

Avis de santé publique sur la levée du moratoire sur l'élevage porcin
dans la région de L'Assomption

Préparé par Suzanne Hamel-Fortin
Direction de la santé publique
RSSS de Lanaudière

Septembre 1995



PROBLÈMES DE SANTÉ ASSOCIÉS À L'ÉLEVAGE PORCIN

Risques pour les travailleurs

Les risques pour les travailleurs sont essentiellement causés par l'exposition à des concentrations élevées de contaminant biologique et chimique à l'intérieur des porcheries. Ainsi, Attwood et al. (1986) ont indiqué que les travailleurs de l'industrie porcine étaient plus souvent malades que les autres types de travailleurs agricoles. Crook et al. (1991) et Zuskin et al. (1992) ont démontré que l'exposition à l'air des porcheries était responsable d'un grand nombre de problèmes respiratoires aigus et chroniques : toux, serrement de la poitrine, asthme, irritation du nez et des yeux. Hoederik et al. (1991) soutiennent que ce sont les bactéries gram négatif que l'on retrouve en grande quantité dans l'air des porcheries ainsi que les endotoxines qu'elles sécrètent qui sont responsables des problèmes respiratoires des travailleurs. Parmi les maladies respiratoires typiques à cette industrie, mentionnons : l'asthme professionnel occasionné par une exposition à des substances sensibilisantes, entre autres les excréments de porcs; l'alvéolite allergique (poumon du fermier) attribuée à l'inhalation de moisissures et la bronchite industrielle occasionnée par la présence de gaz hautement irritants dans l'air des porcheries (Lavoie et al., 1989). On a aussi décrit des problèmes d'infection cutanées erysipeloïde et des infections entériques attribuées à *Yersinia enterocolitica*.

Risques pour la population

Les principaux risques pour la population qui vit autour des porcheries et dans les régions où l'on pratique l'élevage intensif du porc sont associés à la contamination chimique et microbiologique des eaux de surface et des eaux souterraines. Les principales pathologies découlant de la contamination de l'eau étant les gastro-entérites à *Salmonella sp.* ou à *Campylobacter sp.* pour les contaminations microbiologiques et la méthémoglobinémie pour les risques chimiques (Levallois et al., 1987). Cependant, on retrouve dans l'industrie porcine beaucoup d'autres microorganismes qui sont pathogènes pour l'homme.

a) Les risques associés aux micro-organismes

Plusieurs microorganismes transmissibles à l'homme sont présents dans les excréments des porcs. Ils peuvent contaminer l'homme via l'eau potable, ou par la contamination des eaux de surface et des eaux récréatives ou encore par la contamination accidentelle des aliments. Vous trouverez ci-joint un tableau où sont regroupés les principaux agents infectieux retrouvés chez le porc ainsi que la voie d'exposition humaine.

Agents infectieux	Maladies transmises	Microorganismes	Mode de transmission
Bactéries	<ul style="list-style-type: none"> . Infection à streptocoques (fièvre) . Nécrobacillose (dermatite) . Erysipéloïde (dermatite) . Entérite à vibrions (gastro-entérite) . Yersiniase (gastro-entérite) . Salmonellose (gastro-entérite) . Leptospirose (fièvre) . Charbon (fièvre) . Tuberculose . Brucellose (fièvre) . Entérite nécrosante (gastro-entérite) 	<ul style="list-style-type: none"> . <i>Streptococcus sp.</i> . <i>Fusohacterium necrophorum</i> . <i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i> . <i>Campylobacter sp.</i> . <i>Yersinia enterocolitica</i> . <i>Salmonella sp.</i> . <i>Leptospira pomona</i> . <i>Bacillus anthracis</i> . <i>Mycobacterium tuberculosis</i> . <i>Mycobacterium avium</i> . <i>Mycobacterium bovis</i> . <i>Brucella melitensis</i> . <i>Brucella suis</i> . <i>Clostridium perfringens</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ingestion peau et muqueuses peau et muqueuses ingestion ingestion ingestion peau et muqueuses ingestion et inhalation ingestion et inhalation ingestion et inhalation muqueuses muqueuses ingestion
Champignons	<ul style="list-style-type: none"> . Coccidioïdomycose (fièvre) 	<ul style="list-style-type: none"> . <i>Coccidioides immitis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> inhalation de poussières
Protozoaires	<ul style="list-style-type: none"> . Giardiose (gastro-entérite) . Toxoplasmose (fièvre) . Cryptosporidiose (gastro-entérite) 	<ul style="list-style-type: none"> . <i>Giardia lamblia</i> . <i>Toxoplasma gondii</i> . <i>Cryptosporidium sp.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ingestion ingestion ingestion
Parasites	<ul style="list-style-type: none"> . Ascariase (infection intestinale) . Téniasse (infection intestinale) . Trichinose (infection intestinale) 	<ul style="list-style-type: none"> . <i>Ascaris lumbricoides</i> . <i>Taenia solium</i> . <i>Trichinella spiralis</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ingestion ingestion ingestion
Virus	<ul style="list-style-type: none"> . Entérite virale (gastro-entérite) . Influenza 	<ul style="list-style-type: none"> . <i>Rotavirus sp.</i> . <i>Coronavirus sp.</i> . <i>Virus de l'influenza</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ingestion ingestion ingestion et inhalation

* D'après A.P.H.A. (1985), Chuis et Couture (1987) et Acha et Szyfres (1989).

b) Les risques chimiques

La fraction azotée du lisier de porc est le contaminant chimique qui représente le risque le plus direct pour la santé humaine. Cette fraction azotée se transforme en nitrate lors de l'épandage du lisier. Or, la contamination des puits est un phénomène de plus en plus observé tant dans la région qu'ailleurs au Québec et dans le monde. Les nitrates (NO₃) peuvent provenir de plusieurs sources. Cependant, la cause la plus fréquente est l'utilisation d'engrais en agriculture. Dans l'environnement, la forme nitrate est très stable et elle représente une forme de contamination redoutable parce qu'elle est progressive et que ses effets sont durables (Chuis et Couture, 1987).

Au niveau santé, les risques reliés à l'ingestion de nitrates/nitrites sont les risques de méthémoglobinémie et certaines formes de cancer. Les mécanismes d'absorption des nitrates et la mise en place du phénomène de méthémoglobinémie sont très bien compris. Les nitrates

sont principalement absorbés par le petit intestin et sont rapidement excrétés par l'urine et la salive. Sous l'action bactérienne, une partie des nitrates est transformée en nitrites dans la bouche et l'estomac. Cette transformation est particulièrement importante chez les nourrissons à cause de leur faible acidité gastrique.

En fait ce sont les nitrites transformés à partir des nitrates par l'organisme qui sont la cause de pathologies. L'oxydation du fer de l'hémoglobine par les nitrites entraîne la formation d'un composé appelé méthémoglobine, ce dernier est incapable de fixer l'oxygène. S'ensuit des problèmes respiratoires divers dépendant du pourcentage de méthémoglobine formé : cyanose, céphalées, coma. Certains cas de mortalité infantile ont même été identifiés (Johnson, 1987). Les nourrissons de moins de trois mois sont très vulnérables à la méthémoglobinémie. La norme actuelle du Règlement provincial sur l'eau potable (Q-2, r.4.1) fixe à 10 mg/L pour la somme des nitrates et des nitrites, dosés sous forme d'azote (N).

Les nitrates et les nitrites peuvent réagir avec des groupements aminés pour former des composés cancérigènes (N-nitroso). Le phénomène a été maintes fois vérifié par des expériences chez les animaux (Chow et al., 1980). Les cancers les plus souvent observés dans ces expériences sont ceux de l'oesophage et de l'estomac. En Australie, Dorsch et al. (1984) ont émis l'hypothèse que la consommation d'eau riche en nitrates par les femmes durant leur grossesse était associée avec une augmentation du risque de malformations. Le transfert transplacentaire des nitrosamines est plausible car il a été observé chez l'animal. Plusieurs études épidémiologiques ont tenté avec plus ou moins de succès d'établir une relation entre les taux de cancer de l'estomac et les nitrates de l'eau potable. L'échec de ces études épidémiologiques s'expliquerait par le fait que plusieurs facteurs individuels (diète, acidité gastrique, etc.) seraient aussi importants que l'apport initial en nitrates. Chez l'humain, le risque tératogène associé à la consommation de nitrates via l'eau potable a été peu évalué mais il y a lieu d'être prudent car le potentiel tératogène chez l'animal des composés N-nitroso est bien démontré.

L'apport en matière organique dans les cours d'eau résultant des pratiques d'épandage et de disposition des lisiers aura pour effet d'augmenter le contenu en carbone organique des lacs et rivières. Cette dégradation aura pour conséquence de rendre le traitement de l'eau brute plus difficile. Il a été prouvé que le processus de chloration d'une eau riche en carbone organique entraîne la formation de composés toxiques appelés trihalométhanes (THM). Bien que la pratique de chlorer l'eau potable soit en vigueur depuis le début du siècle, ce n'est qu'en 1975 qu'on a acquis la certitude que les sous-produits de la chloration étaient des contaminants majeurs de l'eau potable. Les quatre trihalométhanes les plus fréquemment retrouvés dans l'eau potable sont le chloroforme (CHCl_3), le bromidichlorométhane (CHBrCl_2), le bromochlorométhane (CHBr_2Cl) et le bromoforme (CHBr_3) (Badawy, 1992). La concentration en chloroforme s'avère le meilleur indicateur de ces sous-produits (THM) car le chloroforme représente toujours plus de 90% de l'ensemble des trihalométhanes retrouvés. Actuellement, la ligne directrice canadienne est de 100 $\mu\text{g/L}$ en THM. Plusieurs types de cancer ont été associés à ces sous-produits présents dans l'eau potable. Morris et al. (1992) indiquent que les

cancers de la vessie et du rectum sont associés avec l'exposition à ces sous-produits. La vessie et le rectum exercent une fonction physiologique similaire qui est de stocker des produits concentrés avant leur excrétion.

c) Les nuisances

Les principales plaintes de la population vis-à-vis la production porcine concernent les odeurs nauséabondes. Les opérations d'épandage sont de loin celles qui génèrent le plus de plaintes. Au niveau de l'entreposage, c'est l'activité des bactéries anaérobies qui engendre les mauvaises odeurs. Ces mauvaises odeurs sont composées des produits volatils suivants : phénol, p-crésol, acides carboxyliques C₂ à C₅ (acétique, propionique, isobutyrique, butyrique, ésovalérique, valérique). Des expériences ont démontré que l'aération en lisier dans la fosse permet à la flore aérobie de se développer et de détruire ces substances odorantes (Bourque et al., 1987). Des expériences menées au Nouveau-Brunswick (Daigle, 1989) ont conclu qu'il suffisait d'épandre 30 cm. de tourbe à la surface de la fosse à purin pour éliminer presque complètement la nuisance causée par les odeurs. Les problèmes d'odeurs peuvent déclencher des nausées, des vomissements, de l'insomnie, des maux d'estomac et même la dépression (Summer, 1971). Il nous a été permis de constater que certains résidents situés sous les vents dominants par rapport à la localisation de fosses à purin subissaient une nuisance à cause des odeurs; par exemple, le fait de ne pouvoir ouvrir les portes et fenêtres en été crée des conditions thermiques désagréables dans les maisons. La venue d'une porcherie dans le voisinage crée toujours une certaine appréhension chez les résidents particulièrement lorsqu'il s'agit d'un nouvel établissement.

SITUATION ENVIRONNEMENTALE DANS LANAUDIÈRE

a) Production et gestion des fumiers et lisiers dans le bassin de la rivière L'Assomption

Selon une étude réalisée par Lalonde et al. (1990) pour le ministère de l'Environnement du Québec, plusieurs producteurs agricoles de la région de L'Assomption ont des surplus de lisiers et fumiers. Dans 4 MRC sur 6, les superficies disponibles pour l'épandage sont supérieures à celles nécessaires pour gérer les surplus actuels de lisiers et fumiers. Cependant dans 2 MRC (Matawinie et La Rivière du Nord), les superficies nécessaires pour gérer les surplus actuels sont plus grandes que les superficies disponibles dans la MRC. Dans ces conditions, il existe un risque réel que les producteurs épandent plus de lisier et fumier que ce que les sols et cultures sont capable d'assimiler de façon sécuritaire et ceci pourrait contribuer à accroître la pollution microbiologique et chimique dans les cours d'eau et dans les nappes phréatiques de la région. Advenant la levée du moratoire existant, il devrait y avoir une limite de développement qui empêche l'accroissement de la production animale globale, incluant toutes les formes de production animale de la MRC (bovins, aviaire, laitière, chèvres, etc.) au-delà de la capacité de gestion de ces lisiers et fumiers sur le territoire de la MRC, en tenant compte des caractéristiques des sols et de la vulnérabilité des nappes phréatiques. Les conditions pour la

levée du moratoire devront aussi tenir compte de l'actuel surplus dans les MRC de la Matawinie et La Rivière du Nord et limiter d'autant la production dans les autres régions du bassin de la rivière L'Assomption.

b) Vulnérabilité de la nappe phréatique régionale

Il existe dans la région plusieurs secteurs où les sols sont sablonneux et pauvres en matières organiques susceptibles de retenir les pesticides et les engrais, qu'ils soient d'origine chimique ou organique (fumiers et lisiers). On retrouve surtout ces sols dans les MRC D'Autray, Joliette et L'Assomption, MRC qui pourraient voir accroître leur production porcine avec la levée du moratoire puisqu'elles ont encore des surfaces disponibles à l'épandage.

En zone rurale, un autre facteur qui contribue à augmenter le risque d'exposition à de l'eau potable contaminée est l'utilisation très répandue de la nappe phréatique superficielle, particulièrement dans les municipalités où la nappe profonde est très chargée en minéraux, (eaux dures). Cette situation est courante dans plusieurs municipalités du bassin versant de la rivière L'Assomption où une partie plus ou moins importante de la population s'approvisionne en eau potable dans les nappes souterraines. Il est à noter qu'une proportion importante de la population s'approvisionne en eau potable dans les nappes phréatiques dans les MRC Montcalm (100%), Matawinie (80%), D'Autray (60%) et Joliette (32,5%). De plus, il existe actuellement dans toutes les MRC du bassin versant de la rivière L'Assomption qui dépendent de la Direction de santé publique de Lanaudière, des problèmes de contamination des eaux souterraines par les nitrates et par les pesticides utilisés en agriculture.

c) Contamination des eaux de surface

La rivière L'Assomption est une des rivières les plus polluées du Québec. Cette contamination provient en partie du rejet des eaux usées municipales et domestiques non traitées et aussi en bonne partie de l'agriculture. La contribution du secteur agricole est particulièrement importante dans le bassin de la rivière L'Achigan et St-Esprit. Au cours des dix dernières années, grâce aux efforts de producteurs agricoles et probablement aussi grâce au moratoire existant sur l'élevage porcin, on a assisté à une amélioration de la qualité de l'eau des rivières L'Achigan et Saint-Esprit. Or, la municipalité de L'Épiphanie puise son eau dans la rivière L'Achigan. Au début des années 1980, cette municipalité a eu des problèmes d'eau potable occasionnés par un déversement de lisiers de porc qui l'a obligée à modifier son système de traitement de l'eau potable et à creuser un puits d'appoint au cas où il y aurait de nouveau des problèmes de contamination sévères de l'eau brute. Dans les années 1990, il y a eu plusieurs épisodes de contamination de l'eau du réseau d'aqueduc de la municipalité de L'Épiphanie par des kystes de *Giardia Lambia* et le porc est porteur de *Giardia Lambia*. Cette situation a entraîné plusieurs périodes d'avis d'ébullition. Heureusement, malgré une surveillance active de la population, aucune épidémie d'entérite liée à l'eau n'a pu être mise en évidence dans la population desservie

par le réseau d'aqueduc. Cependant, en cas de défaillance du système de traitement, un risque d'épidémie de giardiose existe et pourrait être accru par un accroissement de la production porcine dans le bassin versant de la rivière L'Achigan. Un accroissement de la pollution de la rivière L'Achigan par la levée du moratoire sur l'élevage porcin, s'il s'accompagne d'un accroissement de la contamination de la rivière, pourrait nécessiter la mise en place de système de traitement plus sophistiqué et accroître les coûts de traitement annuel de l'eau.

La rivière L'Assomption est la principale source d'eau potable pour une grande proportion de la population de Lanaudière. La contamination importante de l'eau brute a déjà obligé l'installation de technologie de pointe dans le domaine du traitement de l'eau à l'usine de Repentigny. Cependant les traitements, quoique complets, sont moins sophistiqués à l'usine de L'Assomption et à celle de Joliette et un accroissement de la pollution d'origine agricole pourrait nécessiter la mise en place de système de traitement de l'eau plus sophistiqué et plus coûteux.

d) Coûts de décontamination de l'eau

Comme on l'a vu plus tôt, la nappe phréatique superficielle qui sert de source d'approvisionnement en eau potable à une bonne partie de la population de la région est particulièrement vulnérable à la contamination par les activités agricoles. Cette contamination entraîne souvent la présence de bactéries et un accroissement de l'azote ammoniacal et de ses dérivés dans l'eau. Or, pour un enlèvement efficace des nitrates dans les puits privés, l'osmose inverse s'avère le meilleur procédé (MEF, 1995). L'osmose inverse peut enlever jusqu'à 95% des nitrates et peut aussi éliminer les microbes. L'unité de traitement est installée sous l'évier pour alimenter le robinet de cuisine qui devient la seule source d'eau respectant les normes pour l'eau potable. L'addition d'un tel traitement représente un coût d'installation d'environ 895 \$ et un coût annuel d'opération d'environ 100 \$ par année.

Plusieurs réseaux municipaux sont alimentés par des puits de surface. Or, comme on l'a vu plus tôt, les nappes phréatiques superficielles de la région sont particulièrement vulnérables à la contamination par les activités agricoles. En cas de contamination par les nitrates, la mise en place d'un système de traitement de l'eau pour éliminer les nitrates représente un coût additionnel de 0,25\$/m³ d'eau finie, soit 73 700 \$/année pour une usine d'une capacité nominale de 817 m³/j. L'autre alternative à la mise en place d'un tel système étant la construction d'une usine de filtration sur un cours d'eau si un tel cours d'eau est disponible.

CONCLUSION

Le moratoire sur l'élevage porcin à la région L'Assomption a contribué à améliorer la qualité de l'eau de plusieurs tributaires de la rivière L'Assomption. Le levée de ce moratoire pourrait entraîner des problèmes de recrudescence de la contamination des eaux de surface et des problèmes accrus de contamination des nappes phréatiques si le développement de l'industrie

porcine se fait sans un contrôle serré. D'ailleurs, un projet de règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole est actuellement en voie d'élaboration. Ce règlement prévoit la mise en place de mesures de contrôle qui permettront une meilleure gestion des lisiers et fumiers produits dans une région. Il serait sage que la levée du moratoire soit assujettie à la mise en force de ce règlement. Une partie importante de la population régionale dépend des eaux souterraines superficielles pour son alimentation en eau potable. Or, les nappes phréatiques superficielles de la région sont particulièrement vulnérables comme en font foi les nombreux cas de contamination de puits privés de la région par des pesticides et des nitrates. La contamination par les nitrates ayant tendance à s'accroître dans le temps, des mesures particulièrement sévères devront être prises pour s'assurer que les épandages ne dépasseront pas la capacité d'assimilation des cultures, évitant ainsi que les nitrates soient entraînés dans la nappe phréatique par les pluies. Ces mesures devront assurer une eau potable de qualité à toutes les personnes qui vivent en milieu rural.

Il existe déjà dans certaines MRC du bassin de la rivière L'Assomption une production animale qui dépasse les capacités de gestion des lisiers et fumiers. Cette surproduction implique qu'une partie du surplus généré doit être traitée hors du territoire de la MRC. Une telle surproduction pourrait représenter un problème si chaque MRC voit sa production s'accroître de façon importante et les agriculteurs pourraient être tentés d'épandre des quantités de lisiers plus importantes que ce que les cultures peuvent vraiment absorber sans rejet dans l'environnement. Dans ces conditions, la pollution de la rivière L'Assomption et de ses tributaires pourrait nécessiter une mise à jour coûteuse des usines de filtration qui desservent les municipalités qui s'approvisionnent en eau potable dans ces cours d'eau.

Enfin, les odeurs générées par l'industrie porcine sont la principale source de plainte quand on parle d'implantation de porcherie dans une région. Certaines portions du territoire, particulièrement les MRC L'Assomption et Des Moulins, jouissent actuellement d'une explosion démographique importante. Plusieurs municipalités ont accru de façon importante leur développement résidentiel au cours des dernières années. La levée du moratoire devrait faire en sorte que la qualité de vie des résidents de ces banlieues soit conservée. Comme l'épandage des lisiers est une des activités qui génèrent le plus d'odeurs, les activités d'épandage devraient être interdites aux abords des zones résidentielles, ce qui limite d'autant les surfaces disponibles pour la gestion sécuritaire des lisiers et fumiers et devrait aussi limiter la possibilité d'accroissement de l'industrie porcine dans la région.

BIBLIOGRAPHIE

- ATTWOOD, P., VERSLOOT, P., HEEDERIK, D., DE WITT, R. ET J.S.M. BOLEIJ (1986). Assessment of dust and endotoxin levels in the working environment of dutch pig farmers : a preliminary study. Annual Occupational Hygiene, 30(2) : 201-208.
- BOURQUE, D., BISAILLON, G.-G., BEAUDET, R., SYLVESTRE, M., ISHAQUE, M. et A. MORIN (1987). Microbiological degradation of malodorous substances of swine waste under aerobic conditions. Appl. Env. Microbiol. 53(1) : 137-141.
- CHOW, C.K., C.J. CHEN et C. GAIROLA (1980). Effect of nitrates and nitrites in drinking water on rat. Toxicology letters, 6(3) : 199-206.
- CLUIS, D. ET P. COUTURE (1987). Problématique environnementale des rejets d'élevages porcins intensifs. Sci. Tech. Eau, 20(4) : 311-316.
- CROOK, B., ROBERTSON, J.F., TRAVERS GLASS, S.A., BOTHEROYD, E.M., LACEY, J. ET M.D. TOPPING (1991). Albome dust, ammonia, microorganisms, and antigens in pig confinement houses and the respiratory health of exposed farm workers, 1991. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 52(7) : 271-279.
- DAIGLE, J.Y., ARSENEAU, A., ROBICHAUD, A. (1987). Sphagnum peat : a tool for liquid hog manure management. Symposium 87 Wetlands/Peatlands : 173-176.
- DORSCH, M.M., R.K.R. SCRAGG, A.J. McMICHAEL, P.A. BAGHURST et K.F. DYER (1984). Congenital malformations and maternal drinking water supply in rural south Australia. Journal of Epidemiology, 19(4) : 483-486.
- HEEDERIK, D., BROUWER, R., BIERSTEKER, K. et S.M. BOLEIJ (1991). Relationship of airborne endotoxin and bacteria levels in pig farms with the lung function and respiratory symptoms of farmers. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 62 : 595-601.
- JOHNSON, C.J. (1987). Fatal outcome of methemoglobinemia. JAMA, 257 : 2796-2797.
- LAFERRIÈRE, M., MINVILLE, J.J., LAVOIE, J. et PAIEMENT, P. (1995). L'industrie porcine : les risques reliés à la santé humaine, Centre hospitalier régional du Grand-Portage, mai 1995, 13 p.
- LALONDE et al. (1990). Analyse de la situation des surplus de lisier : région L'Assomption : Rapport final. Ministère de l'Environnement du Québec, août 1990.

LAVOIE, J., MARCHAND, G., BEAUDET, Y., ROBERGE, B., FOURNIER, H., CAOUILLE, P., DROLET, J.-Y., GINGRAS, G. et C. JOBIN (1994). Mesure des contaminants chimiques et biologiques dans l'air d'une porcherie utilisant la technique de litière biomaitrisée. IRSST, Montréal, 23 p.

LEVALLOIS, P., LAVOIE, M. et S. THEBERGE (1987). Étude de l'impact du lisier de porc sur la qualité de l'eau dans le bassin de la rivière Beauvillage en regard de la santé humaine. DSC du CHUL, Québec, 52 p.

SUMMER, W. (1971). Odour pollution of air. Causes and control. CRC Press, Boca Raton, Florida.

ZUSKIN, E., ZAGAR, Z., SCHACHTER, E.N. MUSTAJBEGOVIC, J. ET J. KERN, (1992). Respiratory symptoms and ventilatory capacity in swine confinement workers. British Journal of Industrial Medicine, 49 : 435-440.