

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 474 281**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 80 01783**

(54) Procédé de traitement par fumigation à faible débit d'air d'un produit agricole.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). A 23 B 9/00; A 01 F 25/14.

(22) Date de dépôt ..... 28 janvier 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 31 du 31-7-1981.

(71) Déposant : Société dite : DEGESCH GMBH, résidant en RFA.

(72) Invention de : James S. Cook.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Bert, de Kervenant et Herrburger,  
115, bd Haussmann, 75008 Paris.

10 L'invention concerne un procédé de fumigation à faible débit d'air permettant de traiter chimiquement des produits agricoles, tels que du grain, stockés en grandes quantités. Plus précisément l'invention concerne un procédé de 5 traitement dans lequel on utilise une circulation d'air pour distribuer un produit chimique gazeux.

15 Les produits agricoles tels que le grain sont fréquemment stockés pendant de longues périodes de temps, comme par exemple entre les moissons et les traitements ultérieurs 10 des produits récoltés. Ces périodes de stockage peuvent être extrêmement longues. Par suite, pour conserver la qualité des produits stockés on a utilisé dans l'industrie du stockage un certain nombre de procédés permettant de maintenir les produits dans de bonnes conditions et d'empêcher leur détérioration.

20 15 La température et l'humidité des produits stockés doivent par exemple être maintenues dans certaines limites pour éviter les détériorations. Ce conditionnement s'est parfois fait en remuant physiquement le grain à l'intérieur de l'installation de stockage. Les contrôles de température et 25 d'humidité ont également été réalisés en utilisant de grands ventilateurs pour aérer le produit par l'intermédiaire d'un système d'ouvertures de ventilation prévues dans le silo de stockage, ce système étant typiquement constitué par une rampe d'aération placée au-dessous du produit stocké et par des ouvertures de ventilation ménagées dans le toit ou dans la structure supérieure (couramment appelée "superstructure") de l'installation de stockage. Cela permet de forcer l'air à passer vers le haut ou vers le bas à travers le volume du produit stocké.

30 30 Outre les problèmes dus à des conditions de température ou d'humidité excessives, les produits agricoles stockés peuvent également être détériorés par divers parasites vivants tels que des insectes mangeant le produit ou y déposant des oeufs etc... Par suite, dès que les produits sont stockés, 35 il faut prendre des mesures pour empêcher les dégradations importantes qui pourraient autrement se produire. Différents produits chimiques liquides ont été appliqués aux produits agricoles stockés pour tuer ces parasites et empêcher qu'ils détériorent les produits stockés.

40 Ces désinfectants liquides sont appliqués au

sommet du produit stocké de manière à pouvoir couler vers le bas dans tout le volume du produit pour atteindre les parasites en tous points de ce volume. Cependant ces applications de liquides sont des moyens de contrôle chers et difficiles à 5 mettre en oeuvre pour s'assurer d'une distribution uniforme du produit chimique dans tout le produit stocké, ce qui est nécessaire pour se débarrasser d'un pourcentage suffisamment élevé des parasites.

Des désinfectants gazeux ont également été 10 utilisés dans le même but. Ces désinfectants gazeux peuvent être appliqués par l'intermédiaire d'un système de ventilation forcée permettant de faire circuler le désinfectant à travers le produit emmagasiné puis de le faire sortir par le système d'aération.

15 Ce procédé est connu sous le nom de système de fumigation à "simple passage". Pour tenter d'améliorer encore le rendement de l'opération de fumigation et l'uniformité de la distribution de désinfectant gazeux, on a développé dans l'art antérieur un procédé de fumigation par recyclage d'air 20 forcé.

Dans ce procédé toutes les ouvertures de ventilation du silo de stockage sont isolées de l'atmosphère ambiante.

Une conduite d'air est fixée au silo au-dessus 25 du niveau du produit (superstructure de stockage), et reliée à l'ouverture d'admission d'un ventilateur ou d'une soufflerie amenant l'air à un système de ventilation placé au-dessous du produit stocké. Le désinfectant gazeux est introduit dans cette conduite ou dans le silo lui-même, et le ventilateur ou la 30 soufflerie permettent d'obtenir le passage forcé de l'air et du désinfectant gazeux à travers le produit stocké. Le mélange gazeux d'air et de désinfectant est ensuite envoyé vers l'ouverture d'admission de la soufflerie par la conduite d'air, et ce mélange est recyclé à travers le produit, le recyclage durant 35 une période de temps suffisante pour obtenir une concentration uniformément distribuée du désinfectant dans tout le volume du produit stocké.

Dans la mise en oeuvre de ces procédés de 40 traitement à recyclage, la quantité totale des produits chimiques de fumigation est libérée pendant une période de temps

relativement courte, typiquement de l'ordre de 10 à 40 minutes. Ces temps de libération relativement courts nécessitent dans cette technique l'utilisation de débits d'air relativement élevés pour obtenir une distribution uniforme du désinfectant.

- 5 La distribution de ce désinfectant est de plus affectée par les propriétés chimiques de la fumigation particulière utilisée. Ces produits chimiques sont susceptibles d'être absorbés par le produit stocké, c'est-à-dire qu'ils peuvent être absorbés par le grain ou par la surface de celui-ci. De plus certains 10 produits chimiques de fumigation peuvent se transformer en composés différents après application.

Ces différentes caractéristiques tendent à produire des déséquilibres de concentration du désinfectant, les concentrations les plus élevées se produisant aux endroits 15 les plus proches du point de libération du désinfectant de fumigation. Lorsqu'on tient compte de ces contraintes les débits d'air nécessaires dans les procédés de fumigation à recyclage sont compris typiquement entre  $7,8 \text{ l/mn/m}^3$  (litre par minute par  $\text{m}^3$  de produit stocké) et  $156 \text{ l/mn/m}^3$ , ces débits 20 d'air correspondant à un renouvellement complet de l'air dans le grain stocké entre 2,5 et 50 minutes. Des débits d'air plus faibles n'ont pas été utilisés car on a constaté qu'ils ne permettaient pas de tuer totalement et avec certitude les parasites à détruire.

- 25 Il faut ainsi prévoir des conduites et des souffleries de relativement grandes capacités pour mettre en oeuvre ce procédé classique, le diamètre des conduites étant de l'ordre de 30 à 90 cm, et les moteurs des souffleries nécessitant une puissance de l'ordre de 5 à 100 chevaux-vapeur. 30 Ces grosses conduites sont relativement chères et la taille des souffleries nécessite une relativement grande consommation de puissance pour effectuer ces opérations de fumigation classiques.

35 Comme indiqué ci-dessus, le débit s'exprime normalement en litres par minute par  $\text{m}^3$  de produit stocké ( $1/\text{mn/m}^3$ ). Avec ces unités les produits agricoles tels que du grain peuvent être séchés avec des débits d'environ  $390 \text{ l/mn/m}^3$  (correspondant à un renouvellement d'air complet en 10 minutes), le refroidissement et le conditionnement se font avec un débit 40 d'air d'environ  $156 \text{ à } 39 \text{ l/mn/m}^3$  (pour un renouvellement d'air

en 2,5 à 10 minutes), les fumigations utilisant les procédés classiques à recyclage ou à simple passage d'air forcé se faisant traditionnellement avec des débits se situant approximativement entre 7,8 et 312 l/mn/m<sup>3</sup>, la valeur la plus 5 courante étant de 19,5 l/mn/m<sup>3</sup> (correspondant à un renouvellement d'air en 20 minutes).

Un produit chimique de fumigation particulier, tel que le phosphure d'aluminium, constituant un désinfectant solide, se trouve sous la forme de tablettes, de boulettes ou 10 de poudre vendue en sacs. Le phosphure d'hydrogène gazeux (phosphine) est produit à partir du phosphure d'aluminium solide en présence de l'humidité atmosphérique.

Le phosphure d'hydrogène a été utilisé dans le passé pour les applications de fumigation statiques, mais les 15 spécialistes de la question affirment qu'il ne doit pas être utilisé dans les systèmes à air forcé. Sous sa forme solide il a été appliqué au grain lorsque celui-ci passait d'un silo à un autre, et se distribuait à partir du sommet ou du sommet et du fond de la masse de grain contenue dans un silo. On a 20 ainsi pu constater que ce désinfectant se trouvait dans le grain à différentes profondeurs.

Chacun de ces procédés de fumigation dépend de la faculté de pénétration du phosphure d'hydrogène gazeux et des courants de convection produits à l'intérieur de 25 l'installation de stockage pour assurer la distribution de ce désinfectant dans tout le produit stocké. Des systèmes de ventilation à grands débits d'air ont été utilisés à l'occasion pour tenter d'améliorer la pénétration du phosphure d'hydrogène. Bien que d'autres désinfectants soient libérés et donnent une 30 concentration de gaz maximum au bout d'environ 10 à 40 minutes, le phosphure d'aluminium demande au contraire un temps beaucoup plus long, de l'ordre de 16 à 30 heures, pour libérer le phosphure d'hydrogène qu'il contient, et la relation existante entre ce temps de libération et le débit d'air 35 convenable n'a jamais été établie de façon satisfaisante jusqu'à maintenant.

Par suite le besoin s'est fait sentir de pouvoir disposer d'un procédé de traitement du grain et autres produits agricoles qui fournisse une distribution uniforme des 40 produits chimiques avec des débits d'air correspondant à la

vitesse de libération du gaz, et qui présente une grande efficacité de destruction uniforme des parasites sans faire appel à des équipements de recyclage d'air trop importants et trop chers, et sans nécessiter de trop grandes quantités de 5 produits chimiques.

L'invention a pour but de répondre à ces besoins en créant un procédé nouveau et perfectionné de traitement de produits agricoles stockés en silos.

A cet effet l'invention concerne un procédé de 10 traitement par fumigation d'un produit agricole stocké dans un silo, procédé caractérisé en ce qu'il comprend les différentes étapes consistant à introduire un produit chimique gazeux dans le silo, à choisir le produit chimique de façon que son absorption par le produit agricole à traiter soit minimum, 15 et à faire circuler le produit chimique et l'air à travers le produit agricole avec un débit de circulation très faible.

Dans une forme plus particulière de réalisation utilisant la technique à simple passage, le procédé selon 20 l'invention est caractérisé en ce qu'il comprend les différentes étapes consistant à placer le produit agricole dans un silo fermé, à prévoir une conduite d'air pénétrant dans le silo, à introduire un produit chimique gazeux dans ce silo, le produit chimique particulier utilisé étant choisi de manière à présenter une absorption minimum par le produit agricole, et à forcer 25 de l'air à passer à travers la conduite d'air avec un débit très faible pendant un temps suffisant pour distribuer uniformément le produit chimique dans tout le produit agricole.

Dans une autre forme particulière de réalisation utilisant la technique à recyclage, le procédé selon l'invention 30 est caractérisé en ce qu'il comprend les différentes étapes consistant à placer le produit dans un silo fermé, à prévoir une conduite d'air entre les parties supérieure et inférieure du silo, à introduire un produit chimique gazeux dans le silo, le produit chimique particulier utilisé étant choisi de manière à présenter le minimum d'absorption par le produit agricole, et à forcer 35 de l'air à passer dans la conduite d'air avec un débit très faible, cet air et le produit chimique étant recyclés pendant un temps suffisant pour distribuer uniformément le produit chimique dans tout le produit agricole.

40 Dans une forme préférée de réalisation le

procédé selon l'invention est utilisé pour désinfecter des produits agricoles par fumigation d'un désinfectant gazeux se présentant sous la forme de phosphure d'hydrogène dégagé par du phosphure d'aluminium.

5 Pour tirer le meilleur rendement de ce procédé, l'air contenu dans le silo est de préférence recyclé avec un débit inférieur à  $4,7 \text{ l/mn/m}^3$  environ (renouvellement de l'air en 1,5 heure). Les meilleurs résultats ont été obtenus par ce procédé avec des débits d'air maintenus entre environ  $11,7 \text{ l/mn/m}^3$  10 (renouvellement de l'air en 6,5 heures) et  $0,6 \text{ l/mn/m}^3$  (renouvellement de l'air en 11 heures). Le procédé a été expérimenté avec succès dans le cas d'un débit d'air suffisamment faible pour effectuer un renouvellement d'air en 3,5 jours.

15 Le procédé selon l'invention est particulièrement intéressant pour les fumigations de produits farinacés tels que de la farine et du grain complètement ou partiellement traités.

20 On a donc souligné ci-dessus un certain nombre d'exemples des caractéristiques les plus importantes de l'invention pour permettre une meilleure compréhension de la description détaillée qui suit, et une meilleure appréciation du progrès apporté par l'invention à l'art antérieur. Cependant d'autres caractéristiques de l'invention seront bien évidemment décrites ci-après et feront l'objet des revendications ci-jointes.

25 Ces autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui suit d'exemples préférés de réalisation de l'invention correspondant au dessin ci-joint dont la figure unique est une vue schématique d'une disposition typique 30 de silo de stockage de produits agricoles permettant de mettre en oeuvre le procédé selon l'invention.

35 Sur la figure, le produit agricole 10 est stocké dans un silo ou réservoir 12. Une soufflerie ou ventilateur 14 est relié à la partie inférieure du silo 12 par une conduite d'alimentation d'air 16 et une rampe de ventilation 18, tandis qu'une conduite de retour d'air 20 est reliée au silo 12 au voisinage de sa partie supérieure de manière à ramener l'air du silo vers la soufflerie d'injection 14 pour recycler cet air par la conduite 16 en le faisant de nouveau passer dans le 40 produit stocké 10.

Dans les procédés de traitement connus utilisant la technique à passage unique, le produit chimique voulu est introduit dans le produit stocké 10 par la soufflerie 14 en utilisant l'une ou l'autre des conduites 16 ou 20 pour forcer 5 l'air et le produit chimique soit vers le haut soit vers le bas, respectivement de manière à faire passer cet air et ce produit chimique à travers le produit stocké pour qu'ils partent dans l'atmosphère en sortant par les ouvertures d'aération.

10 Pour mettre en œuvre le traitement chimique gazeux par la technique de recyclage, on commence par fermer toutes les ouvertures de ventilation du silo 12 débouchant dans l'atmosphère pour former un circuit fermé.

15 Le système de recyclage constitué par la soufflerie 14 et les conduites d'alimentation et de retour associées 16 et 20, est monté sur le silo pour former un chemin de circulation d'air traversant le réservoir et le produit stocké 10. On applique ensuite le produit chimique voulu pour effectuer la fumigation à l'intérieur du système fermé.

20 Dans ces procédés le produit chimique peut être appliqué typiquement par la surface supérieure du produit agricole 10, bien qu'on puisse également appliquer le produit chimique de fumigation ou autre, n'importe où dans le système en circuit fermé, c'est-à-dire par exemple dans le conduit d'alimentation 16 ou dans le conduit de retour 20, suivant 25 les besoins correspondant à chaque application particulière. On fait ensuite fonctionner la soufflerie 14 pendant une période de temps convenable pour obtenir une distribution uniforme du désinfectant gazeux dans tout le volume du produit agricole 10. Lorsque la soufflerie a fonctionné pendant une 30 période de temps suffisante pour donner la distribution uniforme voulue, on coupe la soufflerie et aucune circulation d'air n'est plus nécessaire jusqu'à ce qu'on désire ventiler le silo pour aérer le produit agricole et évacuer le gaz de fumigation.

35 Ces procédés de traitement par circulation d'air forcée ont été utilisés jusqu'à maintenant d'une façon très générale dans l'art antérieur pour réaliser la fumigation du grain ou autres produits agricoles. Cependant, dans les techniques antérieures à la présente invention, le procédé de traitement à air forcé se faisait avec des débits d'air beaucoup plus 40

importants que ceux utilisés pour mettre en oeuvre la présente invention.

La soufflerie 14, la conduite d'alimentation 16 et la conduite de retour 20 sont dimensionnées schématiquement de manière à représenter les tailles relativement 5 importantes de ces éléments typiquement utilisées pour réaliser, par les procédés classiques, les opérations de séchage, de refroidissement de conditionnement et de traitement du produit 10.

10 La figure représente également une conduite de retour à faible débit 22, une soufflerie à faible débit 24, et une conduite d'alimentation à faible débit 26, ces éléments de tailles et de capacités relativement faibles étant spécialement conçus pour mettre en oeuvre le procédé selon l'invention.

15 Ce procédé selon l'invention peut être appliqué à la technique à simple passage en introduisant le produit chimique de traitement dans la zone de superstructure 28 du silo 12. Lorsque l'aération du silo débouche dans l'atmosphère le gaz est entraîné vers le bas, à travers le produit stocké, 20 par la soufflerie 24, le débit de ce gaz étant très faible. On coupe ensuite la soufflerie et l'on ferme les ouvertures d'aération. On peut également introduire inversement le produit chimique par le bas du silo 12, et utiliser le ventilateur 24 pour forcer le passage du gaz vers le haut à travers le produit, 25 stocké 10, le débit étant là encore très faible.

La technique à simple passage selon l'invention peut également être mise en oeuvre en utilisant des équipements de circulation de capacité plus grande tels que la soufflerie 14, la conduite d'alimentation 16 et la conduite de retour 20.

30 Lorsqu'on utilise les équipements classiques de capacité plus grande, on peut obtenir les débits d'air très faibles nécessaires à la mise en oeuvre de l'invention, en ne faisant tourner la grande soufflerie 14 que pendant une à cinq minutes à intervalles de trois à quatre heures. Cependant lorsqu'on 35 utilise les systèmes à grande capacité il faut faire très attention au fait que ces systèmes fonctionnent à pressions beaucoup plus élevées et que par conséquent il faut maintenir l'étanchéité de tous les points du système risquant de fuir.

Le procédé selon l'invention peut s'appliquer 40 de la même façon à la technique de traitement par recyclage

dans laquelle les ouvertures d'aération extérieure du silo 12 sont fermées de manière étanche, et dans laquelle la soufflerie 24 et les conduites 22 et 26 sont utilisées pour recycler le produit chimique avec un débit très faible pendant une période 5 de temps suffisante pour obtenir une distribution uniforme.

Comme dans le cas du procédé à simple passage, la technique à recyclage peut se mettre en oeuvre, selon l'invention, en utilisant les systèmes classiques à grand débit d'air, à condition de faire fonctionner la soufflerie pendant des intervalles de temps très courts, et de prendre les précautions 10 convenables pour tenir compte des pressions plus élevées.

Une caractéristique très importante de l'invention consiste à utiliser un procédé de traitement par circulation d'un produit chimique ne nécessitant que des débits d'air, 15 beaucoup plus faibles que dans les procédés précédemment connus.

Dans les procédés selon l'art antérieur, par exemple, on utilisait couramment des débits d'air de  $7,8 \text{ l/mn/m}^3$  et plus permettant d'obtenir un renouvellement complet de l'air dans le produit stocké en 50 minutes ou moins. On a cependant 20 constaté que les meilleurs résultats sont au contraire obtenus avec un meilleur rendement en produisant et en introduisant lentement des produits chimiques désinfectants à faible absorption tout en utilisant des débits beaucoup plus faibles associés à des produits chimiques de traitement convenablement choisis.

25 Dans les procédés de technique antérieure le débit d'air doit être maintenu à une valeur relativement élevée car on a constaté qu'aux débits plus faibles le produit chimique de traitement est absorbé de façon préférentielle par le grain ou autre produit agricole le plus voisin du point d'introduction du gaz dans le silo de stockage. Par exemple des 30 produits chimiques tels que l'acide hydrocyanique, le dibromure d'éthylène, ou le dichlorure d'éthylène, qu'on utilisait couramment jusqu'ici comme désinfectants de produits agricoles, avaient tendance à être fortement absorbés par ces produits 35 agricoles. Cette caractéristique de forte absorption conduisait à un déséquilibre de la distribution du désinfectant de fumigation dans le volume du produit stocké.

Par suite, dans les procédés selon l'art antérieur, pour obtenir une destruction effective des parasites 40 dans tout le produit stocké, il faut utiliser des équipements

à grande capacité de débit d'air pendant des temps d'application très longs pour que toutes les parties du produit stocké reçoivent une suffisamment grande concentration de désinfectant pour obtenir la destruction souhaitée des parasites, ce qui 5 conduit à des coûts plus élevés et à des difficultés supplémentaires pour aérer ensuite le produit stocké de manière à évacuer les résidus éventuels des produits chimiques de fumigation. Une autre conséquence de l'utilisation des débits 10 élevés est l'augmentation des fuites de gaz de fumigation dues aux différences de pression plus importantes qui en résultent, ce qui nécessite, dans ces procédés de technique 15 antérieure, de prévoir encore des quantités supplémentaires de désinfectant gazeux avec les risques que cela comporte.

On a cependant constaté, selon l'invention, 20 qu'en choisissant un produit chimique gazeux à faible absorption ou même à absorption nulle par les produits agricoles à traiter, et en libérant ce produit chimique lentement, on pouvait réduire considérablement le débit de circulation d'air du traitement tout en obtenant de meilleurs résultats et en économisant le produit chimique et la puissance nécessaires. Pour mettre en oeuvre le procédé de fumigation selon l'invention on peut par exemple utiliser des débits inférieurs à 25 4,7 l/mn/m<sup>3</sup> environ. On utilise de préférence des débits compris entre 1,2 et 0,6 l/mn/m<sup>3</sup> et l'on a constaté que ces débits correspondent à un renouvellement complet de l'air dans le produit stocké en 6,5 à 11 heures.

Dans la forme préférée de mise en oeuvre du procédé selon l'invention on utilise du phosphure d'hydrogène inhibé comme gaz de fumigation. Ce phosphure d'hydrogène gazeux 30 peut être obtenu à partir de phosphure d'aluminium vendu sous forme de tablettes, de boulettes ou de poudre en sacs. Le phosphure d'aluminium peut être appliqué en différents points du système de recyclage, suivant les besoins de chaque application particulière.

Bien que le procédé selon l'invention ait été 35 mis en oeuvre ici en utilisant du phosphure d'aluminium pour obtenir du phosphure d'hydrogène comme gaz de fumigation, il est évident pour les spécialistes de la question, qu'on peut également utiliser d'autres gaz de fumigation à condition que 40 ces gaz soient relativement peu absorbés par les produits

agricoles à traiter. De plus l'invention peut également s'utiliser avec d'autres produits chimiques à faible absorption, pour effectuer d'autres traitements que la fumigation, traitements tels que par exemple la désodorisation.

5 Les caractéristiques et avantages de l'invention se comprendront mieux en les illustrant sur divers exemples :

EXEMPLE 1 -

10 Trois réservoirs ou silos de grain identiques en acier soudé, d'environ 12,2 mètres de haut et 34,7 mètres de diamètre, ont été remplis jusqu'à une hauteur d'environ 11 mètres, par 11 630 m<sup>3</sup> de riz non décortiqué à grains longs. Tous ces silos ont été hermétiquement fermés. Une soufflerie de 15 15 deux chevaux-vapeur de 15,2 cm d'orifice d'entrée et 10,9 cm d'orifice de sortie a été utilisée sur les deux derniers silos. Un tuyau de retour métallique de 15,2 cm a été monté entre le sommet de chaque silo et l'orifice d'entrée de la soufflerie. Une petite section de 15,2 cm de tuyau flexible de 10,2 cm a été montée entre l'orifice de sortie de la soufflerie et le 20 système collecteur central placé au fond du silo. Cela a permis d'obtenir un débit d'air de 0,98 l/mn/m<sup>3</sup> pour un renouvellement d'air en 8 heures environ dans la masse du riz.

25 A titre de comparaison, le premier silo a été soumis à une fumigation appliquant les recommandations de la marque Phostoxin <sup>f</sup> (marque de fabrique du phosphure d'aluminium), sans circulation d'air. Deux boîtes de tablettes de Phostoxin <sup>r</sup> (environ 40 tablettes pour 36,35 m<sup>3</sup> de riz) ont été dispersées régulièrement à la surface du riz. La fumigation a été considérée comme complète et l'expérience terminée au bout de 500 heures 30 (21 jours).

Dans le premier silo on a enregistré de fortes concentrations de superstructure, dépassant 2 400 ppm. Le gaz a demandé 5 jours pour pénétrer jusqu'au fond du silo avec des concentrations semi-mortelles de 10 à 15 ppm. Au bout de 21 35 jours la concentration dans le fond du silo ne dépassait pas 20 ppm bien qu'une concentration minimum de 50 ppm aurait été préférable.

40 Le second silo a été traité par le système à recyclage d'air. Deux boîtes de Phostoxin <sup>r</sup> (environ 40 tablettes pour 36,35 m<sup>3</sup> de riz) ont été dispersées régulièrement à la

surface du riz. Au bout de 3 heures, après que les concentrations en désinfectant de la superstructure aient atteint 490 ppm, la soufflerie a été mise en route de manière à fonctionner en permanence pendant environ 13 heures, sauf pendant une courte 5 interruption. Au bout de 10 heures d'arrêt la soufflerie a été remise en route pour environ 8 heures, soit un total de 21 heures environ pour l'ensemble de l'expérience. La soufflerie a été débranchée à ce moment et les résultats de l'expérience ont été observés au bout de 201 heures (8,3 jours).  
10 Une distribution complète de 450 ppm a été obtenue dans l'ensemble du silo au bout de 8 heures après l'application. Des concentrations mortelles régulières ont été maintenus et ont donné une destruction complète des parasites au bout de 5,5 à 8 jours d'exposition.  
15 Le troisième silo a été traité par recyclage d'air en utilisant une boîte de tablettes de Photxin<sup>®</sup> (environ 20 tablettes pour 36,35 m<sup>3</sup> de riz). Les tablettes ont été pulvérisées et soufflées dans le volume situé au-dessus du riz, à partir d'un même endroit. Au bout de 1,5 heure d'exposition, 20 une concentration de 650 ppm étant observée au-dessus du riz, la soufflerie a été mise en route en permanence pour une durée de 18,5 heures. L'analyse a été interrompue et la fumigation a été considérée comme complète au bout de 135 heures (5,67 jours). Avec la moitié du dosage précédent une distribution complète du gaz a été obtenue au bout d'une période de 8 heures.  
25 La destruction complète des parasites a été obtenue en 5,67 jours.

EXEMPLE III -

Un bâtiment de stockage plat à parois d'acier de 27 mètre de large par 110 mètres de long et 12 mètres de haut, contenant quatre casiers de 27 x 27 mètres d'une capacité totale de 36.000 m<sup>3</sup>, a été construit. Chaque casier a été rempli jusqu'à une hauteur nivellée de 11 mètres de manière à obtenir une contenance totale de 26.200 m<sup>3</sup> de riz non décoftiqué.  
30 80 tablettes de phosphure d'aluminium pour 36,35 m<sup>3</sup> de riz, ont été soufflées dans les extrémités supérieures du bâtiment par un tube de 5,7 cm de diamètre relié à un ventilateur à grande vitesse de 1,5 cheval-vapeur. Le ventilateur a été relié à une rampe de ventilation inférieure placée sous chaque casier.  
35 40 Le débit d'air calculé était ainsi d'environ 1,2 l/mn/m<sup>3</sup> (pour

un renouvellement d'air total en 6 heures). Une contamination naturelle de charançons de riz et autres insectes de plus petite taille a été initialement observée et le riz a été déchargé au bout de quatre mois environ, ce riz ne contenait plus aucun 5 parasite vivant. Une distribution complète du désinfectant a été obtenue au bout de 6 heures avec des concentrations se situant parfaitement bien à l'intérieur des tolérances permettent d'obtenir une bonne destruction des parasites.

EXEMPLE III -

10 Deux silos de stockage de grain identiques, en acier ondulé, de 22 mètres de diamètre, 15,5 mètres de bord de toit et 22 mètres de sommet, d'une capacité moyenne de  $7.200 \text{ m}^3$ , ont été remplis de  $7.140 \text{ m}^3$  de grain jaune N° 2. Un tuyau en 15 P V C (chlorure de polyvinyle) de 15 cm a été monté dans le toit à 5 à 7,6 cm au-dessus du bord de toit, et a été dirigé vers le bas de la paroi extérieure jusqu'à 1,5 mètres du sol. Une rampe en tuyau de P V C et une conduite flexible ont été reliées au tuyau de retour d'une soufflerie de deux chevaux-vapeur, l'alimentation de la soufflerie étant reliée au 20 système de ventilation placé dans le bas du silo sous le grain. Les calculs de pression d'air ont donné un débit d'air d'environ  $1,95 \text{ l/mn/m}^3$  (renouvellement de l'air en 3,5 heures). Les deux silos ont été désinfectés par des doses identiques d'environ 25 80 tablettes pour  $36,35 \text{ m}^3$  de grains, en utilisant deux boîtes (14.400 tablettes) de tablettes de Phostoxin <sup>R</sup> par silo.

Dans le premier silo le dosage complet a été réparti sur la surface du grain du côté opposé à la conduite de retour d'air. Le système de ventilation a été mis en route peu après l'introduction des tablettes et la ventilation a fonctionné pendant 12 heures. 7 heures plus tard la ventilation 30 a été remise en route pour une durée supplémentaire de 5,5 heures, soit une durée totale de ventilation de 17,5 heures ou une fumigation de 24 heures.

Une distribution complète et régulière du 35 désinfectant a été obtenue au bout de 3,5 heures et des résultats parfaitement satisfaisants ont été obtenus.

Dans le second réservoir 9.600 tablettes (2/3 de la dose) ont été réparties dans la zone supérieure du silo et les 4.800 tablettes restantes ont été jetées dans les 40 quatre conduits de ventilation situés dans le bas du silo.

Aucun débit d'air n'a été utilisé. Une concentration irrégulière de désinfectant a été enregistrée en différents endroits à partir du sommet et du fond du silo. 2,5 jours ont été nécessaires pour que le gaz pénètre au milieu du silo.

5 Les avantages de l'invention peuvent se résumer en comparant les différents paramètres de traitement avec un silo de stockage étanche typique, en acier, d'une capacité de 7.270 m<sup>3</sup>.

10 La ventilation et le conditionnement peuvent se faire dans ce silo en utilisant un débit de 78 l/mn/m<sup>3</sup> nécessitant une soufflerie de 20 chevaux-vapeur alimentant une conduite de 122 cm de diamètre pour obtenir 566 m<sup>3</sup>/mn.

15 Les procédés de fumigation à recyclage classiques utiliseraient typiquement un débit de 195 l/mn/m<sup>3</sup> qui serait fourni par une soufflerie de 3 à 5 chevaux-vapeur et une conduite de 91 cm.

20 En comparaison le procédé de fumigation selon l'invention peut se mettre en oeuvre dans un tel silo en utilisant un débit de 0,78 l/mn/m<sup>3</sup> ne nécessitant qu'une soufflerie de 1/3 de cheval-vapeur alimentant une conduite de 11,4 cm de diamètre. Le procédé selon l'invention peut même se mettre en oeuvre de manière efficace avec des débits de l'ordre de 0,62 l/mn/m<sup>3</sup> utilisant un équipement encore plus petit.

25 Les avantages de l'invention apparaîtront encore plus clairement en comparant les dosages nécessaires pour appliquer le phosphure d'aluminium. Les instructions d'emploi recommandent d'utiliser 180 tablettes pour 36,35 m<sup>3</sup> de grain, bien que dans le cas général on utilise 40 à 80 tablettes pour 36,35 m<sup>3</sup> conduisant respectivement à des délais 30 de désinfection effective de 8 à 10 jours et de 8 à 21 jours. L'utilisation du procédé selon l'invention limite la consommation à 20 à 40 tablettes pour 36,35 m<sup>3</sup> pour obtenir une désinfection effective au bout de 5,5 à 6 jours.

35 Bien qu'on ait représenté et décrit ici des formes typiques de réalisation de l'invention, d'autres variantes sont également possibles et envisageables par les spécialistes de la question pour qui la présente description indique simplement la manière et la technique permettant de mettre en oeuvre le procédé selon l'invention. On peut par exemple remplacer certaines étapes du processus par d'autres, et certaines caractéristiques de l'invention peuvent être utilisées indépendamment des autres.

REVENDICATIONS

1.- Procédé de traitement par fumigation d'un produit agricole stocké dans un silo, procédé caractérisé en ce qu'il comprend les différentes étapes consistant à introduire un produit chimique gazeux dans le silo ; à choisir le produit chimique de façon que son absorption par le produit agricole à traiter soit minimum, et à faire circuler le produit chimique et l'air à travers le produit agricole avec un débit de circulation très faible.

10 2.- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le produit chimique gazeux utilisé est du phosphure d'hydrogène.

15 3.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le phosphure d'hydrogène est obtenu à partir de phosphure d'aluminium.

4.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le produit chimique et l'air circulent avec un débit inférieur à environ  $4,7 \text{ l/mn/m}^3$ .

20 5.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le débit est maintenu entre environ  $1,17$  et  $0,6 \text{ l/mn/m}^3$ .

25 6.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le débit est maintenu suffisamment bas pour obtenir un renouvellement complet de l'air dans le produit agricole en 3,5 jours environ.

7.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le produit agricole traité est un produit farinacé.

30 8.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le produit désinfecté par fumigation est du grain.

9.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le produit désinfecté par fumigation est du grain traité.

35 10.- Procédé de traitement d'un produit agricole, selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, procédé caractérisé en ce qu'il comprend les différentes étapes consistant à placer le produit agricole dans un silo fermé ; à prévoir une conduite d'air pénétrant dans le silo ; à introduire un produit chimique gazeux dans ce silo, le produit

chimique particulier utilisé étant choisi de manière à présenter une absorption minimum par le produit agricole ; et à forcer de l'air à passer à travers la conduite d'air avec un débit très faible pendant un temps suffisant pour distribuer uniformément le produit chimique dans tout le produit agricole.

5 11.- Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le produit chimique gazeux utilisé est du phosphure d'hydrogène obtenu à partir du phosphure d'aluminium.

10 12.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que le débit de circulation de l'air est maintenu au-dessous d'environ  $4,7 \text{ l/mn/m}^3$ .

15 13.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que le débit est maintenu entre environ  $1,17$  et  $0,6 \text{ l/mn/m}^3$ .

14.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que le débit est maintenu suffisamment bas pour effectuer un renouvellement complet de l'air dans le produit agricole en 3,5 jours environ.

20 15.- Procédé de traitement d'un produit agricole selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, procédé caractérisé en ce qu'il comprend les différentes étapes consistant à placer le produit dans un silo fermé ; à prévoir une conduite d'air entre les parties supérieure et inférieure du silo ; à introduire un produit chimique gazeux dans le silo, 25 le produit chimique particulier utilisé étant choisi de manière à présenter le minimum d'absorption par le produit agricole ; et à forcer de l'air à passer dans la conduite d'air avec un débit très faible, cet air et le produit chimique étant recyclés pendant un temps suffisant pour distribuer uniformément le produit chimique dans tout le produit agricole.

30 16.- Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que le débit de l'air recyclé est maintenu au-dessous d'environ  $4,7 \text{ l/mn/m}^3$ .

35 17.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 et 16, caractérisé en ce que le débit est maintenu entre environ  $1,17$  et  $0,6 \text{ l/mn/m}^3$ .

40 18.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 17, caractérisé en ce que l'air est recyclé pendant un temps suffisant pour effectuer entre un et dix renouvellements complets de l'air dans le silo.

19.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 18, caractérisé en ce que le débit est maintenu suffisamment bas pour effectuer un renouvellement complet de l'air dans le produit agricole en 3,5 jours environ.

5

20.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 19, caractérisé en ce que le produit agricole est désinfecté par fumigation et en ce que le produit chimique de fumigation utilisé est du phosphure d'hydrogène gazeux obtenu à partir de phosphure d'aluminium.

