm en 2 heures. Les enquêteurs du NIOSH ont recommandé que tous les systèmes de ventilation de l'usine soient évalués et que les défauts observés soient corrigés.

Un troisième facteur qui a probablement contribué à la mort de l'ouvrier est l'absence de procédures spéciales en vue d'assurer la sécurité des travailleurs qui doivent pénétrer dans des zones où peuvent s'accumuler des gaz dangereux. La mise en œuvre de procédures soigneusement rédigées et scrupuleusement appliquées peut aider à éviter le retour des conditions potentiellement dangereuses qui sont à l'origine de cet accident.

(Based on/D'après: *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 35, No. 33, 1986; *US Centers for Disease Control*.)