



Fumigation expérimentale de locaux par une équipe utilisant le traitement combiné chaleur-phosphine-CO₂

**Le Canada, chef de file dans le
développement de solutions de
rechange pour le bromure de méthyle**





Fumigation expérimentale de locaux par une équipe utilisant le traitement combiné chaleur-phosphine-CO₂

Le Canada, chef de file dans le développement de solutions de rechange pour le bromure de méthyle

Préparé pour le :
Bureau de l'environnement
Agriculture et Agroalimentaire Canada

par :

Rapport général - **Michelle Marcotte**, Marcotte Consulting Inc, Ottawa
Rapport sur les bio-essais - **Colin Demianyk**, Centre de recherche sur les céréales, AAC, Winnipeg (Manitoba)
Mesure de la phosphine - **John Mueller**, Fumigation Supply and Services Inc. Indianapolis, Indiana
Rapport sur la comparaison des coûts et notes de l'applicateur - **Bernie McCarthy**, PCO Services Inc.,
Toronto (Ontario)

En collaboration avec :
des représentants des secteurs de la fumigation de locaux et de la transformation alimentaire,
le Groupe de travail industrie-gouvernement sur le bromure de méthyle,
Environnement Canada

Photographies : Michelle Marcotte et Linda Dunn

Haut : Équipement de meunerie de Quaker Oats, laissé ouvert pour la fumigation

Bas : Vue de face du moulin d'avoine de la Compagnie Quaker Oats du Canada Ltée

Rédacteur : Linda Dunn

Conception
graphique
et mise en page : Colin Clarke

Table des matières

Avant-propos	5
Remerciements	6
Résumé	8
Contexte	9
Site expérimental et bâtiments	11
Délivrance de licences et questions de réglementation	12
Conditions météorologiques	13
Préparation du bâtiment	14
Assainissement	14
Étanchéisation	15
Gestion de la corrosion	16
Mise en place des parasites expérimentaux	17
Fumigation expérimentale	18
Libération des agents de traitement	18
Mesures et surveillance	19
Élimination du fumigant	20
Ouverture de l'immeuble	21
Quelques leçons tirées de l'expérience	22
Rapports spécialisés de résultats	
Efficacité de la fumigation, par traitement combiné chaleur/dioxyde de carbone/phosphine, d'une usine de flocons d'avoine	23
<i>Colin J. Demianyk, Centre de recherche sur les céréales</i>	
Mesures et surveillance	25
<i>Alain Van Ryckeghem, Sir Sandford Fleming College</i>	
Fumigation : sommaire	27
<i>David Mueller, Fumigation Service & Supply Inc.</i>	
Coûts comparatifs avec le bromure de méthyle	32
<i>Bernie McCarthy, PCO Services Inc.</i>	
Collaborateurs et contributions (liste de personnes-ressources)	38

Avant-propos

Le Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (1987) est une entente à l'échelle mondiale visant à protéger la couche d'ozone en réduisant la production et la consommation de ces substances.

En 1992, les Parties se sont entendues pour ajouter l'élimination graduelle du bromure de méthyle, un fumigant utilisé principalement dans le secteur agroalimentaire; elles ont alors décidé de geler, à partir de 1995, la production et la consommation de ce composé (excepté pour les applications aux fins de quarantaine et de pré-expédition) au niveau de 1991. En novembre 1995, les parties se sont entendues sur une réduction de 25 % d'ici 2001, 50 % d'ici 2005 et l'élimination progressive d'ici 2010 dans les pays développés. Le gel a également été accepté par les pays en voie de développement. Le Canada, tout comme les États-Unis et six pays nordiques, s'est déclaré en faveur de l'élimination progressive d'ici 2001. De plus, le Canada s'est engagé à atteindre dès 1998 une réduction de 25 % par rapport au niveau de 1991. Les Parties étudieront également un moyen pour tolérer les exemptions dans le cas des utilisations essentielles, pour lesquelles il n'existe pas de solution de rechange applicable techniquement et économiquement.

Au Canada, une grande quantité du bromure de méthyle est utilisée pour la fumigation de locaux (dans les installations comme les moulins de blé et d'avoine, les entrepôts et les usines de transformation alimentaire). Au début de 1996, l'industrie et le gouvernement ont travaillé ensemble dans le cadre d'un projet visant à trouver des solutions innovatrices à un problème commun, c'est-à-dire trouver des solutions de rechange à l'emploi du bromure de méthyle pour la fumigation des locaux.

Le projet se situait à l'installation de Quaker Oats à Peterborough, où on a expérimenté un traitement combiné chaleur-phosphine-CO₂ dans des conditions canadiennes, comme le décrit le présent document. Les résultats sont extrêmement importants car ils permettront de déterminer l'efficacité et le rendement de ce traitement combiné au Canada.

Au nom d'Agriculture et d'Agroalimentaire Canada, je tiens à remercier pour leurs efforts et leur contribution tous ceux qui ont collaboré à ce projet de démonstration conjoint.



David Oulton
Sous-ministre adjoint, Politiques
Agriculture et Agroalimentaire Canada

Remerciements

Dès le moment où l'on s'est rendu compte la première fois qu'il fallait trouver des solutions de rechange pour le bromure de méthyle, les intervenants du secteur agroalimentaire, Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) et Environnement Canada ont créé un groupe de travail conjoint pour coordonner et diffuser l'information, évaluer les solutions de rechange et planifier la recherche. Ce groupe comprenait les personnes et organismes suivants : entrepreneurs de déparasitage et leurs associations, entreprises de transformation alimentaire et leurs organisations, producteurs agricoles et leurs associations, promoteurs de produits et de technologies de remplacement, groupes de défense de l'environnement, compagnies chimiques et divers représentant fédéraux et provinciaux. Ce sont les membres de ce groupe qui ont proposé le projet expérimental de fumigation. Le projet était envisagé comme une expérience technique rigoureuse, mais à l'échelle commerciale. De plus, l'évaluation scientifique était beaucoup plus vaste et complexe que dans les expériences habituelles en laboratoire.

La coordination du projet par Linda Dunn, du Bureau de l'environnement d'AAC, a permis d'obtenir la collaboration d'un groupe très diversifié de compagnies et d'organisations travaillant en collaboration, mais parfois aussi compétitives. La collaboration de Colin Demianyk du Centre de recherches sur les céréales d'AAC, le centre canadien par excellence pour la recherche sur les céréales à Winnipeg a permis d'évaluer pleinement l'efficacité du traitement. Alain Van Ryckeghem et d'autres collègues de l'*Environmental Pest Management Technician Program* du Sir Sandford Fleming College, ont aidé à réunir et à analyser les paramètres de fumigation. Pierre Beauchamp et ses collègues de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire ont autorisé l'utilisation du phosphore de magnésium dans le cadre du projet. Geoff Cutten du ministère de l'Environnement et de l'Énergie de l'Ontario a prodigué des conseils et une aide de premier plan pour que les procédures appropriées de surveillance de l'air ambiant et d'élimination des produits non usés soient appliquées et suivies de près.

Plusieurs compagnies ont fourni des produits, de l'équipement et (ou) de l'expertise d'une valeur de plusieurs centaines de milliers de dollars. Les frais de déplacement des participants de l'industrie et toutes les dépenses étaient couverts par les personnes elles-mêmes ou les compagnies. Ce projet a été presque entièrement financé par l'industrie; les dépenses en liquidités par le gouvernement étaient minimales.

Livingston Clarke a, au nom de Quaker Oats, pris toutes les dispositions pour mettre l'installation à la disposition du groupe, ce qui a nécessité l'arrêt des opérations, la fourniture d'énergie électrique et thermique, ainsi que le personnel requis, lequel était disponible sur place ou se tenait prêt sur appel. Dans ce projet, Livingston représentait également le Grocery Products Manufacturing Council. La partie de l'installation qui a été fumigée ne nécessitait pas de traitement à l'époque du projet. Les directeurs de l'exploitation et les employés à l'intérieur de l'installation étaient coopératifs et enthousiastes à l'égard du projet. L'engagement de Quaker Oats en faveur de celui-ci a été exceptionnel.

Bernie McCarthy de PCO Services Inc. était l'entrepreneur chargé de la fumigation; il a fait en sorte que le personnel approprié soit disponible, que l'équipement soit en place et fonctionne, et il a pris toutes les décisions finales requises au cours de cette fin de semaine. Gary Muldoon, vice-président de PCO Services, a contracté une assurance responsabilité civile et coordonné la présence de treize employés volontaires pour ce projet. Le travail de PCO Services a été grandement apprécié par tous les participants.

Talaat Girgis, de Liquid Carbonic Inc. (maintenant Praxair Canada Inc. - appelé Praxair dans le présent rapport), a fourni du personnel, de l'équipement et le produit de façon à assurer un approvisionnement permanent en CO₂, à la concentration requise; il est demeuré disponible

pendant toute la fin de semaine. Le personnel spécialisé de Praxair a impressionné tous les participants par la qualité de son équipement et de ses services.

George Luzaich de Degesch America Inc. s'est occupé de l'approvisionnement en phosphore de magnésium fourni par Karen Furgiuele de Garden Chemicals, et a été disponible tout au long du projet pour donner de l'information et des éclaircissements précieux, et pour offrir ses services de façon à ce que le produit soit bien compris et manipulé sans danger.

Dean Stanbridge de Professional Pest Consultants Inc. a prodigué des conseils précieux tout au long des diverses étapes de planification et de coordination du projet. Il a fourni du personnel et de l'équipement et s'est organisé avec le service des incendies de Peterborough pour la recharge en air des appareils respiratoires autonomes (ARA).

Brett MacKillop d'Abell Pest Control Inc. a réussi à avoir du personnel volontaire, a aidé à la fumigation tout au long de la fin de semaine et a participé à l'élimination du produit non utilisé. David Sanderson de Reliable Exterminators Inc. a aidé à la préparation du projet et à la fumigation et il représentait l'Association canadienne de la lutte contre les parasites; Denis Bureau d'Adalia Services Préventifs Ltée de Montréal a fourni du personnel pour aider pendant la fin de semaine.

David et John Mueller de Fumigation Service & Supply Inc. ont prodigué de précieux conseils tout au long des étapes de planification, participé à la réunion préparatoire et fourni de l'équipement et du personnel pendant tout le projet. Leur expertise et connaissances ont été grandement appréciées par tous les participants; leur rapport sur la fumigation est inclus dans le présent rapport.

Michelle Marcotte de Marcotte Consulting Inc. et membre du Comité des choix techniques pour le bromure de méthyle du Programme des Nations Unies pour l'environnement a participé très activement au projet.

Le projet a également bénéficié de la collaboration d'un certain nombre d'observateurs. Nombre d'entre eux ont participé à la planification détaillée du projet et étaient présents lors de la fumigation. Parmi les participants, il y avait : Dana Silk des Amis de la terre Canada, qui a eu la première l'idée du projet; John O'Brien, représentant la Canadian National Millers Association (Association nationale canadienne des meuniers); Fred Jamieson, représentant la Division de la protection de la santé, de Santé Canada; Bernard Madé d'Environnement Canada, qui a prodigué aide et conseils pour le projet; Chris Van Natto, représentant la Commission canadienne des grains; Hilary Girt de la Direction générale des communications, qui a coordonné toutes les activités de communication; Robert Trottier, de la Direction générale de la recherche, qui a prodigué aide et conseils.

En tout, plus de quarante personnes ont participé au projet, la contribution combinée représentant plus de 300 000 \$.

L'annexe A présente une liste des personnes qui ont collaboré au projet.

Fumigation expérimentale de locaux par une équipe utilisant le traitement combiné chaleur-phosphine-CO₂

Résumé

Suite aux restrictions imposées sur l'emploi du bromure de méthyle et à la perte d'autres moyens chimiques pour combattre l'infestation par les insectes, de nouvelles démarches sont requises pour permettre à l'industrie alimentaire canadienne de produire des céréales et des produits céréaliers exempts d'organismes nuisibles.

La collaboration entre Agriculture et Agroalimentaire Canada, Environnement Canada, le ministère de l'Environnement et de l'Énergie de l'Ontario, l'industrie des pesticides et l'industrie canadienne de transformation alimentaire a permis l'expérimentation à l'échelle commerciale d'une solution de rechange au bromure de méthyle pour combattre les infestations d'insectes. Pendant la fin de semaine du 12 avril 1996, on a procédé à une fumigation par un traitement combiné chaleur/dioxyde de carbone/phosphine dans les installations de mouture et de transformation de céréales de la Compagnie Quaker Oats du Canada Ltée, à Peterborough (Ontario). Après avoir fermé hermétiquement les portes et les fenêtres du bâtiment de neuf étages, on a augmenté la température moyenne de l'immeuble à 37 °C. Du dioxyde de carbone a été gazéifié et injecté à l'intérieur du bâtiment de façon à obtenir une concentration de 4,3 %; enfin, on a réparti du phosphore de magnésium Fumi-Strips^{MC} sur plusieurs étages de façon à obtenir une teneur de 29,3 ppm de phosphine. Ces valeurs représentaient les moyennes pour un traitement de 4-36 heures.



Vue arrière du moulin d'avoine de la Compagnie Quaker Oats du Canada Ltée, montrant le bâtiment qui a été fumigé et la remorque de Praxair stationnée sur place.

On a déterminé l'efficacité du traitement en plaçant 10 flacons contenant 10 triboliums bruns de la farine, adultes et vivants, et 10 flacons de 10 oeufs, sur chacun des neuf étages pendant toute la durée de la fumigation, conjointement à d'autres méthodes d'essai. Dix flacons contenant chacun des adultes et des oeufs, ont été gardés comme témoins à l'extérieur des locaux traités. L'examen des adultes dans les 2 jours suivant la fin de la fumigation a révélé 0 % de survie à la fumigation chez 900 insectes, alors qu'il y avait 99 % de survie chez 100 témoins non exposés. Les flacons avec des oeufs ont été incubés pendant 1 mois dans des conditions optimales de développement pour permettre l'éclosion et le développement des larves. Seulement 1,7 % des 900 oeufs exposés ont donné des larves après 1 mois d'incubation, comparativement à 51 % des oeufs témoins.

Dans les conditions classiques de fumigation au bromure de méthyle, un taux d'extermination de 95 % est considéré comme très satisfaisant. Le traitement combiné de fumigation employé dans la présente expérience a dépassé ce taux, et ce en dépit de certaines conditions défavorables comme la faible humidité ambiante et la présence de plusieurs fuites.

Le coût additionnel de ce traitement par rapport à une fumigation comparable au bromure de méthyle, a été estimé à 7000 \$, montant qui ne pas compte de l'investissement pour les générateurs de chaleur, lorsqu'ils sont requis, ni du coût de l'énergie pour utiliser ces générateurs. L'utilisation du bromure de méthyle dans le bâtiment de l'expérience aurait coûté environ 15 000 \$, et le traitement combiné à peu près 22 000 \$. Cette différence de coût devrait diminuer à mesure que la taille du bâtiment augmente, et il faut noter que le prix du bromure de méthyle a augmenté de 30 % l'année dernière. Les résultats de cette expérience semblent indiquer que les fumigations futures pourraient être effectuées à un coût moindre.

Le potentiel de cette nouvelle technique pour remplacer le bromure de méthyle aux fins de fumigation de bâtiments semble très prometteur.

Contexte

Le bromure de méthyle, un fumigant à large spectre, utilisé dans l'industrie agroalimentaire canadienne pour combattre les ravageurs et les maladies dans le sol, les installations et les marchandises, a été inscrit sur la liste des substances appauvrissant la couche d'ozone dans le cadre du Protocole de Montréal. L'appauvrissement de la couche d'ozone est l'une des préoccupations environnementales les plus sérieuses chez le public canadien; la recherche au Canada montre que cet appauvrissement entraîne l'accroissement du rayonnement UV nocif auquel nous sommes tous exposés. Il a été démontré que l'accroissement de l'intensité du rayonnement UV constituait une menace pour les stocks de poissons de pêche au Canada, et il est également considéré comme un risque pour la production agricole. Le gouvernement canadien s'est donc engagé à éliminer complètement l'utilisation du bromure de méthyle d'ici 2001, excepté pour les exemptions prévues dans le cadre du Protocole de Montréal. Ces exemptions visent les utilisations très limitées à des fins de quarantaine et de pré-expédition (en fait, la majeure partie de ces utilisations sert au nettoyage de cales de bateaux malpropres), et certains types de procédés pour lesquels il n'existe pas de solutions de rechange techniquement et économiquement applicables. Le processus sera raffiné dans le cadre de discussions aux réunions du Protocole de Montréal.

Au Canada, une fraction importante du bromure de méthyle est employée pour combattre les infestations par les ravageurs dans les grandes installations comme les bâtiments d'usines de transformation alimentaire. Parmi les utilisateurs de bromure de méthyle figure un vaste segment de transformateurs primaires dans le secteur de la farine et des grains, ainsi que de transporteurs et de producteurs d'aliments; l'élimination du bromure de méthyle place donc ces utilisateurs dans une position difficile. Certains des membres de cette industrie connaissent de très faibles marges de profit et une compétitivité très forte à l'intérieur du Canada ainsi que pour les exportations. Les consommateurs de leurs produits s'attendent à ce que ceux-ci soient exempts de tout ravageur. En même temps, ils s'attendent à ce que les

compagnies auxquelles ils achètent les produits soient de bonnes entreprises citoyennes, un concept plutôt mouvant, qui suppose des attentes d'amélioration environnementale.

Les compagnies des secteurs des pesticides et de la transformation alimentaire sont gérées par des personnes dont les familles entendent parler des incidences sur l'appauvrissement de la couche d'ozone lors de chaque bulletin météo. Malheureusement, au Canada, ils entendent souvent également parler de fermetures d'entreprises, avec les pertes d'emplois et la baisse de productivité qui en résultent dans un pays qu'ils considèrent comme leur foyer.

Il faut dire que l'industrie de la transformation alimentaire et celle des pesticides ont abordé de façon très positive la perte de cet important fumigant, en s'engageant dans des activités destinées à comprendre le problème et à trouver des solutions. Après une certaine consternation initiale, la plupart ont choisi de consacrer leurs ressources à comprendre le problème et à évaluer des solutions de rechange. Confrontés à la nécessité d'aider l'industrie à trouver des solutions de rechange au bromure de méthyle, les trois organismes gouvernementaux les plus touchés par ce défi - Agriculture et Agroalimentaire Canada, Environnement Canada et Santé Canada - ont travaillé pour bien cerner le problème, aidé la recherche et mis en place des mécanismes pour étudier rapidement et efficacement des traitements destinés à remplacer le bromure de méthyle.

Le système canadien de production, de manutention et de transport de grains a été conçu de façon à éliminer totalement ou presque les ravageurs. Les céréales canadiennes ne sont plus traitées depuis de nombreuses années à l'aide du bromure de méthyle, mais on utilise occasionnellement encore ce fumigant dans les locaux d'entreposage et les installations de transformation. Afin d'éviter les dépenses entraînées par la mise hors de service d'une installation pour procéder à une fumigation, les exploitants font appel à plusieurs options de contrôle, notamment en s'assurant que les produits qu'ils reçoivent sont exempts de ravageurs, que leurs installations sont propres et

ne génèrent pas facilement des habitats pour les ravageurs, et que des traitements autres que la fumigation permettent de réduire ou d'éliminer les ravageurs lorsqu'ils sont repérés. Cependant, les ravageurs dans les produits entreposés sont des adversaires pleins de ressources et performants. Beaucoup de transformateurs primaires et secondaires considèrent qu'une fumigation occasionnelle des locaux est nécessaire lorsqu'une infestation ne peut être contrôlée par d'autres moyens.

Il n'existe au Canada que peu de solutions de rechange chimiques approuvées pour la fumigation des locaux. L'évaluation des solutions de rechange chimiques à cette fin est difficile, car il ne s'agit généralement pas de fumigation des seuls locaux, mais aussi des aliments entreposés. Et même s'il n'y a pas présence d'aliments entreposés, il existe un risque que des résidus chimiques migrent dans les aliments après la fumigation d'une installation de stockage ou de transformation d'aliments.

Les traitements thermiques sont efficaces, mais ils sont considérés comme trop coûteux par certaines compagnies dans la situation où elles se trouvent. La phosphine employée seule constitue un traitement efficace pour combattre les ravageurs, mais son pouvoir corrosif - dans des conditions de forte concentration et d'humidité élevée - pour l'équipement et la nécessité de fumigations très longues en élimine pratiquement l'utilisation. De plus, les températures ambiantes plutôt basses pendant la majeure partie de l'année au Canada écartent la possibilité d'utiliser la phosphine seule comme traitement. Le dioxyde de carbone tout seul n'a pas été employé pour la fumigation d'installations de transformation d'aliments, bien que certains travaux expérimentaux dans le cas de l'entreposage des grains montrent qu'il peut être utile lorsque les installations sont étanches à l'air et que l'on dispose de suffisamment de temps.

En janvier 1995, lorsque l'évaluation du Comité de choix techniques pour le bromure de méthyle a été publiée, le traitement combiné chaleur/phosphine/CO₂ a été considéré comme une solution de rechange possible, mais non suffisamment expérimentée, pour combattre les ravageurs dans les bâtiments. Ce traitement combiné a été expérimenté la première fois en 1993, puis raffiné par David Mueller de Fumigation Service & Supply Inc. d'Indianapolis. Depuis lors, des expériences de fumigation aux États-Unis et en Italie ont montré que le procédé était une méthode efficace pour combattre les ravageurs. De plus, le gaz phosphine s'est révélé être, même à teneur réduite, plus pénétrant que le bromure de méthyle, ce qui a permis de réduire le nombre de fumigations requises et la durée de mise hors de service de l'installation pour effectuer une fumigation. Grâce à l'expérimentation, on a pu raffiner les paramètres du procédé, améliorer la technique et mieux comprendre la relation qui existe avec la température et l'humidité ambiantes. Le traitement combiné est probablement moins coûteux, comparativement aux importants investissements requis pour la chaleur seule (en effet la température est moins élevée pour la combinaison), plus pratique qu'avec le CO₂ et plus sûr et plus efficace qu'avec la phosphine seule.

Il a fallu expérimenter le procédé au Canada, car la température et l'humidité ambiantes sont des facteurs importants pour l'efficacité de ce traitement combiné et beaucoup des installations canadiennes de transformation de grains et de céréales sont relativement anciennes. De plus, pour l'expérience canadienne, on a choisi le phosphore de magnésium plutôt que le phosphore d'aluminium plus commun. Le phosphore de magnésium libère la phosphine plus vite dans l'air froid et constitue un meilleur choix du point de vue sécurité.

Site expérimental et bâtiments

Au début de 1996, le Bureau de l'environnement d'AAC a pris l'initiative d'un projet, en collaboration à grande échelle avec l'industrie des pesticides et celle de la transformation alimentaire, pour la fumigation expérimentale d'une installation canadienne de transformation de céréales.

C'était une vraie expérience canadienne!

Les installations de mouture et de transformation de céréales de la Compagnie Quaker Oats du Canada Ltée, société qui fait partie de l'histoire du pays, sont situées à Peterborough, petite ville du centre de l'Ontario. Elles occupent un site en forme de triangle, avec la rivière Otonabee sur l'un des côtés. Elles donnent également sur une des principales rues de la ville; derrière le terrain de stationnement de l'entreprise se trouve des bureaux de professionnels et des maisons.

L'installation principale est constituée de plusieurs bâtiments reliés entre eux (ou, si on veut, de plusieurs sections), dont certains ont presque 100 ans, comme en font foi les épais poteaux en bois, les plafonds de planches, les planchers en bois et les murs en pierre, tous d'origine. De l'extérieur, il ne semble y avoir que deux bâtiments, du fait de l'existence de nombreux murs extérieurs (en briques) mitoyens, mais construits de toute évidence à des dates différentes. Selon l'étage et la section, l'intérieur des bâtiments est divisé par des murs, des escaliers, des portes coupe-feu, ou pas divisé du tout. Le moulin d'avoine, qui a été traité par fumigation pendant le projet, compte neuf étages (soit $550\,000\text{ pi}^3$ ou $16\,107\text{ m}^3$ en tout, après soustraction du volume représenté par les contenants fermés).

La conception de ce moulin ressemble à maints égards à de nombreuses autres minoteries et installations de transformation canadiennes de céréales, caractérisées par des bâtiments anciens, des constructions originales et des ajouts plus récents. Dans le cas de cette installation, certaines des parties plus récentes ont été construites après la destruction par un incendie en 1916 du bâtiment primitif.

Le moulin d'avoine de Quaker est haut de neuf étages et figure dans le groupe G, classe 2 pour l'indice d'explosivité. Le moulin est séparé des autres sections de l'installation par un escalier ouvert en béton et des portes coupe-feu, et il est relié aux autres sections par des passerelles, des tunnels et des espaces découverts. Les murs extérieurs sont en briques et les fondations d'origine à l'étage inférieur sont en pierre. De grandes fenêtres d'origine s'alignent sur les côtés est et ouest du bâtiment, mais la face nord est percée de fenêtres plus étroites. Chaque étage compte au moins une porte coupe-feu; certains étages inférieurs comportent des portes plus grandes pour le passage du matériel.

Du point de vue structurel, le moulin d'avoine compte plusieurs aires avec des poteaux, des plafonds et des planchers vernis en bois d'origine, jouxtant des aires avec des colonnes en acier et des plafonds et murs en béton. Un monte-charge ouvert parcourt le puits ouvert lui aussi jusqu'en haut des neuf étages de la minoterie. Sur le périmètre de certains étages se trouvent des bureaux pour les superviseurs de l'exploitation. Des locaux pour les services d'électricité ont été installés sur deux des étages.

L'énergie thermique est produite par des chaudières situées au rez-de-chaussée dans un bâtiment voisin. La vapeur est acheminée par des tuyaux jusqu'à des radiateurs et à des appareils de chauffage. La chaleur est diffusée par des ventilateurs répartis dans tout l'immeuble. Ce système sert à réchauffer l'immeuble pour les travailleurs, à appliquer les traitements thermiques, et il a servi pour la fumigation par le traitement combiné. Quaker Oats a tout au long des années amélioré ses installations au niveau de la production d'énergie thermique. De plus, on accorde une haute priorité à l'assainissement à l'intérieur de l'usine.

Délivrance de licences et questions de réglementation

En Ontario, la fumigation de locaux aux pesticides ne peut être effectuée que par des entreprises de fumigation licenciées par la province de l'Ontario. Après une formation, qui comprend l'école secondaire et de plus en plus un diplôme technique au niveau collégial (comme celui qui est offert au Sir Sandford Fleming College), les spécialistes en fumigation (fumigateurs) suivent un long apprentissage, par une série d'étapes, conduisant à l'obtention de la licence. À l'issue de quatre niveaux, atteints chacun après des expériences pratiques et le passage d'examens provinciaux, un candidat fumigateur peut obtenir une licence de classe 1 (environ quatre années après le début de l'apprentissage). Cette licence permet au détenteur de planifier, d'effectuer et de superviser la fumigation de locaux. Lors de la fumigation, des apprentis en fumigation ou d'autres travailleurs (p. ex. des travailleurs spécialisés), requis pour les travaux, pourront accomplir diverses tâches et (ou) seront supervisés ou accompagnés par le fumigateur de classe 1. Ce dernier est également responsable de l'élimination des matériaux usés, conformément à la réglementation ontarienne. Le permis pour la fumigation d'un site est accordé par le ministère ontarien de l'Environnement et de l'Énergie (MOEE), dont la réglementation donne également des précisions sur la notification, les normes de sécurité et l'élimination des produits.

L'entreprise de fumigation doit vérifier à la satisfaction du client qu'une couverture suffisante d'assurance responsabilité civile a été contractée. De cette façon, la compagnie de transformation d'aliments n'est pas légalement responsable de la fumigation au delà de sa responsabilité habituelle concernant la sécurité des opérations et des employés. Dans les faits, tous les employés de



Essai de libération de CO₂ avant le remplissage de la remorque par le camion-citerne

l'installation non directement engagés dans les travaux de fumigation doivent avoir quitté l'installation avant que ces derniers puissent commencer. À partir de ce moment, l'entrepreneur de fumigation est responsable de l'installation, et tout agent de la compagnie, chargé des questions d'hygiène, d'assainissement, de sécurité-incendie, etc., qui peut être présent sur les lieux, est placé sous la supervision du fumigateur.

Dans le cas de la présente fumigation, PCO Services Inc. (une compagnie de Johnson Wax) était l'entreprise chargée de la fumigation; plusieurs autres compagnies de fumigation (Professional Pest Consultants Inc., Abell Pest Control, Fumigation Service & Supply Inc., Reliable Exterminators et Adalia Services Préventifs Ltée) ont également participé aux travaux sous la supervision de PCO Services.

Les plaquettes de phosphore de magnésium (Fumi-Strips^{MC}) provenaient du fabricant américain Degesch America Inc.; Praxair a fourni le CO₂ en vrac, le personnel et une remorque conçue pour délivrer et maintenir le flux de dioxyde de carbone gazeux pendant toute une fin de semaine.

Les fumigateurs licenciés ont veillé à la sécurité des bureaux, des maisons et d'un parc situés à proximité de l'usine de Quaker grâce à des mesures de la concentration du fumigant effectuées régulièrement dans l'usine et sur le pourtour de celle-ci. Conformément à la réglementation provinciale, il a fallu aviser les résidents de l'endroit au sujet des services d'urgence et restreindre toutes les activités dans le parc voisin pendant la durée des travaux de fumigation. Cette dernière a été autorisée en tant que fumigation expérimentale sous le contrôle du MOEE.

On a procédé, par aération et immersion dans l'eau, à la désactivation des plaquettes de phosphine usées, sous la supervision de PCO Services. Les plaquettes Fumi-Strips^{MC} ont ensuite été transportées à l'intérieur de barils ouverts dans des camions ouverts jusqu'à des décharges pour y être enfouies sous la supervision d'Abell Pest Control. Cette procédure était conforme aux instructions du fabricant et aux recommandations du MOEE.

Conditions météorologiques

Vendredi le 12 avril, soit le premier jour de la fumigation, les conditions météo étaient celles que l'on retrouve généralement un jour d'avril dans le centre de l'Ontario. Il y a eu 21,5 mm de précipitations, un maximum de 2,9 °C et un minimum de -0,2 °C. Une partie des précipitations était constituée de neige. Le samedi matin était froid, avec de la bruine (2,0 mm); dans l'après-midi, il a fait plus chaud avec l'ensoleillement, pour ensuite se refroidir dans la soirée (maximum de 7,9 °C et minimum de 2,0 °C). Le dimanche, la température a grimpé légèrement, mais il a plu davantage (8,6 mm de précipitations); maximum de 11,0 °C et minimum de 3,1 °C. Les vents étaient légers. (Toutes ces données proviennent des bulletins météo officiels d'Environnement Canada pour Peterborough, du Bureau météorologique d'Ottawa.)

En dépit de l'humidité ambiante, les sections de l'usine traitées par fumigation étaient très sèches (en moyenne 18 % d'humidité relative, avec un minimum de 13 %). À noter que l'humidité est un facteur très important pour l'efficacité de cette fumigation; il semble que ce taux d'humidité très faible ait contribué à la bonne résistance anti-corrosion lors de l'expérience.

Pour préchauffer la section à traiter, on a mis en marche le système de chauffage pendant les opérations d'étanchéisation; cela a eu comme effet d'augmenter très rapidement et très efficacement la température. Dans certaines parties de la minoterie, la température sur les murs extérieurs exposés au nord était de 35 °C pendant l'étanchéisation du bâtiment. Le personnel qui travaille dans les installations pendant l'étape de chauffage doit prévoir le port de vêtements très légers.

Préparation du bâtiment

Assainissement

Les employés de Quaker Oats étaient chargés de nettoyer les installations et le matériel pendant le quart de travail précédant la fumigation (vendredi le 12 avril). Tout l'équipement de transformation alimentaire a été démonté, purgé, vidé et nettoyé. On a laissé l'équipement et les montants du silo ouverts pour permettre au fumigant d'y pénétrer facilement; les cylindres trieurs supérieurs, les trémies et les événements ont été vidés. On a essuyé les rebords de fenêtres. À mesure que l'équipement était vidé de ses débris, on balayait et (ou) on passait la vadrouille sur les planchers. Les pupitres de contrôle de l'équipement ont été vidés et époussetés. La minoterie n'utilise pas de système d'aspiration et les planchers ne sont pas lavés.

Les compartiments de stockage n'ont pas tous été vidés pour permettre à la compagnie de reprendre la production dès la fin de semaine terminée. On a laissé ouverts les compartiments vides, mais lorsqu'il y avait encore présence de produits alimentaires, on a fermé les portes d'entrée et on les a étanchéisées avec du ruban et du plastique pour que le fumigant ne puisse y pénétrer.

Les employés de l'exploitation disposant de bureaux extérieurs ont mis de l'ordre sur ces derniers, mais n'ont pas enlevé l'équipement informatique, ni les autres appareils électroniques ou leurs effets personnels (se reporter à la section sur la gestion de la corrosion).

De façon générale, l'usine était très propre, l'équipement avait été laissé ouvert pour la fumigation, les planchers de bois brillaient et il n'y avait pas de poussière.



Un assainissement efficace avant la fumigation, comme en font foi les planchers de bois resplendissant de propreté.

Les employés de la transformation d'aliments de Quaker Oats ont quitté le bâtiment entre 13 h 30 et 15 h; le personnel de bureau de Quaker, à l'exception des gestionnaires participant à la fumigation, ont quitté vers 17 h. Les ingénieurs de la salle des chaudières, responsables de l'équipement de chauffage, ont travaillé sous la supervision du fumigateur jusqu'à leur départ de l'immeuble. (Note : les ingénieurs des chaudières et les électriciens sont demeurés disponibles sur appel au cas où on aurait eu besoin d'eux ou pour les urgences.)

Une visite de la minoterie a été organisée vers 18 h à l'intention de tous les observateurs; les fumigateurs ont en même temps donné toute l'information concernant les méthodes d'étanchéisation et de chauffage, les emplacements des Fumi-Strips^{MC} et des cages d'insectes expérimentaux, ainsi que les explications pour la fumigation projetée.

Étanchéisation

Du ruban-cache a été appliqué autour des fenêtres (et sur les loquets), autour des portes coupe-feu (ainsi que sur les loquets et les poignées), autour des portes du silo (les commandes ont été désactivées par le fumigateur tel que requis). Les grandes portes en bois pour le passage de l'équipement ont été recouvertes de feuille de plastique (6 mil) et étanchéisées avec du ruban-cache. Sur les endroits poussiéreux ou ne pouvant recevoir que difficilement le ruban-cache, on a pulvérisé un adhésif de façon à bien

faire coller le ruban. Les orifices pour le passage des tuyaux ont également été scellés avec du ruban. Le monte-charge ouvert a été fermé à chaque étage avec du plastique en feuille et du ruban (afin de réduire les risques d'effet cheminée dans la minoterie). En tout, il a fallu cinquante heures-personnes pour étanchéiser les installations. Une fois le bâtiment étanchéisé et après une inspection finale, le fumigateur a fermé les portes extérieures et a appliqué sur celles-ci des panneaux d'avertissement.



Masquage et étanchéisation des fenêtres.



Masquage et étanchéisation des tuyaux.

Gestion de la corrosion

L'utilisation du gaz phosphine pour le traitement d'installations a suscité des craintes au sujet du risque de corrosion de l'équipement sensible en présence de fortes concentrations de ce produit et d'une humidité élevée. Lors d'applications antérieures, Fumigation Services & Supply Inc. a soigneusement calculé la quantité de phosphine à appliquer, compte tenu de l'humidité relative à l'intérieur de l'installation. L'expérience passée a montré qu'une humidité élevée est courante et qu'il faut donc prendre les précautions voulues pour s'assurer que la corrosion ne présente aucun problème.

Les endroits critiques pour la corrosion étaient deux pièces d'équipements électriques et quelques bureaux de gestion de l'exploitation sur le pourtour du bâtiment. Pour éviter tout risque de dommages par la phosphine lors de l'essai, on a rempli ces endroits de CO₂ de façon à créer de petites pièces sous pression positive, et on les a étanchéisées avec du ruban-cache. Chacun de ces endroits était muni de petits tubes séparés les alimentant directement en CO₂; dans le cas des pièces de panneaux électriques, le tube de CO₂ était inséré dans la porte des panneaux. Après la fumigation et une fois le reste du bâtiment aéré, c'est le fumigateur (portant un ARA) qui a ouvert ces endroits en raison des concentrations beaucoup plus élevées de CO₂ qui s'y trouvaient (environ 90 %). Les endroits à pression élevée nécessitaient davantage d'attention lors du processus d'étanchéisation car il était plus difficile de faire tenir le système d'étanchéité en raison de la pression. Étant donné que les fortes concentrations de CO₂ ne tuent pas les parasites à tous leurs stades de vie au cours de la brève durée d'une fumigation de locaux, il est préférable de retirer si possible les ordinateurs et toute autre pièce d'équipement sensible, de façon à permettre une fumigation plus complète des bureaux situés dans les aires opérationnelles de l'installation.

Les téléphones ont été étiquetés avec leur localisation, enlevés, puis replacés après la fumigation.

On a suspendu plusieurs tubes en cuivre dans les aires traitées afin de vérifier par ce simple test s'il y avait corrosion. Il n'y avait pas de corrosion physiquement décelable sur ces tubes à la fin de la fumigation. La concentration moyenne de gaz phosphine au cours de cette fumigation était de 36 ppm (moyenne pondérée en fonction du temps).



Les portes des bureaux contenant des ordinateurs ont été scellées avec du ruban-cache. Des tubes séparés acheminant du CO₂ dans certains bureaux y maintenaient une pression positive et de fortes conc. de ce gaz afin d'empêcher la corrosion.

Mise en place des parasites expérimentaux

Trois expérimentateurs ont placé à plusieurs endroits des parasites - adultes, larves et oeufs. Tous ces parasites ont été mis dans de petites cages en plastique ouvertes (ressemblant à des contenants pour pilules, avec un couvercle vissé), ou dans de petits flacons avec des bouchons vissés, ou encore dans des enveloppes minces en plastique).

Dans l'une des expériences (effectuée par Colin Demianyk, du Centre de recherche sur les céréales), des flacons de triboliums bruns de la farine adultes (*Tribolium confusum*), chacune contenant soit 10 adultes, soit 10 oeufs) ont été placées par paires à dix endroits sur chaque étage. Ces derniers ont été choisis, soit parce qu'ils semblaient plus frais (à proximité de fenêtres ou de portes), soit parce que leur accès était plus difficile pour la fumigation (derrière l'équipement, etc.).

Tous les insectes expérimentaux ont été transportés dans des bagages à main depuis Winnipeg jusqu'à Peterborough et jusqu'au site expérimental. On a mis en place les insectes expérimentaux aux endroits prévus et on a ramené dix paires de flacons témoins à l'hôtel.

La température maximale à laquelle le groupe témoin a été exposé pendant l'expérimentation était de 28 °C durant plusieurs heures. Les témoins ont ensuite été maintenus à l'humidité ambiante et à 20 °C pendant toute la durée de l'expérience.

Après achèvement de la fumigation, les insectes témoins ont été rapportés au bâtiment expérimental



Des tubes de PVC rigides ont été remplis alternativement de farine d'avoine et de parasites.

pendant le ramassage des insectes exposés, puis transportés toujours dans des bagages à main jusqu'à Winnipeg. Tous les insectes, expérimentaux et témoins, ont été incubés à 30 °C et à 70 % d'HR pendant les 30 heures postérieures à la fumigation. Les adultes ont été examinés la journée suivante pour déterminer leur taux de survie, puis remis avec les flacons d'oeufs pour une incubation de trois jours. On a procédé ainsi afin de déterminer si des oeufs pondus par des adultes pendant la fumigation ont survécu.



Mise en place, par Colin Demianyk du Centre de recherches sur les céréales, de flacons remplis d'adultes et d'oeufs de parasites expérimentaux.

Dans un autre test (effectué par Fumigation Services), on a utilisé des tubes de PVC blancs, rigides, de 4 po x 10 pi de haut et de 4 po x 5 pi de haut, scellés uniquement à l'une des extrémités. On les a remplis alternativement avec des flacons contenant des parasites (oeufs, larves et nymphes de TBF) et de la farine d'avoine, entassés le long des tubes. Fumigation Services a également disposé des cages expérimentales renfermant les insectes un peu partout dans l'installation. Les bio-essais ont été effectués avec des adultes, des larves et des nymphes de *Tribolium*, des adultes de *Rhyzoperta dominica* et d'*Oryzae oryzoepphilus*, enfin avec des larves et des oeufs de *Plodia interpunctella*.

PCO Services a aussi placé 24 petites cages expérimentales en plastique un peu partout dans l'installation, et, dans le cadre de l'expérience, on a collé à l'aide de ruban des enveloppes en plastique mince et transparent à l'intérieur de fenêtres donnant sur l'extérieur, de façon à pouvoir surveiller l'activité des parasites de l'extérieur.

Fumigation expérimentale

Libération des agents de traitement

La fumigation a été effectuée du 12 au 14 avril 1996

Préparation du CO₂ - La préparation du CO₂ a commencé le 11 avril avec l'arrivée de la remorque de Praxair contenant un réservoir de stockage de 6 tonnes de CO₂; les ingénieurs et le personnel technique sont arrivés le matin du 12 avril. Le réservoir a été rempli le 12 avril; par la suite, les camions de Praxair sont arrivés tôt le matin du 13 et du 14 avril pour refaire le plein du réservoir. Environ 14 tonnes (14 000 kg) de CO₂ ont été utilisées. C'est Fumigation Services qui s'est chargée de la mise en place des tuyaux dans le bâtiment et de la distribution des gaz sur les divers étages.

La remorque spécialement conçue, fournie par Praxair était équipée de vaporisateurs électriques, de panneaux de commande, de débitmètres, de distributeur de CO₂ gazeux et d'un appareil mesurant la concentration de CO₂. Le débit gazeux a été maintenu constant



Le tuyau du CO₂ dans l'escalier et dérivation vers l'étage.



La remorque de Praxair montrant le distributeur et les divers systèmes pour mesurer le CO₂.

pendant les premières heures pour atteindre les concentrations requises, puis réduit pour maintenir la concentration à l'intérieur du bâtiment de fumigation à la valeur voulue.

Phosphore de magnésium - Au départ, on a réparti 6 plaquettes de phosphore de magnésium Fumi-Strips^{MC} par alternance sur les étages. Étant donné que la libération de gaz était trop lente en raison de l'humidité extrêmement faible à l'intérieur de l'installation (10-15 % d'HR), il a fallu ajouter des plaquettes supplémentaires, pour un total de 17.

Chaleur - Les chaudières ont fourni de la vapeur à des appareils de chauffage en hauteur; la chaleur était diffusée par des ventilateurs. On a mis en marche les appareils à 14 h le 12 avril; les chaudières ont alors été arrêtées puis remises en marche tout au long de la fumigation par les ingénieurs des chaudières de Quaker de façon à maintenir la température à une valeur relativement stable entre 30 et 40 °C. Lors de leur retour dans le bâtiment, les ingénieurs des chaudières étaient accompagnés d'un fumigateur de classe 1. Comme il faisait froid à l'extérieur, il a fallu chauffer au moins toutes les six heures, et parfois même après quatre heures. Il fallait environ 1 heure pour que le bâtiment retrouve sa température de traitement.

Mesures et surveillance

Tout au long de l'expérience on a procédé à des mesures et à des observations régulières. Les méthodes d'obtention de données et le résumé des données recueillies sont présentés dans le rapport d'Alain Van Ryckeghem. Le 13 avril à 16 h, des concentrations élevées de phosphine ont été décelées dans les tubes Drager lors de mesures régulières au huitième étage. Des concentrations moindres aux étages inférieurs ont confirmé une possible fuite dans l'étanchéisation, ce qui a provoqué un courant d'air frais dans l'immeuble, montant vers le haut par le puits du monte-charge.

Après leur entrée dans l'immeuble, les fumigateurs portant un respirateur à adduction d'air ont découvert un bris dans le dispositif d'étanchéisation à un endroit au sous-sol, où le ruban retenant une feuille de plastique pour boucher une grande ouverture s'était détaché. On a recollé le ruban, et les teneurs en phosphine se sont rapidement stabilisées. L'expérience a révélé l'importance des mesures et du contrôle réguliers pour ce système.

Élimination du fumigant



Désactivation des plaquettes Fumi-Strips^{MC} de phosphore de magnésium non usées, avant leur élimination.

Entre 11 h et 14 h 30 le 14 avril, on a éliminé le phosphore de magnésium usé ou partiellement usé. Trois barils remplis d'eau ont servi à immerger les plaquettes et à les désactiver. Il y a eu quelques poussées d'activité au moment de l'élimination, qui ont été traitées efficacement et de façon sûre. Tout le processus a été observé par le MOEE; pendant l'élimination, on a mesuré les concentrations de gaz dans l'air, et aucune n'a dépassé les limites permises.

Ouverture de l'immeuble

Le 14 avril, au milieu de l'après-midi, on a rouvert l'immeuble et enlevé le ruban-cache dans tous les endroits étanchéisés. Les fumigateurs, portant un appareil respiratoire, on ouvert les secteurs à forte concentration de CO₂. L'immeuble était prêt pour permettre à Quaker de remettre en service l'installation largement assez tôt avant l'arrivée de l'équipe de nuit à 19 h le 14 avril.

Quelques leçons tirées de l'expérience

- 1) La teneur en humidité de l'installation à fumiger devrait être évaluée avant la fumigation. Si l'humidité est supérieure à 30 %, il faut prendre des mesures pour augmenter l'humidité - p. ex. en arrosant les planchers et les murs, en installant un humidificateur ou en plaçant des bacs d'eau peu profonds un peu partout dans l'immeuble. Si l'humidité est très élevée, il faudra davantage de moyens pour empêcher la corrosion.
- 2) Il faudrait se servir de casiers en grillage pour recueillir les Fumi-Strips^{MC} non utilisés, en vue de les éliminer. Il serait préférable de les éliminer par voie sèche, plutôt que par voie humide.

Efficacité de la fumigation, par traitement combiné chaleur/dioxyde de carbone/phosphine, d'une usine de flocons d'avoine, évaluée à l'aide d'adultes et d'oeufs de tribolium brun de la farine, *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coléoptères : ténébrionidés)

*Colin J. Demianek, Centre de recherche sur les céréales
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Winnipeg (Manitoba)*

Avec la perte de certains pesticides chimiques découlant de préoccupations environnementales et sanitaires, de la préférence d'autres pesticides par les clients, et de la résistance des insectes, de nouvelles approches sont requises si on veut que l'industrie alimentaire canadienne continue à produire des céréales et des produits céréaliers exempts de parasites. Un essai à l'échelle commerciale d'une méthode de rechange pour combattre des infestations d'insectes par fumigation à l'aide d'un traitement combiné chaleur/dioxyde de carbone/phosphine, a permis de supprimer respectivement plus de 98 % et 100 % des oeufs et des adultes de tribolium brun de la farine (TBF). Dans des conditions de fumigation classique au bromure de méthyle, un taux d'extermination de 95 % est considéré comme très satisfaisant. Le Centre de recherche sur les céréales, d'Agriculture et Agroalimentaire Canada a fourni des insectes pour évaluer l'efficacité de cette méthode.

Des larves de tribolium brun, *Tribolium confusum*, ont été prélevées de cultures souches et amenées à l'âge adulte sur de la farine blanche à 30 °C et 70 % d'HR. Les adultes ainsi obtenus ont été maintenus dans ces conditions expérimentales pendant 1 à 2 semaines avant l'expérience. Un jour avant l'expérience, on a placé des adultes actifs dans 100 flacons en plastique numérotés (d'une hauteur de 50 mm et de 21 mm de diamètre interne), contenant 0,04-0,05 g de farine comme source alimentaire, à raison de 10 adultes par flacon. Un couvercle-pression percé d'un trou de 11 mm de diamètre recouvert d'une grille a été placé sur chaque flacon pour que les insectes aient de l'air et pour empêcher qu'ils s'échappent.

Trois jours avant l'expérience, plusieurs centaines de TBF adultes ont été placés sur de la farine blanche qui avait été tamisée sur un crible n° 80 (ouverture de 0,18 mm). Un jour avant l'expérience, les adultes ont été séparés à l'aide d'un crible grossier, et les oeufs ont été séparés de la farine sur un crible n° 50 (ouverture de

0,30 mm). Des oeufs ont été introduits dans 100 flacons (10 par flacon) contenant des aliments et fermés comme pour les insectes adultes. On a disposé les flacons d'adultes et d'oeufs sur trois plateaux en bois, empilés avec des séparateurs tubulaires en plastique de 6 mm pour assurer une aération suffisante, le tout étant transporté dans un sac de sport en nylon jusqu'au site expérimental. Tous les insectes ont été transportés dans des bagages à main de Winnipeg à Peterborough après obtention de l'autorisation de la compagnie aérienne pour le transport des insectes vivants et l'inspection des bagages sans rayons X à l'aéroport. L'expérience a commencé moins de 30 h après l'introduction des insectes dans les flacons.

On a placé 10 groupes de deux flacons (un d'adultes et un autre d'oeufs) sur chacun des 9 étages de l'immeuble, en fonction de plusieurs critères : premièrement, chaque étage a été examiné pour localiser les endroits où il pourrait y avoir des températures extrêmes. De façon générale, les flacons ont été placés loin des radiateurs ou de l'air provenant des ventilateurs des appareils de chauffage au plafond, car ces endroits étaient généralement les plus chauds; deuxièmement, on a choisi des endroits nettement plus froids, comme les coins, les zones voisines des fenêtres ou des portes, ou les aires qui semblaient être très difficiles à traiter, comme des espaces ou des pièces partiellement fermés; troisièmement, on a essayé de faire en sorte que chaque étage possède une certaine distribution spatiale de flacons, incluant certains murs, fenêtres ou portes, et coins. De plus, on a inclus quelques aires centrales en-dessous, au-dessus ou à côté de l'équipement.

La mise en place des flacons a commencé à 16 h le 12 avril 1996 au 8e étage et s'est poursuivie jusqu'au sous-sol à 18 h 30. À cette heure, la température dans l'installation était déjà élevée en prévision du début de la libération de dioxyde de carbone et de phosphine, respectivement à 20 h et à 22 h.

Tout au long de l'exposition des flacons expérimentaux, dix flacons témoins d'adultes et d'oeufs ont été gardés à des température allant jusqu'à 28 °C. Ces témoins ont été ramenés à l'hôtel et maintenus à une température de 20 ± 1 °C et à l'humidité ambiante pendant toute la durée de l'expérience. Les témoins ont été ramenés au site expérimental le 14 avril à 12 h, où ils ont été refroidis à 15 °C pendant 2 h au cours de l'aération de l'immeuble, avant que l'autorisation d'y retourner soit donnée.

Les flacons exposés au traitement ont été ramassés et transportés avec les témoins jusqu'à l'hôtel, maintenus à 20 ± 1 °C et à l'humidité ambiante jusqu'à leur retour à Winnipeg le jour suivant; puis, le 15 avril à 15 h 30, tous les flacons ont été placés à 30 °C sous 70 % d'HR. Les flacons contenant les oeufs ont été incubés pendant 30 jours afin de déterminer si des adultes viables pourraient se développer.

La survie des insectes adultes a été évaluée le 16 avril. Sur 90 flacons expérimentaux contenant chacun 10 adultes, il y avait 0 % de survie ($n = 900$ insectes). Il y avait seulement un adulte mort dans l'un des 10 flacons témoins, ce qui donne 99 % de survie ($n = 100$ insectes). Les flacons témoins ont été à nouveau vérifiés le 29 avril afin de déterminer si des oeufs pondus par les adultes avant ou pendant l'essai étaient viables. On a trouvé 18 flacons contenant une ou deux larves vivantes, soit 24 larves en tout. Ces flacons ont été incubés afin de déterminer si le développement pourrait se poursuivre; après 1 mois, 18 de ces larves étaient vivantes. Six des 90 flacons contenant des oeufs renfermaient en tout 15 larves vivantes; cela représentait 1,7 % de survie pour les 900 oeufs traités, comparativement à 51 % de survie pour les 100 oeufs témoins (on avait constaté, au départ, après deux semaines, qu'il y avait éclosion de 67 % des oeufs témoins).

Les flacons renfermant des larves survivantes ont été comparés quant à leur emplacement à l'intérieur du bâtiment. Les larves vivantes trouvées dans les flacons d'adultes provenaient des endroits suivants : 8^e étage (un emplacement) et sur le demi-étage supérieur (un emplacement fenêtre-plancher et un autre plancher), tous du côté ouest (terrain de stationnement); 7^e étage (un emplacement issue de secours-plancher sur le côté sud-ouest); 4^e étage (un emplacement

fenêtre à l'ouest, un mur intérieur à l'est et un coin mur intérieur au nord, du côté de la rivière); 3^e étage (un emplacement dans le coin sud-ouest et un autre dans le coin nord-ouest et un dernier près du monte-charge); 2^e étage (un emplacement près d'une porte côté sud); 1^{er} étage (un emplacement au centre du mur côté nord d'une aire vide côté nord-est); sous-sol (deux emplacements mur côté nord-plancher [côté rivière], l'un près des grandes portes à l'ouest et à l'est et un autre dans le coin sud-est).

Les larves vivantes trouvées dans les flacons d'oeufs provenaient des endroits suivants : au 6^e étage, un emplacement dans le coin sud-ouest, près d'une issue de secours; au 3^e étage, un emplacement dans le coin nord-ouest et un autre dans le coin sud-est; au sous-sol, trois emplacements le long du mur côté nord (côté de la rivière), soit un à chaque coin et un troisième entre les deux.

De façon générale, on a signalé un léger taux de survie aux 8^e, 3^e, et 4^e étages ainsi qu'au sous-sol (ce dernier comptait 5 flacons d'adultes et 3 flacons d'oeufs avec des larves survivantes après l'incubation). Le nombre maximal de larves dans n'importe quel flacon d'oeufs était de six au milieu du mur dans le sous-sol. Des fuites dans l'étanchéisation au niveau des grandes portes de l'ouest et de l'est ont entraîné une réduction des concentrations de phosphine et de CO₂, facteur qui a probablement contribué à la survie dans le sous-sol.

Une paire de flacons placés dans un bureau étanchéisé du 8^e étage, traité uniquement avec du CO₂ pour protéger l'équipement électronique, offrait également un certain intérêt. Il y avait 0 % de survie chez les adultes et les oeufs exposés; cependant, il y a eu éclosion des oeufs pondus par les adultes pendant le traitement; plusieurs larves étaient vivantes après la période d'incubation de 30 jours.

Cette nouvelle technique dépasse le taux d'extermination des fumigations efficaces classiques, même dans des conditions défavorables, comme une faible humidité et des fuites dans le système d'étanchéisation. Le potentiel de cette nouvelle technique comme solution de rechange pour les fumigations au bromure de méthyle semble des plus intéressants.

Mesures et surveillance

*Alain Van Ryckeghem, Sir Sandford Fleming
College
Lindsay (Ontario)*

Méthodes d'obtention des données

Tout au long de la fumigation, la température a été enregistrée à l'aide de thermomètres à max. et min. au mercure, placés à chaque étage. L'humidité a été déterminée avant et après la période de fumigation à l'aide d'un appareil à bulbe sec/humide à divers moments et endroits de l'installation. Plusieurs dispositifs ont servi à mesurer les gaz.

Le gaz phosphine a été dosé à l'aide d'un chromatographe à gaz, portable, Photovac (modèle 10S70), qui utilise un détecteur à photo-ionisation, précis à 0,1 p.p.milliard. Cet appareil a été étalonné juste avant la fumigation à l'aide d'un étalon de phosphine de 100 ppm. Conjointement au chromatographe, on a largement utilisé des tubes Drager de détection de gaz (n° 8101801), avec une plage de mesure de 1 à 100 ppm et un écart-type de 15-20 %. Une comparaison des données du Photovac avec celles du tube Drager ont révélé un écart d'environ 10 % (p. ex. un écart de 2 ppm pour un échantillon de 20 ppm). Les premières lectures pour les gaz ont été prises avec le chromatographe à gaz à 4-8 heures. Il s'agit là des périodes les plus instructives pour les concentrations extrêmes de gaz. Par la suite on a employé exclusivement les tubes détecteurs de gaz, à environ toutes les 4-6 heures.

Le dioxyde de carbone a été mesuré à l'aide d'un analyseur à infrarouge Servomex, muni d'un affichage DEL à intervalles de 0,5 % (5000 ppm), gradué de 0 à 100 %. Conjointement à cet appareil, on a aussi utilisé pendant la période de fumigation des tubes Drager (n° 8101931) avec une plage de mesure de 0,5 à 10,0 % en volume et un écart-type de 5-10 %. Les tubes Drager donnaient pratiquement les mêmes résultats pour les mêmes échantillons que l'analyseur à infrarouge. Le niveau de précision pour CO₂ n'était pas aussi critique, comparativement aux faibles concentrations de phosphine qu'il fallait mesurer.



Mesures de la concentration de phosphine derrière une porte étanchéifiée. Dean Stanbridge porte un ARA par mesure de sécurité.

La détection continue de gaz phosphine à l'extérieur de l'air fumigée (pour des raisons de sécurité) a été effectuée à l'aide d'un détecteur de gaz PH₃ Drager Mini PAC, utilisant un détecteur à infrarouge non dispersif (NDIR). La plage de mesure se situe entre 0,01 et 5 ppm, avec un écart-type de 15 à 20 %. Ces appareils ont été employés pendant la période d'aération afin de vérifier s'il restait encore du gaz dans la minoterie et pour mesurer les concentrations dans l'air ambiant à l'extérieur de la minoterie.

Données recueillies : sommaire

Les concentrations de phosphine mesurées pendant la période de 8 à 36 heures de fumigation se situaient dans une plage de 10 ppm à 110 ppm. La concentration moyenne de phosphine sur une période de 24 h était de 36,00 ppm, et elle variait de 24,6 à 55,3 ppm selon l'étage. À 36 heures, elle était de 38,2 ppm dans l'aire fumigée, et variait de 30,5 ppm à 45,4 ppm selon l'étage.

Les concentrations de dioxyde de carbone mesurées pendant la fumigation variaient de 0,5 % (au début et à la fin de la fumigation) à 8,0 %. La plus forte variation de concentration se situait dans les premières 6 heures, jusqu'à ce que le débit de chacun des distributeurs soit réglé de façon appropriée à chaque étage.

La concentration moyenne de CO₂ sur 24 heures était de 3,99 %, et elle variait de 2,1 à 5,4 % selon l'étage. À 36 heures, la concentration moyenne était de 3,87 %, et variait de 1,5 à 4,6 % selon l'étage.

La température variait de 32 °C à 40 °C, avec une température moyenne de 36,6 °C. L'humidité relative variait de 13 % à 23 % (au début de la fumigation) et se situait le plus souvent autour de 18 % tout au long de la fumigation. Cependant, il semblait que le chauffage pendant la fumigation faisait baisser l'humidité de l'immeuble.

Fumigation : sommaire

David Mueller,
Fumigation Service & Supply Inc.
Indianapolis, Indiana

Parasite ciblé : tribolium brun de la farine et divers parasites des produits entreposés
Volume : 530 000 pi³
Fumigant : phosphore de magnésium Fumi-Strips^{MC}, dioxyde de carbone et chaleur
Dose initiale : 6,6 grammes/1000 pieds cubes
Début du traitement : le 12 avril 1996 à 20 h
Objectif : maintenir un concentration létale tout au long de la fumigation
Paramètres : 3-5 % de CO₂, chaleur pour 35-40 °C , 50-100 ppm de phosphine.
Température et humidité externes : 3 °C et 38 % HR
Humidité relative à l'intérieur : 13 %
Dose finale : 20,4 grammes/1000 pieds cubes

Lectures des gaz à 24 h	CO ₂ en ppm	PH ₃ en %
8 ^e étage	50	5,5
7 ^e étage	45	4,5
6 ^e étage	45	4,5
5 ^e étage	30	4,5
4 ^e étage	40	4,5
3 ^e étage	40	4,5
2 ^e étage	50	4,5
1 ^{er} étage	35	4,5
Sous-sol	80	2,0

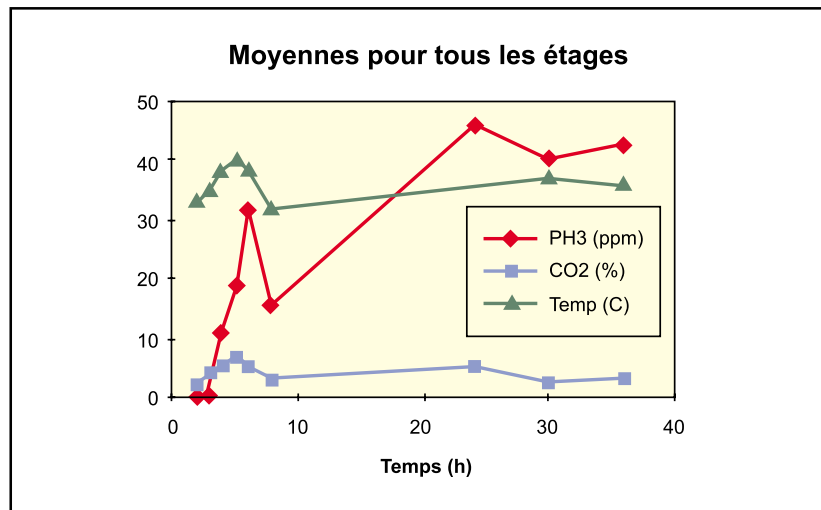
Lectures des gaz à 30 h (à 2 h)	CO ₂ en ppm	PH ₃ en %
8 ^e étage	55	3,5
7 ^e étage	55	3,0
6 ^e étage	55	3,0
5 ^e étage	50	3,0
4 ^e étage	20	2,5
3 ^e étage	40	3,0
2 ^e étage	45	2,5
1 ^{er} étage	35	3,0
Sous-sol	10	0,0

Température : 100 °F

Ajustements :

25 heures : déplacement de 2 plaquettes du sous-sol au 2^e étage pour uniformiser la répartition du gaz phosphine. L'appareil indiquait 110 ppm de phosphine.

26 heures : la température était de 90 °F. Lente mise en marche des chaudières.



Notes du fumigateur : Il est temps maintenant de laisser baisser lentement la valeur de PH_3 à 20 ppm et celle de CO_2 à 1,3 %.

La faible HR dans l'immeuble a entraîné un lent dégagement du fumigant. L'immeuble s'est refroidi assez rapidement (3-4 heures). Le CO_2 a été libéré rapidement, et les systèmes d'alimentation en CO_2 étaient plus que suffisants.

Une fois la fuite dans la porte du sous-sol supprimée, les concentrations de gaz ont grimpé jusqu'aux concentrations voulues en deux à quatre heures.

Bio-essais

Cages d'insectes expérimentaux :

Tribolium, adultes, 10 groupes de 10 insectes

Tribolium, larves, 10 groupes

Tribolium, nymphes, 10 groupes

Rhyzopenha dominica, 5 groupes

Oryzaephilus oryzae, adultes, 10 groupes

Plodia interpunctella, larves, 10 groupes

Plodia interpunctella, oeufs, 10 groupes

Les bio-essais ont eu lieu aux huitième, septième et quatrième étages ainsi qu'au sous-sol.

Les insectes expérimentaux ont été récupérés à partir de 16 heures. Cinquante insectes ont été récupérés au 8^e étage. Tous étaient immobiles.

On a également prélevé des insectes du cinquième étage après 24 heures. On y a extrait 80 insectes, y compris des oeufs de lépidoptère. Chez tous les stades mobiles, il n'y avait aucun signe de mobilité.

Le reste des cages à insectes a été récupéré après 36 heures. Les insectes ont été élevés pendant 30 jours et voici les résultats :

TRAITEMENT COMBINÉ EXPÉRIMENTAL DE FUMIGATION DE PETERBOROUGH RÉSULTATS DES BIO-ESSAIS DE 30 JOURS

EXPOSITION GÉNÉRALE

Durée de l'exposition : 36 heures Pourcentage de mortalité après 30 jours		
Insecte/stade	% de mortalité	n =
TBF, adulte	100	11
TBF, larve	100	10
TBF, nymphe	100	20
PIF (pyrale indienne de la farine), oeuf	100	400
PIF, larve	100	40
PPC (petit perceur des céréales), adulte	100	11
CD (cucujide dentelé), adulte	100	10

Durée de l'exposition : 24 heures Pourcentage de mortalité après 30 jours		
Insecte/stade	% de mortalité	n =
TBF, adulte	96,67	30
TBF, larve	100	10
TBF, nymphe	91,67	12
PIF, oeuf	100	230
PIF, larve	86,67	15
PPC, adulte	100	30
CD, adulte	100	14

Durée de l'exposition : 16 heures Pourcentage de mortalité après 30 jours		
Insecte/stade	% de mortalité	n =
TBF, adulte	100	10
TBF, larve	100	10
TBF, nymphe	100	10
PPC, adulte	100	10
CD, adulte	100	9

RÉSULTATS

Mortalité à 36 heures : **100 %**
 Mortalité à 24 heures : **97,95 %**
 Mortalité à 16 heures : **100 %**
 Mortalité globale : **99,22 %**
 HR à l'incubation : **72 %**
 Température d'incubation : **28 °C**
 Période d'incubation : **30 jours**

Résultats des études à l'aide des tubes

Après 24 heures, on a récupéré deux tubes. Un tube de 10 pied et un autre rempli jusqu'à 5 pieds. Les insectes ont été récupérés et examinés. La farine d'avoine était densément tassée dans les tubes qu'il fallait tapoter contre le plafond pour retirer les insectes. Les deux tubes restants ont été récupérés après 36 heures. L'étude visait à déterminer si les gaz pouvaient pénétrer dans des matériaux densément compactés et tuer les insectes.

Les résultats de l'étude s'établissent comme suit :

EXPOSITION À L'INTÉRIEUR DE TUBES REMPLIS DE FARINE

Durée de l'exposition : 36 heures		
Pourcentage de mortalité après 30 jours - tube de 3 pieds		
Insecte/stade	% de mortalité	n =
TBF, larve	100	9
TBF, nymphe	100	10

Durée de l'exposition : 36 heures		
Pourcentage de mortalité après 30 jours - tube de 5 pieds		
Insecte/stade	% de mortalité	n =
TBF, larve	100	10
TBF, adulte	100	16

Durée de l'exposition : 36 heures		
Pourcentage de mortalité après 30 jours - tube de 10 pieds		
Insecte/stade	% de mortalité	n =
TBF, larve	100	18

Durée de l'exposition : 24 heures		
Pourcentage de mortalité après 30 jours - tube de 5 pieds		
Insecte/stade	% de mortalité	n =
PIF, oeuf	100	100
TBF, larve	100	10
TBF, nymphe	100	20
TBF, adulte	80	10

Durée de l'exposition : 24 heures		
Pourcentage de mortalité après 30 jours - tube de 10 pieds		
Insecte/stade	% de mortalité	n =
TBF, larve	70	10
TBF, nymphe	100	10
TBF, adulte	90	10

RÉSULTATS

Mortalité à 36 heures (3 pieds) :	100 %
Mortalité à 36 heures (5 pieds) :	97,95 %
Mortalité à 36 heures (10 pieds) :	100 %
Mortalité à 24 heures (5 pieds) :	98,57 %
Mortalité à 24 heures (10 pieds) :	86,67 %
Mortalité globale :	97,42 %
HR à l'incubation :	72 %
Température d'incubation :	28 °C
Période d'incubation :	30 jours

Conditions météo :

Vents faibles : 5-10 milles à l'heure

Humidité relative : 30-40 %

Début d'une période de 6 heures de grêle, de neige fondante et d'autres précipitations légères

Il pleuvait constamment pendant 24 heures

L'humidité relative dans la minoterie était constante à 15-20 %

La température au deuxième jour était de 35 °F à 14 h

Pluie verglaçante, vents modérés, plafond bas

C'était comme une danse. Une danse à rythme plutôt lent.

Coûts comparatifs avec le bromure de méthyle et notes sur le traitement

Bernie McCarthy,
PCO Services Inc.
Mississauga (Ontario)

Comparaison des coûts

Le présent rapport examine les éléments prévisibles, qu'il s'agisse du personnel de la compagnie de fumigation et du fournisseur de CO₂ ou des coûts associés aux produits. Toutes les comparaisons sont exprimées par plus, moins ou neutre. Neutre signifie qu'il n'y a pas de différence dans les coûts.

PROCÉDURE	DIFFÉRENCE
<p>1. INSPECTION INITIALE</p> <ul style="list-style-type: none"> Déterminer la capacité volumique, le parasite visé, l'applicabilité de la fumigation, le plan de fumigation 2 personnes - 8 heures 	Négligeable
<p>2. DEMANDE AU MINISTÈRE (Ontario seulement)</p> <ul style="list-style-type: none"> 8 heures, si plan du site disponible 	Négligeable
<p>3. Gaz pour 14 158 m³ (500 000 pieds cubes)</p> <ul style="list-style-type: none"> Bromure de méthyle - 1,5 lb par 1000 pieds cubes Gaz total requis, 750 lb x 3.00 \$ la livre COÛT TOTAL POUR LE BROMURE DE MÉTHYLE, 2250.00 \$ <p>(LE PRIX DU BROMURE DE MÉTHYLE EST BASÉ SUR UNE ESTIMATION MOYENNE DANS L'INDUSTRIE. LE PRIX VARIE EN FONCTION DU VOLUME ACHETÉ. LE PRIX A AUGMENTÉ DE 30 % L'ANNÉE DERNIÈRE)</p> <ul style="list-style-type: none"> Avec la capacité normale de Fumi-Strips^{MC}, il faudrait 15 plaquettes pour le traitement. La quantité de phosphine libérée est fonction de la chaleur et, encore plus, de l'humidité. Dans un bâtiment avec moins de 25 % d'humidité relative, on pourrait utiliser au maximum les montants autorisés par le permis, qui pourraient se révéler nécessaires pour maintenir la teneur en parties par million requise. Cela s'est révélé être le cas à l'installation de Quaker Oats. Magtoxin a eu besoin de 15 plaquettes à 141 \$ la plaquette. COÛT TOTAL POUR MAGTOXIN : 2124.00 \$ <p>(CES QUANTITÉS SONT ÉLEVÉES. DE FAIT, LE NOMBRE DE PLAQUETTES REQUIS POUR DES TRAITEMENTS FUTURS SERA MOINDRE. LA CONSOMMATION PRÉVUE NE SERA QUE DE 6 PLAQUETTES, SI ON PARVIENT À AUGMENTER L'HUMIDITÉ. CELA RÉDUIRAIT LE COÛT DE 1404 \$, COMPARATIVEMENT AU TRAITEMENT PAR LE BROMURE DE MÉTHYLE)</p>	- 126.00 \$
<p>4. Préparation de l'immeuble</p> <ul style="list-style-type: none"> Coûts très comparables. Le temps consacré à la préparation des bouteilles de bromure est compensé par l'installation des tuyaux pour le CO₂ 	Neutral

PROCÉDURE	DIFFÉRENCE
5. Personnel pour l'étanchéisation <ul style="list-style-type: none"> Préparation, étanchéisation, fourniture du gaz Bromure de méthyle 50 personnes-heures Traitement combiné 50 personnes-heures 	Négligeable
6. Personnel pour l'application des gaz, les ajustements des concentrations de gaz, les mesures <ul style="list-style-type: none"> Coût basé sur 50 \$ de l'heure par personne. Bromure de méthyle 36 personnes-heures. Traitement combiné 108 personnes-heures 	+ 3600.00 \$
7. Personnel pour l'aération et le nettoyage	Négligeable
8. L'élimination représente une variable dans une comparaison directe <ul style="list-style-type: none"> Il n'y a pas d'élimination dans le cas du bromure de méthyle; cependant, les bouteilles doivent être ramassées et retournées pour remplissage. Les Fumi-Strips^{MC} peuvent entraîner des problèmes pour la neutralisation du gaz restant, ce qui donnerait des besoins en temps-personnes équivalents à ceux du bromure de méthyle. L'élimination par voie sèche sur le site même serait la méthode à privilégier. 	Négligeable
9. Matériel, ruban, bâche, etc.	Négligeable
10. Air pour appareil respiratoire autonome <ul style="list-style-type: none"> Coût basé sur le prix de 15.00 \$ par remplissage Bromure de méthyle 8 remplissages : 120.00 \$ Traitement combiné 24 remplissages : 360.00 \$ 	+ 240.00 \$
11. Coût (hôtel, repas, etc.), pour six personnes supplémentaires <ul style="list-style-type: none"> Les 12 heures supplémentaires pour le traitement combiné pourrait comprendre quelques frais imprévus 	+ 500.00 \$
12. CO ₂ gazeux, technicien pour le montage, les remplissages et le transport du vaporisateur <ul style="list-style-type: none"> Utilisation de 14 tonnes de gaz 2000.00 \$ Temps du technicien, 50 \$ x 10 heures 500.00 \$ Transport de la remorque 300.00 \$ LE COÛT DU PERSONNEL TECHNIQUE ET DE LA REMORQUE N'AUGMENTERA PAS AVEC LA TAILLE DE L'INSTALLATION 	+ 2800.00 \$
13. Location du camion pour le transport Négligeable	Négligeable
DIFFÉRENCE TOTALE	+ 7266.00 \$
NOTE : Bien que la mise hors de service de l'installation ait représenté dans ce cas-ci 12 heures supplémentaire, période qui a été réduite au minimum en commençant dès le vendredi soir le traitement au gaz, cette période pourrait encore être réduite davantage en veillant à ce que la teneur en humidité soit assez élevée pour libérer le gaz plus rapidement. Les résultats des bio-essais mesurés après 24 heures ont montré que les adultes n'avaient pas survécu.	

Conclusion

Pour un traitement à petite échelle, comme dans le cas du présent essai sur le terrain, il en aurait coûté environ 7000 \$ de plus, comparativement à la fumigation au bromure de méthyle. L'emploi de ce dernier pour la fumigation de ce bâtiment aurait coûté environ 15 000 \$, alors que le traitement combiné aurait atteint à peu près 22 000 \$.

Il s'agit donc d'une augmentation relativement élevée en pourcentage (46 %). Il faut cependant noter que plus le traitement est important, moins l'augmentation est élevée en pourcentage. Pour une installation plus grande, le pourcentage d'augmentation devrait se situer dans une plage d'environ 20-30 %, en tenant compte du prix du bromure de méthyle au moment de l'expérience. Il est important de noter que le prix du bromure de méthyle a augmenté de 30 % en une année.

NOTE : Pour comparer les coûts à une fumigation régulière à la phosphine, il faudrait que l'exploitant détermine la perte entraînée par la mise hors de service de l'installation et en tienne compte dans le calcul. Cela permettrait d'obtenir une comparaison équitable par rapport au bromure de méthyle.

Notes sur le traitement (observations générales)

David Mueller parle du traitement combiné chaleur-phosphine-CO₂ comme d'une danse. Les partenaires de la danse sont les suivants :

Chaleur

- Il faut travailler dans une plage de 30 °C (86 °F) à 38 °C (100 °F).
Le système de chauffage doit être fermé, sans flamme nue, ou à air pulsé vers l'extérieur.
La vapeur ou l'eau chaude conviennent idéalement pour ce procédé.

Phosphine

- Les Fumi-Strips^{MC} libèrent le phosphore d'hydrogène
On recommande une plage de 50 à 100 ppm

Dioxyde de carbone

- 5 à 7 %

Temps

- 24 à 36 heures

Humidité relative à l'intérieur

- Elle devrait être de 30 %

Même si les partenaires semblent bien synchronisés, la coordination du pas de danse constitue un programme très complexe. Une surveillance et des ajustements constants sont requis pour maintenir une bonne harmonie entre les divers partenaires.

Humidité

Une augmentation rapide de l'humidité augmentera la vitesse de libération de la phosphine. Si la concentration augmente à plus de 150 ppm, il y a risque de corrosion. Il faudrait alors retirer complètement les Fumi-Strips^{MC}.

Si l'humidité est faible, comme l'humidité relative de 13 % à l'installation de Quaker, il faut ajouter des plaquettes supplémentaires pour augmenter la concentration de phosphine.

Température

Une faible pluie avec une brise légère refroidira rapidement le béton des murs extérieurs. La différence à l'extérieur entre midi et minuit peut être énorme. Il faut pouvoir chauffer le bâtiment pendant la fumigation. À la Quaker Oats, cela signifiait le redémarrage des chaudières toutes les 4 à 6 heures.

Temps

Le temps est un paramètre que l'on peut faire varier en tenant compte des autres facteurs. Si certains de ces derniers s'écartent des plages prévues, le temps d'exposition sera plus long.



La température a été mesurée au niveau du plancher. Des tubes ont servi à échantillonner le milieu de fumigation à partir de l'extérieur de l'aire expérimentale

Dioxyde de carbone

Le CO₂ est un gaz très pénétrant. Son débit doit être réglé de façon à maintenir une teneur constante de 5-7 %, et ce en compensant pour toute perte éventuelle. Les pertes seront plus élevées dans les bâtiments plus anciens, surtout par grand vent. Une étanchéisation efficace permet de réduire ces pertes. L'utilisation totale de CO₂ ne peut être déterminée qu'après le traitement.

Traitement combiné

Lorsqu'on ajoute du CO₂, le rythme respiratoire des insectes augmente de 50 %. Lorsque la concentration de CO₂ passe de 3 % à 5 %, la fréquence grimpe à 300 %. Une respiration accélérée, combinée à la phosphine et à la chaleur, exerce un grand stress sur les insectes, qui finissent par mourir.

Cette méthode a permis de contrôler deux des principaux obstacles dans l'emploi des produits à base de phosphine :

- **Temps** - Il faut au minimum 48 heures d'exposition pour une fumigation régulière à la phosphine. Dans une plage de 5 à 12 °C, cette exposition passe à 96 heures.
- **Corrosion** - Une concentration normale de phosphine se situerait dans une plage de 800 à 1200 ppm. À ce niveau, la corrosion est inévitable. Les ordinateurs, le câblage, etc, seront endommagés. Si l'humidité est élevée, cela peut se produire dès le premier traitement. À des concentrations plus faibles, il faudra peut-être 2 ou 3 fumigations avant que la corrosion n'intervienne.

Si tous les partenaires évoluent selon une chorégraphie bien orchestrée, le résultat sera étonnant. En reprenant l'image de David, on peut dire que, si le bromure de méthyle est une valse, alors le traitement combiné est le tango.

Annexe A - Collaborateurs et contributions

Fumigation expérimentale, 1996 (liste de personnes-ressources)

Nom et adresse des personnes-ressources

Description de la contribution

Livingston Clarke
Manager, Food Hygiene Services

Quaker Oats Co. of Canada

Quaker Park
Peterborough (Ontario)
K9J 7B2

Tél. : (705) 876-4219

Fax : (705) 876-4182

S'est occupé des arrangements nécessaires pour utiliser l'installation

A assuré la coordination pour la fourniture des produits

A organisé un lieu de réunion pour les observateurs

A fait en sorte que l'équipement électrique et l'équipement de chauffage requis ainsi que le personnel soient disponibles

A renoncé à toute rétribution

George B. Luzaich

Vice-président

Marketing & Sales

Degesch America Inc.

P. O. Box 116
275 Triange Drive
Weyers Cave, Virginia
U.S.A. 24486

Tél. : (540) 234-9281

Fax : (540) 234-8225

A fourni les Fumi-Strips^{MC} de phosphore de magnésium pour l'expérience

A fourni des standards pour l'étalonnage

Aide technique pour la démonstration sur place

A renoncé à toute rétribution

Talaat Girgis

Praxair Canada Inc.

(anciennement Liquid Carbonic Inc.)

3200, boul. Pitfield
Ville Saint-Laurent (Québec)
H4S 1K6

Tél. : (514) 856-7300

Fax : (514) 335-0677

A fourni le CO₂, l'équipement de mesure, le vaporisateur et les tuyaux

A fait en sorte que du personnel qualifié soit disponible pendant toute la fin de semaine

A fourni des standards analysés pour l'étalonnage

A renoncé à toute rétribution

Steve Childs

Praxair Canada Inc.

(anciennement Liquid Carbonic Inc.)

a/s 3200, boul. Pitfield
Ville Saint-Laurent (Québec)
H4S 1K6

Tél. : (514) 856-7300

Fax : (514) 335-0677

Expertise technique pour CO₂ (démonstration sur place)

Erie Mackenzie

Praxair Canada Inc.

(anciennement Liquid Carbonic Inc.)

a/s 3200, boul. Pitfield
Ville Saint-Laurent (Québec)
H4S 1K6

Tél. : (514) 856-7300

Fax : (514) 335-0677

Expertise technique pour CO₂ (démonstration sur place)

Bernie McCarthy

PCO Services Inc.

Robert Speck Pkwy
Mississauga (Ontario)
L4Z 3G1

Tél. : (905) 949-8778

Fax : (905) 949-8458

Directeur de projet pour l'expérience

A fourni du matériel, notamment des ARA, des ventilateurs et des tuyaux

A communiqué des données scientifiques, techniques et économiques pour le rapport

A renoncé à toute rétribution

Gary Muldoon

PCO Services Inc.

170 Robert Speck Pkwy
Mississauga (Ontario)
L4Z 301

Tél. : (905) 949-8778

Fax : (905) 949-8458

A mis du personnel et du matériel à la disposition du projet

A obtenu une assurance responsabilité civile pour le projet

A fait en sorte que toutes les exigences du MOEE soient respectées

A renoncé à toute rétribution

Dale Blaine, PhD.
PCO Services Inc.
170 Robert Speck Pkwy
Mississauga (Ontario)
L4Z 3G1
Tél. : (903) 949-8778
Fax : (905) 949-8458
A procédé aux bio-essais
Aide technique pour la démonstration sur place
A renoncé à toute rétribution

Bill Blodgett
PCO Services Inc.
170 Robert Speck Pkwy
Mississauga (Ontario)
L4Z 3G1
Tél. : (905) 949-8778
Fax : (905) 949-8458
Aide technique pour la démonstration sur place
A renoncé à toute rétribution

Cathy Cano
PCO Services Inc.
170 Robert Speck Pkwy
Mississauga (Ontario)
L4Z 3G1
Tél. : (905) 949-8778
Fax : (905) 949-8458
Aide technique pour la démonstration sur place
A renoncé à toute rétribution

Ron Gagné
PCO Services Inc.
3450, rue Ashby
Ville Saint-Laurent (Québec)
H4R 2C1
Tél. : (514) 333-4111
Fax : (514) 333-4652
Aide technique pour la démonstration sur place
A renoncé à toute rétribution

Don Lanteigne
PCO Services Inc.
170 Robert Speck Pkwy
Mississauga (Ontario)
L4Z 3G1
Tél. : (905) 949-8778
Fax : (905) 949-8458
Aide technique pour la démonstration sur place
A renoncé à toute rétribution

Sophie Marier
PCO Services Inc.
3450 Ashby
Ville Saint-Laurent (Québec)
H4R 2C1
Tél. : (514) 333-4111
Fax : (514) 333-4652
Aide technique pour la démonstration sur place
A renoncé à toute rétribution

Mike J. Stanley, Dipl. P.C.T.
District Manager
PCO Services Inc.
110 Saunders Road, Unit 5
Barrie (Ontario) L4M 6E7
Tél. : (705) 734-9477
Fax : (705) 734-0588
Sans frais : 1-800-461-4275
Aide technique pour la démonstration sur place
A renoncé à toute rétribution

Murray Wood
PCO Services Inc.
170 Robert Speck Pkwy
Mississauga (Ontario)
L4Z 3G1
Tél. : (905) 949-8778
Fax : (905) 949-8458
Aide technique pour la démonstration sur place
A renoncé à toute rétribution

David Mueller
Fumigation Service & Supply Inc.
10540 Jessup Blvd.
Indianapolis, Indiana
U.S. 46280
Tél. : (317) 846-5444
Fax : (317) 846-9799
Conseiller technique pour la démonstration sur place
Matériel, fournitures et expertise
A renoncé à toute rétribution

John Mueller
Fumigation Service & Supply Inc.
10540 Jessup Blvd.
Indianapolis, Indiana
U.S. 46280
Tél. : (317) 846-5444
Fax : (317) 846-9799
Conseiller technique pour la démonstration sur place
Matériel, fournitures et expertise
A renoncé à toute rétribution

Tim Hodgson
Fumigation Service & Supply Inc.
10540 Jessup Blvd.
Indianapolis, Indiana
U.S. 46280
Tél. : (317) 846-5444
Fax : (317) 846-9799
Aide technique pour la démonstration sur place
A renoncé à toute rétribution

Brett MacKillopp
Abell Pest Control
246 Artwell Drive
Rexdale (Ontario)
M9W 5B4
Tél. : (416) 675-1638
Fax : (416) 675-6727
Aide technique pour la démonstration sur place
A fourni des ARA pour le projet
A fourni du matériel et des tuyaux
A renoncé à toute rétribution

Dean Stanbridge
Professional Pest Contrik Consultants Inc.
348 Bronte Street South
Unit # 9
Milton (Ontario)
L9T 5B6
Tél. : (905) 878-8468
Fax : (905) 878-9223
Conseiller technique pour le projet
Aide technique pour la démonstration sur place
A rechargé les ARA avec l'aide du Service d'incendie
de Peterborough
A obtenu le matériel nécessaire provenant du Sir
Sandford Fleming College aux fins de mesures additionnelles
A renoncé à toute rétribution

Kelly Ryan
Professional Pest Control Consultants Inc.
348 Bronte Street South
Unit # 9
Milton (Ontario)
L9T 5B6
Tél. : (905) 878-8468
Fax : (905) 878-9223
Aide technique pour la démonstration sur place
A renoncé à toute rétribution

David Sanderson
Président
Reliable Exterminators Ltd.
1730 McPherson Court. Unit 32
Pickering (Ontario)
L1W 3E6
Tél. : (416) 831-2727
Fax : (416) 831-9130
Aide technique pour la démonstration sur place
Représentait l'Association canadienne de la lutte contre
les parasites
A renoncé à toute rétribution

Alain Van Ryckeghem
Sir Sandford Fleming College
Frost Campus
Albert St. South
CP 8000
Lindsay (Ontario)
Tél. : (705) 324-9144
Fax : (705) 878-9312
A fourni des ARA et le Photovac
A effectué des mesures pour le CO₂ et le phosphore de
magnésium
A renoncé à toute rétribution

Raymond Ridout
Sir Sandford Fleming College
Frost Campus
Albert St. South
CP 8000
Lindsay (Ontario)
Tél. : (705) 324-9144
Fax : (705) 878-9312
Aide technique pour la démonstration sur place
A renoncé à toute rétribution

Denis Bureau
Adalin Services Préventifs Ltée.
7363, rue Saint-Hubert
Montréal (Québec)
H2R 2N4
Tél. : (514) 852-9800
Fax : (514) 852-9809
Aide technique pour la démonstration sur place
A fourni des ARA pour le projet
A renoncé à toute rétribution

Richard Garon
Adalia Services Préventifs Ltée.
7363, rue Saint-Hubert
Tél. : (514) 852-9800
Fax : (514) 852-9909
Aide technique pour la démonstration sur place
A renoncé à toute rétribution

Karen Furgiuele
Gardex Chemicals
7 Meridian Road
Etobicoke (Ontario)
M9W 4Z6
Tél. : (416) 675-1638
Fax : (416) 798-1647
Importation du phosphore de magnésium, incluant la
préparation de tous les documents requis
A renoncé à toute rétribution

John O'Brien
Director, Technical Services
Dover Flour Mills
140 King St. W.
Cambridge (Ontario)
N3H 413
Tél. : (519) 653-6267
Fax : (519) 653-2125
Observateur pour la Canadian National Millers
Association

Dana Silk
Amis de la terre
251, Laurier ouest, suite 701
Ottawa (Ontario)
K1P 516
Tél. : (613) 230-3352
Fax : (613) 232-4354
Observateur

Michelle Marcotte
Présidente
Marcotte Consulting Inc.
443 Kintyre Private
Ottawa (Ontario)
K2C 3M9
Tél. : (613) 727-1465
Fax : (613) 727-8541
Documentation pour le projet et proposition de rapport
final écrit, à l'intention de tous les participants, conte-
nant l'information technique, scientifique et pratique

Geoff Cutten
Environmental Scientist
Section des pesticides
**Ministère ontarien de l'Environnement et de
l'Énergie**
135 St. Clair Avenue West
Toronto (Ontario)
M4V 1P5
Tél. : (416) 323-5117
Fax : (416) 323-5166
A facilité l'obtention d'un permis de fumigation, y
compris tous les permis requis pour permettre à David
Mueller et à Denis Bureau de participer sur place au
projet
A renoncé à toute rétribution et à tout droit pour le
permis

Vanessa Palmer Newman
**Ministère ontarien de l'Environnement et de
l'Énergie**
135 St. Clair Avenue West
Toronto (Ontario)
M4V 1P5
Tél. : (416) 323-5117
Fax : (416) 323-5166
Observateur

Chris Van Nam
Commission canadienne des grains
800-269, rue Main
Winnipeg (Manitoba)
R3C 1B2
Tél. : (204) 983-2788
Fax : (204) 984-5139
Observateur

Pierre Beauchamps
Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire
Santé Canada
59, promenade Camelot
Nepean (Ontario)
K1A 0Y9
Tél. : (613) 952-8192 poste 4407
Fax : (613) 990-0605
A autorisé, dans le cadre du projet, l'emploi du
phosphore de magnésium, un produit non homologué
au Canada

Ross Pettigrew
Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire
Santé Canada
Tél. : (519) 837-9400 poste 2112
Fax : (519) 937-9773
S'est occupé du dédouanement du phosphore de magnésium à l'entrée au Canada après réception de l'autorisation
Observateur

Rob Ward
Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire
Santé Canada
59, promenade Camelot
Nepean (Ontario)
K1A 0Y9
Tél: (613) 952-8192 poste 4407
Fax : (613) 990-0605
Observateur

Fred Jamieson
Direction générale de la protection de la santé
Santé Canada
2301 Midland Ave.
Scarborough (Ontario)
M1P 4R7
Tél. : (416) 954-9033
Fax : (416) 954-3576
Observateur

Raymond Tsang
Direction générale de la protection de la santé
Santé Canada
2301 Midland Ave.
Scarborough (Ontario)
M1P 4R7
Tél. : (416) 954-9033
Fax : (416) 954-3576
Observateur

Bernard Madé
Évaluation des produits chimiques commerciaux
Environnement Canada
Place Vincent Massey, 14^e étage
Hull (Québec)
K1A 0H3
Tél. : (819) 994-3249
Fax : (819) 953-4936
Observateur

Colin Demianyk
Centre de recherches sur les céréales
Agriculture et Agroalimentaire Canada
195, ch. Dafoe
Winnipeg (Manitoba)
R3T 2M9
Tél. : (204) 983-1631
Fax : (204) 983-4604
A procédé aux bio-essais pour évaluer l'efficacité
A fourni des données et de l'information scientifiques pour le rapport

Hilary Girt
Direction générale des communications
Agriculture et Agroalimentaire Canada
930, av. Carling
Ottawa (Ontario)
K1A 0C5
Tél. : (613) 759-7937
Fax : (613) 759-7982
Expertise et conseils pour le plan de communication
A aidé à la préparation de toutes les communications requises

Robert Trottier
Coordination de la recherche
Agriculture et Agroalimentaire Canada
930, av. Carling
Ottawa (Ontario)
K1A 0C5
Tél. : (613) 759-7801
Fax : (613) 759-7238
Observateur

Linda Dunn
Bureau de l'environnement
Agriculture et Agroalimentaire Canada
930, av. Carling
Ottawa (Ontario)
K1A 0C5
Tél. : (613) 759-7304
Fax : (613) 759-7238
Coordinatrice du projet

Canada 