

L'OXYDE DE PROPYLÈNE

Nouveau fumigant possible pour la destruction des insectes granivores (*)

par A. L. LEPIGRE

Inspecteur du Service de la Protection des Végétaux,
Directeur de l'Insectarium d'Alger,
Directeur technique des Stations de Désinsectisation
du Gouvernement Général de l'Algérie.

La défense des grains contre les insectes constitue toujours en ce pays un problème que bien peu d'organismes gros stockeurs ont osé résoudre avec les moyens qu'il fallait. En Afrique du Nord, il n'existe, à notre connaissance, que deux grands silos — Chambre de Commerce à Oran et La Manouba en Tunisie — pourvus de moyens modernes de décharaçonage, où le grain est traité de façon quasi-automatique dès le moment de sa prise en charge. Dans les autres silos aériens, on se contente d'injecter, soit pendant, soit après le remplissage, un insecticide volatil. Mieux vaut ne rien dire de la plupart des magasins où l'entreposage se fait en sacs ou en vrac ; **ces locaux, non étanches, sont absolument impropres à une conservation de quelque durée**, ils font la joie des charançons, et le désespoir des chefs responsables.

On peut aujourd'hui classer en trois catégories les insecticides dont l'usage est à envisager pour la conservation des grains : poudres inertes, insecticides pulvérulents, fumigants.

Nous avons déjà noté que l'emploi de poudres inertes, outre une atténuation très rapide de leur efficacité (parfois moins de un mois), présentait trois gros inconvénients : diminution de plusieurs kilos du poids spécifique des grains traités, action abrasive sur le matériel en raison de la nature siliceuse des poudres, apport d'un pourcentage en poids non négligeable (0,5 à 2 %) d'un corps étranger au grain, cet apport pouvant fort bien, eu égard aux textes en vigueur, être considéré comme une fraude.

(*) Voir C. R. Acad. d'Agric. de France, séance du 9 juillet 1947.

En ce qui concerne les insecticides de découverte récente, les décrets du 26 février 1947 interdisent de façon absolue l'emploi du DDT dans les grains ; ils n'admettent que HCH à raison d'un maximum de 10 gr. de produit par quintal de grain.

Les deux produits ne sont pas, en effet, sans présenter une certaine toxicité pour les animaux à sang chaud et, si l'on commence à connaître les dangers d'intoxication aiguë que présente l'emploi de fortes doses, on ignore à peu près tout des désordres que pourrait provoquer l'absorption réitérée par l'organisme de doses faibles, mais administrées pendant de longues périodes (des années s'il s'agit du pain).

Le législateur a sagement agi en restreignant l'emploi, jusqu'à plus ample informé, des deux principaux insecticides de synthèse modernes.

Il convient d'ajouter que la dose de 10 g. d'HCH pur par quintal communique aux grains une odeur désagréable, assez tenace, peut-être insuffisante pour les rendre absolument inconsommables, mais capable cependant d'inspirer au consommateur un net sentiment de répugnance.

Restent les fumigants : acide cyanhydrique, bromure de méthyle, oxyde d'éthylène, sulfure de carbone, tétrachlorure de carbone, trichloréthylène, bichlorure d'éthylène, chloropicrine et paradichlorobenzène, pour ne citer que ceux présentant une réelle valeur pratique et contrôlée par l'usage.

L'acide cyanhydrique, sous quelque forme que ce soit, est interdit par la législation française dans les grains.

Le bromure de méthyle et l'oxyde d'éthylène bouillant, le premier aux environs de 4°, le second de 10°, ne peuvent être utilisés, en raison de cette basse température d'ébullition, que dans les installations spéciales signalées plus haut.

Le tétrachlorure de carbone, le trichloréthylène, le bichlorure d'éthylène sont d'emploi plus facile dans des bâtiments non équipés (silos ordinaires, cuves diverses), mais ne possèdent par contre qu'une action insecticide faible et lente exigeant la mise en œuvre de fortes concentrations : 200 gr. par mètre cube de grain au minimum, plus souvent 300 et même 400 gr.

Le sulfure de carbone, bien que plus actif, est de plus en plus abandonné en raison de son extrême inflammabilité, la chloropicrine à cause de l'incroyable persistance de ses propriétés lacrymogènes dans les locaux ou les produits traités eux-mêmes.

Quant au paradichlorobenzène. il laisse un tel goût aux grains qu'il ne peut être retenu que pour les semences.

En résumé, dans les silos ou cuves à grain ordinaires, on n'emploie guère aujourd'hui, en Afrique du Nord, que le tétrachlorure de carbone, ou parfois le sulfure de carbone.

L'un comme l'autre ont une valeur insecticide réduite, conduisant à l'adoption de fortes concentrations, c'est-à-dire à un prix de revient assez élevé ; en outre, le second présente des risques d'incendie et d'explosion tels qu'il fait reculer la plupart des usagers.

Nous avons recherché dans la longue liste des fumigants « possibles » si l'un d'eux ne pourrait éviter les deux inconvénients en étant, à la fois, **puissamment insecticide** et **ininflammable** ou **peu inflammable**. C'est l'oxyde de propylène qui nous a semblé, finalement, réunir le maximum d'avantages pour un minimum d'inconvénients.

Caractères physiques et chimiques de l'oxyde de propylène

L'oxyde de propylène — C^3H^6O — est l'homologue supérieur de l'oxyde d'éthylène.

C'est un liquide incolore, très mobile, d'odeur non désagréable, rappelant celle de l'éther acétique. Sa densité est d'environ 0,830 à 20°. Il est moins soluble dans l'eau que l'oxyde d'éthylène : ne sont homogènes que les solutions aqueuses comportant, en volume, d'une part, 0 à 42 %, d'autre part 91 à 100 % d'oxyde de propylène. Cependant, l'eau est très avide de ses vapeurs et monte instantanément dans une éprouvette renversée qui en est emplie. Il est soluble en toutes proportions dans les corps gras, l'alcool, l'éther. Il dissout le caoutchouc.

Ses propriétés chimiques se rapprochent beaucoup de celles de l'oxyde d'éthylène ; toutefois, son hydrolyse totale semble plus lente. Il ne semble pas se polymériser à la longue comme celui-ci : on l'a conservé sans altération à l'Insectarium durant une dizaine d'années.

Il bout à 35°, et est, par conséquent, moins volatil que l'acide cyanhydrique (26°), mais davantage que le sulfure de carbone (46°). Son évaporation à la température ambiante provoque sur la peau une sensation de fraîcheur intense.

Ses vapeurs ont une densité absolue de 2,59, double de celle de l'air par conséquent. Elles sont inflammables aux concentra-

tions comprises entre 2 et 22 % (52 et 570 g/m³) et forment avec l'air des mélanges détonants. Mais une flamme est nécessaire pour les allumer : une cigarette en ignition n'y parvient pas et s'éteint même quand on la plonge dans le liquide. L'oxyde de propylène présente donc à ce point de vue sur le sulfure de carbone un sérieux avantage. La flamme est claire, de couleur jaune-orangé, avec des mèches rouges à l'extrémité. L'addition de tétrachlorure de carbone, beaucoup moins volatil, ne diminue guère l'inflammabilité : à 18°, il faut 95 % de tétra pour empêcher toute flamme ; avec 90 %, on obtient déjà une flamme lumineuse, fuligineuse quoique fugace ; avec 85 %, la flamme dure plus longtemps et le liquide doit être considéré comme vraiment inflammable. Quant aux solutions aqueuses, elles sont nettement inflammables, aux températures ordinaires, au-dessus de 5 % d'oxyde.

Son inflammabilité inférieure à celle du sulfure de carbone (on peut la comparer à celle de l'essence minérale ordinaire), son plus bas point d'ébullition, sa valeur insecticide enfin, en font un « fumigant d'épandage » d'avenir. Il peut, en effet, se transporter, non pas en récipients spéciaux, un peu lourds (comme ceux de l'oxyde d'éthylène ou du bromure de méthyle), mais beaucoup plus économiquement en fûts ordinaires renforcés, comme le sulfure de carbone. Tout comme ce dernier, et même en été, il peut être manipulé et dosé à l'air libre. Sa vaporisation est plus rapide, tant en raison de sa volatilité plus grande que des quantités beaucoup plus faibles à mettre en œuvre.

Action insecticide

L'oxyde de propylène provoque sur les insectes la « mort à retardement » dans des conditions fort identiques à celles de l'oxyde d'éthylène. L'addition des chiffres donnés par divers essais portant sur 2.000 *Calandra oryzae* adultes traités in vitro donne, en effet, une courbe de mortalité caractéristique (Fig. 1 A). La courbe est mathématiquement très voisine de celle obtenue avec l'oxyde d'éthylène (Fig. 1 B).

On constate que beaucoup de charançons, bien vivants encore à la fin d'essais qui durèrent, les uns 5 minutes, les autres plusieurs heures, moururent ensuite, surtout durant les deux premiers jours qui suivirent les traitements. Le phénomène est d'ailleurs trop connu pour qu'il soit utile d'insister davantage.

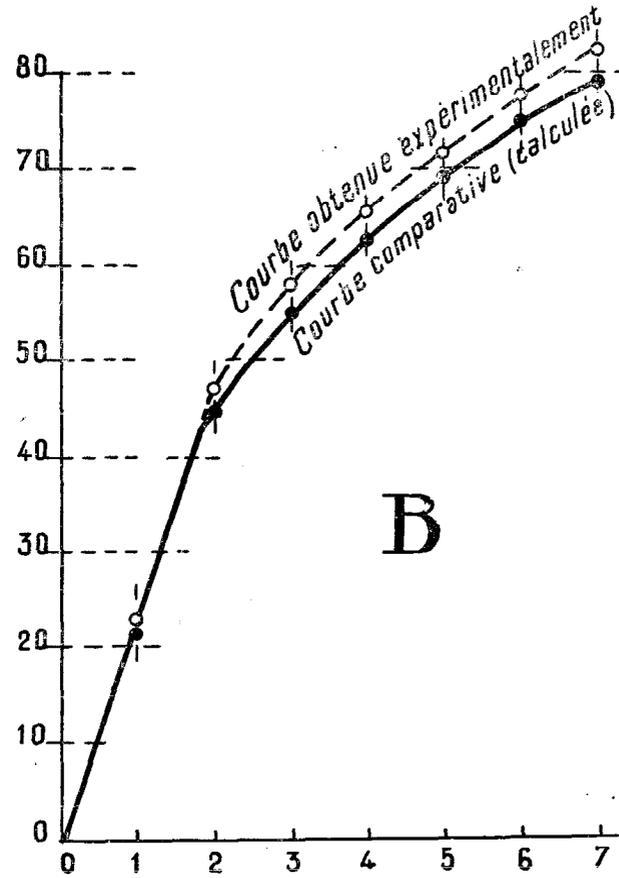
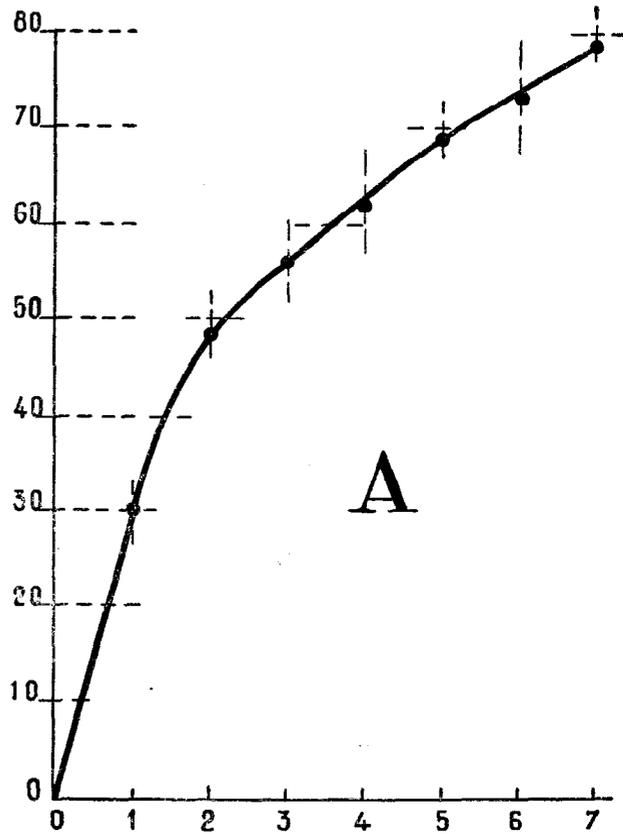


Fig. 1

A. — Courbe obtenue avec l'oxyde de propylène.

B. — Courbe obtenue avec l'oxyde d'éthylène.

En ordonnée : pourcentage de mortalité.

En abscisse : le nombre de jours écoulés entre le traitement et la mort.

(Original).

— 242 —

L'efficacité insecticide in vitro doit être comparée à celle de divers autres fumigants. Dans un but purement pratique, nous ne donnons pas ci-dessous les concentrations léthales médianes, d'une signification et d'une interprétation scientifiques et mathématiques plus précises, mais seulement le résultat d'essais de laboratoire ayant

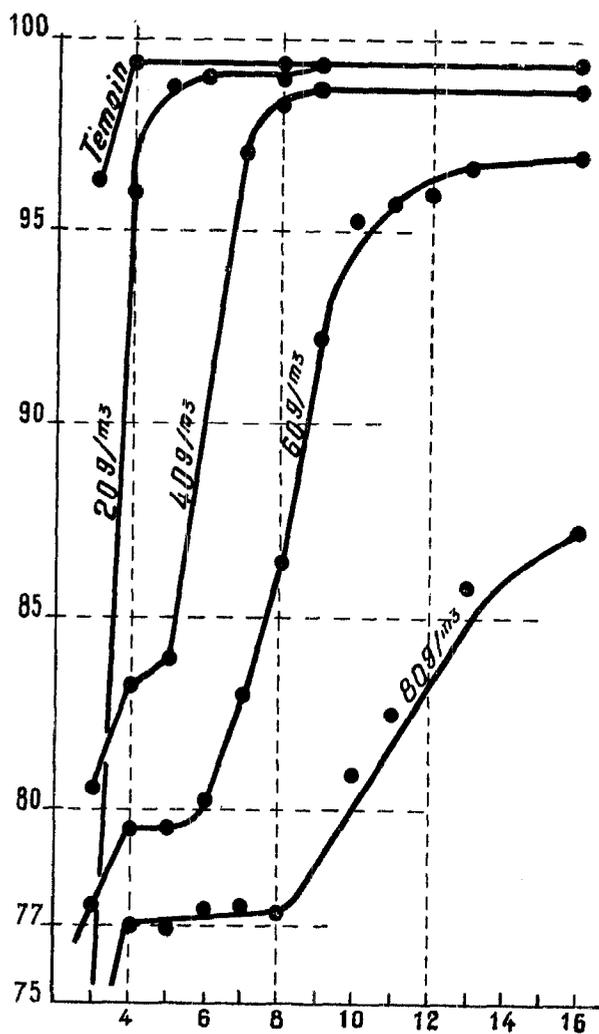


Fig. 2. — Constantes de traitement nécessaires (déterminées expérimentalement) avec divers fumigants pour obtenir in vitro, à 15°, la mortalité totale dans des lots de 25 *Calandra oryzae* adultes.

En ordonnée : concentrations en g./m³.

En abscisse : durée d'exposition aux vapeurs.

(Original).

permis d'obtenir, en fait, à 15", la **mortalité totale** à plus ou moins longue échéance sur des lots de 25 *Calandra oryzae* adultes de tous âges et des deux sexes.

Sans attacher à la méthode une valeur indiscutable, on peut déduire de la Fig. 2 les efficacités relatives suivantes, en donnant à l'oxyde d'éthylène la valeur insecticide arbitraire de 100.

TABLEAU I

Comparaison de la valeur insecticide de divers fumigants

a) Comparaison en fonction du dosage de 125 g/m ³	Durée d'exposition mortelle	Valeur insecticide calculée
Oxyde d'éthylène	11'	100
Oxyde de propylène	19'	58
Bromure de méthyle	24'	50
Chloropicrine	30'	37
Anhydride sulfureux	42'	26
Sulfure de carbone	480'	2,3
Tétrachlorure de carbone	2.500' (env.)	0,45
b) Comparaison en fonction du temps de 2 heures 42 minutes		
Oxyde d'éthylène	12 g.	100
Bromure de méthyle	15 g.	80
Oxyde de propylène	25 g.	48
Chloropicrine	35 g.	35
Anhydride sulfureux	50 g.	24
Sulfure de carbone	600 g.	2
Tétrachlorure de carbone	800 g.	1,5
c) Comparaison en fonction du temps de 7 heures 18 minutes		
Oxyde d'éthylène	5 g.	100
Bromure de méthyle	5 g.	100
Oxyde de propylène	12 g.	42
Chloropicrine	15 g.	33
Anhydride sulfureux	27 g.	18
Sulfure de carbone	140 g.	3,6
Tétrachlorure de carbone	600 g.	0,8

Des trois divisions de ce tableau, on peut déduire que, in vitro, l'oxyde de propylène a une efficacité insecticide sensiblement égale à la moitié de celle de l'oxyde d'éthylène, et très supérieure à celles du sulfure et du tétrachlorure de carbone, fumigants quasi spéciaux des grains.

Dans la pratique cependant, les différences se trouvent atténuées, car un nouvel élément entre en jeu : celui de la sorption des fumigants solubles dans l'eau par les couches de grain. Ainsi voit-on, d'une part, à constantes de traitement égales, le bromure de méthyle (insoluble) donner de meilleurs résultats que l'oxyde d'éthylène (soluble). D'autre part, les doses d'oxyde de propylène (soluble) à mettre en œuvre ne sont pas, comme l'indiquent les divisions a et b du Tableau I, égales environ au 1/25^e de celles du sulfure de carbone (insoluble), au 1/20^e ou au 1/30^e de celles de tétrachlorure de carbone (insoluble) ; en pratique, elles se rapprochent du 1/5^e pour le premier, du 1/10^e pour le second.

Les expériences « in situ » de désinsectisation des grains ont été effectuées à l'Insectarium sur divers blés fortement contaminés par *Calandra oryzae* à tous les stades.

Pour chacun des essais, un échantillon de 120 gr. environ, enfermé dans un nouet de mousseline, était placé au centre d'un ballon de verre de 2 litres. Le ballon était ensuite rempli aux 4/5 d'un grain quelconque (le plus souvent Blé dur Oued Zenati). Il recevait ensuite la quantité d'oxyde de propylène liquide nécessaire mesurée à la micropipette, puis était aussitôt bouché au liège (bouchon non scellé). Il était ensuite roulé quelques minutes pour favoriser l'homogénéisation des vapeurs.

Les durées d'exposition aux vapeurs essayées furent de 1 et 7 jours, les doses par mètre cube de grain de 100 — 80 — 64 — 50 — 40 — 32 — 25 — 20 — 16 — 12 — 10 — 8 — 6 — 5 et 4 grammes.

Aussitôt après les essais, les grains étaient sortis du ballon, puis du nouet, aérés une heure en couche très mince (un seul grain d'épaisseur), et enfin placés dans l'obscurité en bocaux d'élevage bien aérés (1).

(1) Le modèle de bocal d'élevage que nous avons trouvé le meilleur, et finalement adopté, est constitué par un simple verre de lampe légèrement effilé en haut. La base, trempée dans la cire à cacheter fondue, est posée sur un papier filtre auquel elle adhère fortement après refroidissement, et que l'on coupe circulairement. L'orifice du haut, réduit à la flamme, a un diamètre d'une quinzaine de millimètres et est bouché au coton. Les courants gazeux traversent facilement coton et papier filtre, et le développement des charaçons s'effectue parfaitement dans ces cages d'élevage économiques.

La plupart des essais furent effectués en février 1947 et on examina périodiquement les échantillons, en éliminant à mesure tous ceux où se produisaient des éclosions, soit de *Calandra*, soit d'autres coléoptères granivores (*Silvanus*, *Rhizopertha*, *Tribolium*, *Laemophlaeus*), soit même de parasites des charançons (*Lariophagus*). A partir du 5 mai, comme il était normal, les résultats étaient acquis, mais on continua les observations, pour plus de certitude, jusqu'à fin juillet.

Ces résultats sont les suivants.

a) Pour une durée de fumigation de 1 jour^e:

Les concentrations (en g. par m³ d'espace occupé par les grains) inférieures ou égales à 32 sont insuffisantes.

La concentration de 40 tue les coléoptères, mais laisse éclore quelques parasites endophages (*Lariophagus*) dont les formes non adultes sont protégées par leur habitat même lors du traitement.

Les concentrations supérieures ou égales à 50, lorsque le traitement est effectué entre 16 et 20°, exercent une action insecticide complète.

b) Pour une durée de fumigation de 7 jours :

Les concentrations inférieures ou égales à 20 sont insuffisantes.

Les concentrations supérieures ou égales à 25 exercent une action insecticide complète.

Les deux durées essayées — 1 et 7 jours — furent choisies parce que correspondant à deux cas bien différents. Le premier est celui des cellules rustiques, où les propriétaires peuvent traiter leurs grains à mesure de la récolte ou de l'apparition des charançons, pour les enlever au bout de 24 heures et les placer ensuite dans leurs conditions d'entreposage normales.

Une semaine correspond au cas des cellules de silos, cellules que l'on néglige en général d'aérer après le traitement et dans lesquelles la concentration diminue progressivement, pour de nombreuses causes naturelles (pertes, hydrolyse), jusqu'à devenir pratiquement nulle au bout d'une quinzaine.

D'après nos essais, des doses de 50 grammes pour un jour, de 25 grammes pour 7 jours, seraient suffisantes. Il faut toutefois remarquer que ces essais ont été effectués, tout d'abord dans une enceinte parfaitement étanche, ensuite sur *Calandra oryzae*. Dans la pratique, les conditions seraient moins bonnes. Les meilleurs silos, ne serait-ce qu'en raison de la porosité du béton, permettent des

échanges d'atmosphère relativement importants, appauvrissant d'autant la concentration du fumigant. En outre, la répartition de celui-ci ne pourra être aussi parfaite que dans nos conditions expérimentales. Enfin, *Calandra oryzae* est moins résistant que *Calandra granaria*, encore assez répandu en Algérie, et ce dernier exigerait un dosage plus élevé de 20 à 25 %.

Pour toutes ces raisons, la dose à fixer à la suite d'essais pratiqués sur de grosses quantités (essais que nous réaliserons en 1948) se trouvera donc, selon toute vraisemblance, aux environs de 80 g. pour 24 heures, de 40 g. pour 7 jours.

Action sur l'odeur et le goût des produits traités

L'oxyde de propylène ne communique au pain fait avec les grains traités, même à de fortes doses (100 g./m³), aucun goût ni odeur perceptible à la dégustation.

Il est à peu près certain que ce produit pourra, à ce point de vue, être utilisé sans plus d'inconvénients que l'oxyde d'éthylène. On peut seulement noter que, sur des marchandises particulièrement grasses telles que le fromage, un léger goût subsiste, mais disparaît complètement après trois ou quatre jours d'aération naturelle non forcée.

Action des vapeurs sur la faculté germinative des semences de céréales

On adopta pour déterminer cette action, le même mode expérimental que celui employé pour rechercher les constantes insecticides. Les essais furent effectués du 15 janvier au 26 février 1947, période durant laquelle la température du laboratoire oscilla entre 16 et 19°. Les échantillons mis en germination comportaient chacun 3 lots de 100 grains. Des différences notables ne furent jamais relevées dans ces lots et, en conséquence, on donne seulement ci-dessous les moyennes des trois lots.

Une expérience préliminaire (80 g./m³ — 1 jour) permit tout d'abord d'établir que la durée de l'aération entre la fin du traitement et la mise en germination n'influe pas sur celle-ci. Un lot de grains traité dans des conditions données fournit le même pourcentage de germination pour des durées d'aération de 1, 2, 4, 7,

15 et 30 jours. Ce point était important pour fixer le protocole des expériences. D'une façon générale cependant, et pour plus de régularité, on laissa s'écouler 14 jours entre la fin du traitement et la mise en germination.

Deux cas furent envisagés :

— Volume de grain faible (négligeable) par rapport au volume de l'enceinte. Ce cas correspond aux magasins où une sorption importante se fait par les couches extérieures des sacs de grain ; les couches d'atmosphère les plus voisines, appauvries par cette sorption, se renouvellent constamment et permettent, par conséquent, aux grains les plus extérieurs d'absorber une quantité considérable de fumigant.

— Volume de grain suffisant pour remplir à peu près complètement l'enceinte. Ce cas correspond à celui des cellules de silos ou des cuves à grains, où les grains ne peuvent sorber que le fumigant contenu dans l'atmosphère des espaces intergranulaires. Il a été représenté expérimentalement par des ballons de 2 litres remplis de grain aux 4/5°.

Dans les expériences relatées ci-dessous, les concentrations sont données en grammes par mètre cube de grain, mais il convient, pour plus de précision, de tenir toujours compte des conditions expérimentales qui permettent de déduire de façon précise la concentration en fumigant des espaces intergranulaires, indiscutablement la plus importante (1).

Pour le premier cas, on utilisa de petits nouets de mousseline placés au fond du ballon de 2 litres vide et bouché au liège. La durée de 24 heures fut seule essayée, étant donné que cette durée est rarement dépassée dans les cellules spéciales. La température pendant le traitement fut très voisine de 14°.

Les résultats suivants furent obtenus sur le blé hybride Florence x Aurore.

(1) Dans un ballon d'un litre, rempli de blé aux 4/5°, il y a 200 cm³ d'espace absolument libre et, sur les 800 cm³ restants, 320 cm³ d'espace intergranulaire.

C'est donc seulement dans 520 cm³ que diffuse la dose injectée. La concentration *réelle* est donc environ 1,9 fois plus élevée que la concentration *apparente* dans des flacons remplis aux 4/5°. Dans un flacon absolument plein, elle serait 2,5 fois plus élevée que la concentration au mètre cube de grain, que nous appelons pour cette raison concentration apparente.

Par conséquent, tous phénomènes de sorption mis à part, une concentration de 20 g./m³ dans un récipient vide correspond à 20/1,9, soit à 10,5 g./m³ dans un récipient rempli de blé aux 4/5°, ou à 20/2,5, soit à 8 g./m³ dans un récipient absolument plein.

TABLEAU II

Action des vapeurs d'oxyde de propylène
agissant pendant 24 heures sur la faculté germinative
du blé hybride Florence x Aurore

Concentration en g./m ³	Pourcentages de germination obtenus après jours de mise en germination								
	3	4	5	6	7	8	9	12	16
Témoin	96,7	99,7	99,7	99,7	99,7	99,7	99,7	99,7	99,7
20	74,3	96,3	99,0	99,3	99,3	99,3	99,7	99,7	99,7
40	80,6	83,3	84,0	91,0	97,3	98,6	99,0	99,0	99,0
60	77,6	79,6	79,6	80,3	83,0	86,6	92,3	96,3	97,3
80	73,0	77,0	77,0	77,3	77,3	77,3	78,7	83,3	87,6
100	73,3	77,3	79,3	80,0	80,6	80,6	81,3	81,3	
125	71,0	75,0	76,6	78,3	80,0	80,0	80,3	81,0	
160	64,3	72,6	77,0	77,0	77,6	78,0	78,0	78,0	
200	51,3	63,3	69,6	70,3	73,0	75,0	75,3	75,3	
250	54,7	69,3	74,7	74,7	76,0	77,0	77,3	77,7	

Il résulte des chiffres du Tableau II, mis en évidence sur la fig. 3, que l'augmentation des concentrations en oxyde de propylène provoque :

1° Un retard proportionnel dans la germination. Ce retard par rapport au témoin est, pour une germination de 97 %, de 1 jour avec 20 g./m³, de 4 jours avec 40 g./m³, de 10 jours environ à 60 g./m³.

2° Une sorte d'arrêt temporaire dans l'apparition de nouvelles germinations, aux doses comprises entre 40 et 80 g./m³. Les courbes de la fig. 3 montrent un palier de 1 jour pour 40 g./m³, de 2 jours pour 60 g./m³, de 4 jours pour 80 g./m³. Ce phénomène n'apparaît plus, par contre, pour les traitements égaux ou supérieurs à 100 g./m³.

L'étude de la courbe de 80 g./m³ est fort intéressante.

La plupart des graines — 77 % — n'ont pas été affectées ou l'ont été à peine, dans leur germination, tandis qu'un certain nombre — 10 % ou davantage — ont été « retardées » de 7 à 12 jours (au moins). Enfin, une troisième série de graines — 13 % au moins — ne germent pas, tuées par le traitement ou ses conséquences.

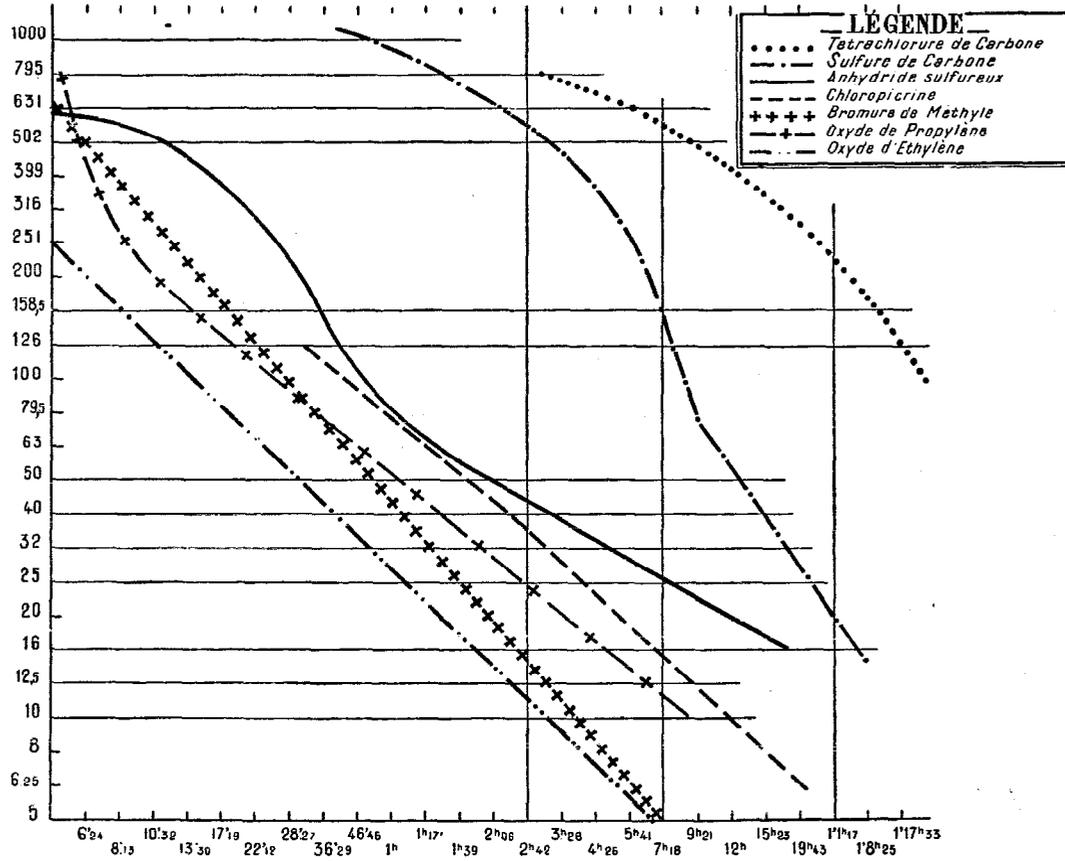


Fig. 3. — Action sur la faculté germinative du blé Florence x Aurore des vapeurs d'oxyde de propylène, à diverses concentrations, agissant 24 heures.
 En ordonnée : pourcentage de germination.
 En abscisse : nombre de jours écoulés entre mise en germe et germination. (Original).

La coupure très nette entre les catégories « non affectée » et « retardée » indique que l'on a affaire à deux lignées de blé de résistances bien différentes à l'action des vapeurs d'oxyde de propylène.

Il ne serait pas sans intérêt de voir des génétistes approfondir la question, car il est probable que les deux lignées en question ne sont pas identiques non plus à d'autres points de vue. Cette hypothèse se conçoit d'autant mieux que, comme on sait, le Florence x Aurore est un hybride complexe, de découverte et de culture récentes (une vingtaine d'années). Il serait même assez curieux de voir la fumigation utilisée comme moyen de sélection, par exemple en traitant à 80 g./m³, en repiquant tout ce qui a germé, en moins de 5 jours d'une part, en plus de 7 d'autre part.

On pourrait être tenté de croire à l'existence d'une troisième lignée, celle des grains ultra-sensibles, qui sont tués. Mais l'allure assez régulièrement sigmoïde du passage de la deuxième à cette troisième catégorie fait plutôt penser qu'il s'agit là d'un simple phénomène de « dispersion » normale.

Le pourcentage de la variété résistante semble être de 77 % environ (il peut varier d'un lot à l'autre; dans certains, il paraît être de 80 %).

La courbe des 60 g./m³ est aussi intéressante; on y voit s'achever au 4^e jour (comme dans le lot témoin) la germination de la « lignée insensible »; puis commence la courbe sigmoïde, d'ailleurs absolument caractéristique, évidemment dissymétrique puisque les coordonnées ne sont pas logarithmiques, mais suffisamment nette pour qu'on puisse lui appliquer avec avantage les méthodes statistiques ingénieuses et commodes de Le Goupils⁽¹⁾.

Un essai fort intéressant consisterait à traiter des grains provenant d'un **même épi** ou d'un **même pied de blé**, puis à voir comment ils se comportent à la germination: résistance absolue, ou retard, ou mélange des deux; dans ce dernier cas, la présence de deux lignées se trouverait bien démontrée.

Notons enfin qu'on retrouve ce typique 77 %, au troisième jour, pour le blé traité à 42 grammes pendant 7 jours en silos pleins (Tableau IV).

(1) LE GOUPILS. — Les Méthodes Statistiques dans l'expérimentation; essais sur l'application des méthodes de calcul des probabilités au dépouillement mathématique des résultats d'expérience. *Annales des Epiphyties*, t. 11, 1942, p. 189 ssq.

Les résultats obtenus avec l'Oued Zénati sont moins nets (les essais « en silo » sont du reste les moins démonstratifs), mais donnent cependant lieu de soupçonner, là encore, l'existence de deux lignées de comportement différent, dont l'une représenterait 88 à 90 % de l'ensemble. Cette variété, obtenue par sélection des très anciens « Oued Zénati » ou « Bidi » indigènes d'Afrique du Nord, serait donc, comme il est normal, beaucoup plus homogène que la précédente parce que beaucoup plus vieille.

3° Une diminution de la faculté germinative définitive (16^e jour) pour les échantillons traités jusqu'à 80 ou 100 g./m³. Passée cette dernière concentration, le pourcentage tombe aux environs de 80 et l'altération des semences ne semble pas varier beaucoup, quant au résultat final, obtenu le 12^e jour, entre 100 et 160 g./m³. On ne relève guère de petites différences que jusqu'au 4^e jour. La présence de deux lignées s'affirme là encore. On peut remarquer en effet que la germination au 12^e jour, pour les six concentrations allant de 80 à 250 g./m³, se bloque entre 83,3 et 77 %, avec une moyenne de 79 à 78 selon que l'on fait ou non intervenir le résultat du traitement à 80 g./m³.

Si l'on considère le délai de 7 jours comme une limite à ne pas dépasser pour une germination satisfaisante, la concentration de 40 g./m³ (donnant une germination de 97 %) apparaît donc comme un maximum. Celle de 20 g./m³ est inoffensive. Mais nous avons vu que ces concentrations, surtout la seconde, sont insuffisantes pour assurer une action insecticide. Il semble donc a priori pour le moins imprudent de tenter d'utiliser l'oxyde de propylène pour la fumigation des semences dans une cellule à désinsectiser ordinaire, dont le coefficient de remplissage est souvent relativement faible. Il faut en effet, dans ce cas, adopter une concentration voisine de 60 g./m³ qui ne permet d'obtenir une germination de 95 % qu'au bout d'une dizaine de jours, temps notoirement exagéré. Il se pourrait, en outre, bien que des essais à ce point de vue n'aient pu être effectués, que l'énergie germinative en souffrit plus ou moins.

Voyons maintenant le second cas : celui où la marchandise emplit à peu près complètement l'enceinte. C'est, par exemple, celui des silos.

Les expériences ont été faites suivant le même mode opératoire que pour les essais de désinsectisation « in situ », précisé plus haut.

— 252 —

Elles ont porté sur des durées de 1 jour (silos spécialement équipés permettant l'aération en fin de traitement) et 7 jours (silos ou cuves non équipés, dans lesquels aucune aération sérieuse n'est et ne peut être réalisée après traitement).

Les Tableaux III et IV donnent les résultats obtenus avec des concentrations exprimées en grammes par mètre cube de grain (concentrations réalisées) et par mètre cube d'espace intergranulaire (concentrations calculées).

D'après ces tableaux, les résultats sont donc bien meilleurs lorsqu'on traite en cellule pleine (Tableau III et IV) que lorsque le coefficient de remplissage est faible (Tableau II) ; les grains ne peuvent en effet sorber que la minime quantité d'oxyde de propylène emprisonnée dans les espaces intergranulaires.

TABLEAU III

Taux de germination du blé Florence x Aurore fumigé
pendant 1 jour (Température : 16°)

Concentrations		Pourcentages de germination obtenus après jours de mise en germoir							
par m ³ de grains	par m ³ d'espace intergra- nulaire	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0 (Témoin)	95,7	99,0	99,0	99,0	99,0	99,3	99,7	99,7
10,5	20	96,3	98,7	98,7	99,0	99,0	99,3	99,3	99,3
21	40	96,7	98,0	98,0	98,0	98,3	98,3	98,3	98,3
31,6	60	95,6	98,0	98,0	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3
42	80	96,6	98,3	98,7	98,7	98,7	98,7	98,7	98,7

TABLEAU IV

Taux de germination du blé Florence x Aurore fumigé
pendant 7 jours (Température : 16 à 18°)

Concentrations		Pourcentages de germination obtenus après jours de mise en germoir							
par m ³ de grains	par m ³ d'espace intergra- nulaire	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0 (Témoin)	95,7	99,0	99,0	99,0	99,0	99,3	99,7	99,7
10,5	20	97,0	99,3	99,3	99,3	99,3	99,3	99,3	99,3
21	40	97,6	98,0	98,3	98,3	98,3	98,3	98,7	98,7
31,6	60	92,3	98,0	98,3	98,7	98,7	99,0	99,0	99,0
42	80	77,3	89,3	97,7	98,3	98,7	99,0	99,3	99,3

On ne constate aucune différence pratique pour les traitements de 1 jour. Il en est de même pour ceux de 7 jours et pour les concentrations égales ou inférieures à 31 g. par m³ de grains. On ne peut constater un léger retard à la germination que pour la concentration de 42 g. par m³ de grains; ce retard est de 18 % le 3^e jour, tombe à 10 % le 4^e jour, à 1,5 % le 5^e jour, et disparaît complètement le 6^e jour.

Il en résulte en pratique que des traitements à 40 g. par mètre cube de grains peuvent être appliqués sans danger sur des semences de Florence x Aurore stockées en vrac dans une cellule étanche.

Le blé dur est, par contre, plus vulnérable. Les Tableaux V et VI donnent les résultats obtenus avec la variété « Oued Zénati ».

D'après ces tableaux, un traitement à 64 g./m³ pendant 24 heures est possible, mais le traitement à 80 g./m³ entraîne une diminution de la faculté germinative de l'ordre de 10 %. Un traitement à 25 g./m³ pendant 7 jours provoque lui aussi une perte de 10 %. Une telle concentration semble insuffisante en pratique puisque celle de 40 g./m³ doit être considérée comme une moyenne nécessaire pour atteindre le résultat insecticide cherché.

TABLEAU V

Taux de germination du blé dur Oued Zénati
fumigé pendant 1 jour (Température : 16°)

Concentrations		Pourcentages de germination obtenus après				
par m ³	par m ³	jours de mise en germoir				
de	d'espace	3	4	5	6	7
grains	intergrana-	—	—	—	—	—
	nulaire					
0	0 (Témoin)	89,0	95,6	95,6	96,0	96,0
10	19	76,0	88,6	97,3	97,3	97,3
12,5	24	74,3	89,6	94,0	94,3	94,3
16	30	83,3	91,0	96,6	97,3	97,3
20	38	90,7	94,3	94,7	95,0	95,3
25	47,5	79,0	88,3	89,0	90,6	90,6
32	61	76,0	96,7	97,0	97,7	97,7
40	76	80,0	92,3	93,7	94,0	94,0
50	95	65,3	85,0	87,0	87,3	88,0
64	120	59,7	81,3	87,7	93,0	93,0
80	150	21,3	58,3	75,0	81,7	86,0
100	190	15,0	38,6	52,0	67,3	73,0

TABLEAU VII

Taux de germination du blé Florence x Aurore immergé dans l'oxyde de propylène (Température: 16°)

Durée de l'immersion	Pourcentages de germination obtenus après jours de mise en germoir (1)								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Témoin	97,3	99,3	99,3	99,3	99,3	99,3	99,3	99,3	99,3
3 Sec.	85,7	92,3	94,7	95,7	96,3	96,7	96,7	96,7	96,7
1 Min.	71,0	83,3	89,0	91,7	93,0	93,0	93,0	93,0	93,3
2 Min. 30 Sec.	66,7	82,0	88,0	91,0	92,7	93,7	93,6	95,0	
5 Min. 30 Sec.	74,3	80,0	84,3	87,7	89,3	90,0	90,6	91,0	
12 Min.	67,7	73,3	76,7	78,0	78,7	80,7	80,6	81,3	
26 Min.	66,7	70,0	70,3	72,0	72,7	72,7	72,7	72,7	
1 Heure	61,0	67,3	69,3	70,3	70,7	70,7	70,7	71,0	
2 Heures	0,0	8,3	21,3	40,7	47,7	54,3	57,3	57,7	61,0
12 Heures	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24 Heures	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Il résulte des données obtenues que l'immersion du grain Florence x Aurore dans l'oxyde de propylène pendant une heure diminue la faculté germinative, au 6^e jour, de 30 % environ. Même un trempage de quelques secondes n'est pas sans action : la perte est voisine de 4 %.

Si ce contact se prolonge une dizaine de minutes, temps approximatif qui s'écoule entre le versement du liquide et son évaporation dans une cellule étanche, nous constatons que, sur 100 grains mouillés, 20 environ sont tués, et quelques-uns très retardés dans leur germination.

L'action de l'oxyde de propylène liquide est donc plus dangereuse encore pour les semences mouillées que celle des vapeurs, comme il paraît d'ailleurs normal, et on ne pourrait concevoir l'épandage de ce produit dans des cellules de silos, s'il était impossible de faire autrement, que par l'administration de doses répétées, de faible importance, dans le courant de grain ou, mieux, en le versant sur des sacs vides placés en surface du grain. Cette dernière méthode ne peut malheureusement être adoptée que si

(1) Les grains ont été aérés 15 jours entre le traitement et la mise en germoir.

la couche à traiter est de faible épaisseur, et, en tout cas, ne dépasse pas 1,50 à 2 mètres.

En pratique, et dans toute la mesure du possible, l'oxyde de propylène ne devra pas être employé pour la fumigation des semences.

Action sur les qualités boulangères des pâtes

L'oxyde de propylène nous semble donc à déconseiller ou, tout au moins, à n'appliquer qu'avec une extrême prudence sur les semences de céréales.

Il en est tout autrement pour les grains de consommation où son action germicide devient sans intérêt, sauf évidemment pour les orges de brasserie qu'il faut pouvoir malter. Les analyses effectuées au Laboratoire de Technologie de l'Institut par Mme Joaneda, que nous remercions bien vivement ici, ont démontré que le W des pâtes provenant de grains traités restait identique à celui du témoin, et qu'il n'était modifié, ni dans un sens, ni dans l'autre, par des variations du dosage du traitement.

Les traitements ont été effectués au début de mai 1947, les extensigrammes Chopin au début de juillet suivant.

Ils ont été faits en ballons de 2 litres pleins de grain. Les dosages sont donnés en grammes dans le Tableau VIII et ramenés au m³ de grain. Les fumigations ont duré 8 jours. Le blé expérimenté a été le Florence x Aurore.

TABLEAU VIII

Influence des vapeurs d'oxyde de propylène, appliquées 8 jours sur du blé Florence x Aurore, sur la ténacité, le gonflement et le W des pâtes provenant des grains traités

Concentration d'oxyde par m ³ de grain (en g.) ...	25	40	64	100
Humidité de la farine ...	15,90	15,40	14,86	14,25
P	121,00	111,00	111,00	109,00
G	16,54	17,41	17,41	17,37
W	250,00	251,00	251,00	244,00

Ces mesures extensimétriques du Tableau VIII comportent certes des incertitudes expérimentales telles que les chiffres indiqués doivent être appréciés avec une précision moyenne de l'ordre de 5 %, mais il en ressort cependant nettement que l'augmentation du dosage en oxyde de propylène, même du simple au quadruple (25 g. à 100 g.) laisse inaltéré le W des pâtes provenant de grains traités. Nous nous proposons de compléter l'année prochaine cette étude avec un de nos collègues marocains.

Il convient de remarquer en passant que cette innocuité de l'oxyde de propylène vis-à-vis des qualités boulangères des pâtes constitue encore un nouveau point de ressemblance bio-chimique avec l'oxyde d'éthylène.

Action de l'oxyde de propylène liquide sur les ferments figurés

Des essais préliminaires ont été faits sur notre demande par le Pharmacien-Colonel Bobier.

Ils concluent d'une façon fort nette que l'oxyde de propylène, aux doses d'emploi pratiquement possibles, ne présente guère d'action sur les moisissures, mais exerce au contraire une action, antiseptique à forte dose, inhibitrice à faible dose, sur les levures.

A titre d'exemple, à la concentration de 2 pour 1.000 P/V et au-dessus, il empêche toute fermentation alcoolique d'un moût ensemençé avec un pied de cuve ; au bout de quelque temps, après hydrolyse, le moût redevient fermentiscible. Par contre, les concentrations inférieures ne font que retarder les fermentations.

Bien que cette action antiseptique ne soit pas durable du fait de l'hydrolyse ultérieure, on peut prévoir qu'elle pourrait, dans une certaine mesure, s'opposer à l'échauffement des grains en supprimant les causes de fermentation, tout comme on l'a déjà constaté pratiquement pour l'oxyde d'éthylène.

En ce qui concerne les ferments solubles, l'action est très différente ; elle s'apparente à celle de nombreux corps tels que les anesthésiques qui, à dose faible, accélèrent la respiration des tissus végétaux.

Toxicité pour l'homme

Il est à prévoir que l'oxyde de propylène, comme d'ailleurs tous les fumigants sans exception, n'est pas dénué de toute toxicité

pour l'homme et les animaux supérieurs. Aucune recherche, malheureusement, ne semble avoir été faite à ce sujet. On peut seulement affirmer que des contacts accidentels fréquents du liquide avec la peau ne présentent pas de danger.

Il est probable que la toxicité de l'oxyde de propylène est inférieure à celle de l'oxyde d'éthylène ; or, depuis vingt bonnes années que ce dernier est employé, aucun accident n'a été, à notre connaissance, porté à son actif. On peut prévoir que, dans la pratique, avec quelques précautions élémentaires, l'emploi de l'oxyde de propylène ne présentera pas de dangers d'intoxication réels.

Conclusions

Dans les conditions ordinaires, et particulièrement dans les silos et cuves à grains, il apparaît que l'oxyde de propylène présente des avantages sérieux.

Il est à la fois facile à manipuler et d'évaporation très rapide en raison de son point d'ébullition (33°) nettement plus bas que celui du sulfure (46°) et, surtout, du tétrachlorure de carbone (76°).

Il est nettement moins inflammable que le sulfure de carbone et ne peut être allumé par une cigarette en ignition ou un fer rouge plongés dans le liquide : une flamme nue est nécessaire. Les concentrations d'emploi envisagées (voisines de 40 g./m³) sont ininflammables dès réalisation de l'homogénéité du mélange gazeux oxyde/air.

En raison de ses propriétés insecticides puissantes, la dose à utiliser permet une sérieuse économie sur les produits que l'on peut employer dans les mêmes conditions.

Son action sur la faculté germinative est incontestable et se traduit surtout par un retard de la germination marqué dans les premiers jours. Ce retard peut constituer un défaut grave, surtout avec certaines variétés de blés, de telle sorte que l'emploi de l'oxyde de propylène doit être absolument évité, jusqu'à nouvel ordre tout au moins, dans la désinsectisation des semences. De nouvelles expériences sont indispensables et seront incessamment réalisées en Algérie et au Maroc.

Tout comme l'oxyde d'éthylène dont il est l'homologue supérieur, l'oxyde de propylène n'exerce pas d'action fâcheuse sur les

qualités mécaniques des pâtes provenant de grains traités à 25, 40, 64 g./m³ (W : 250) et même 100 g./m³ (W : 244). Il constitue donc un excellent fumigant des grains de consommation (sauf pour les orges de brasserie).

L'oxyde d'éthylène ayant été légalement autorisé pour le traitement des denrées, et l'oxyde de propylène possédant la même réactivité chimique, c'est-à-dire ne présentant aucun danger pour la santé humaine, il est bien certain que l'emploi de ce dernier ne peut soulever d'objection à ce point de vue.

L'oxyde de propylène s'opposera dans une certaine mesure, à l'échauffement des grains.

D'après nos essais, pour une durée de 7 jours ou davantage en silo ou cuve à grains, une dose de 25 g./m³ serait suffisante. Il faut tenir compte toutefois de deux facteurs des essais qui sont, l'un la parfaite étanchéité de l'enceinte de traitement du grain, l'autre l'utilisation comme insecte témoin de *Calandra oryzae*. Dans la pratique, les conditions seront moins bonnes : les meilleurs silos ne sont jamais rigoureusement étanches et l'insecte à détruire est souvent *Calandra granaria*, nettement plus résistant que le précédent. La dose à fixer à la suite d'essais pratiques se trouvera donc vraisemblablement au voisinage de 40 g./m³.
