

Insectes ravageurs

Protection des grains stockés

De 1991 à 1993, l'UER de Zoologie générale et appliquée de la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux a effectué une enquête sur l'état sanitaire des stocks de froment en Belgique. Des prélèvements de grains ont été effectués dans des fermes et chez les négociants. L'analyse entomologique a révélé d'une part que 50% des lieux visités étaient infestés et d'autre part que les principales espèces nuisibles étaient, par ordre décroissant de fréquence : *Sitophilus granarius*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium* spp., *Cryptolestes ferrugineus* et *Sitophilus oryzae*. Les deux ravageurs les plus communs ont été utilisés lors de nos expérimentations.

La lutte contre les ravageurs des stocks étant indispensable, le choix des moyens doit se poser en termes d'efficacité du contrôle, de rentabilité et de sécurité pour le responsable du stock et pour les consommateurs futurs de la denrée. Dans cet article, nous évoquons brièvement les principes de la lutte chimique et présentons différentes méthodes alternatives de lutte contre les insectes des denrées stockées, en particulier l'utilisation couplée des températures négatives et des bactéries glaciogènes. Ces méthodes sont présentées dans l'esprit d'aboutir à un concept de lutte intégrée plutôt qu'à un recours systématique à la lutte chimique en protection des denrées.

Les méthodes traditionnelles de lutte

Pour les agriculteurs et négociants confrontés aux ravageurs des grains stockés, deux solutions se présentent : le traitement préventif, en début de stockage, à l'aide d'un insecticide à longue rémanence (pyréthrinoides, chlorpyrifos-méthyl, pyrimiphos-méthyl, mélange d'un pyréthrinolide et d'un organo-phosphoré), et le traitement curatif, avant la commercialisation des grains, à l'aide d'un insecticide non rémanent (fumigants et dichlorvos). Lorsque le stockeur désire obtenir une protection efficace pour environ trois mois, il peut se tourner vers les produits à

persistance moyenne d'action (malathion, mélange de dichlorvos et d'un organo-phosphoré rémanent).

Face aux risques de voir un stock de grains refusé, face aux coûts engendrés par un tel refus et face aux exigences légales imposées par les pays importateurs, les stockeurs ont parfois tendance à effectuer systématiquement un traitement de sécurité en fin de stockage.

Parallèlement à la lutte chimique, le stockeur effectue généralement un traitement physique qui consiste à profiter des premières nuits fraîches du mois d'août pour effectuer une ventilation des cellules de stockage afin de diminuer rapidement la température des grains de 30°C à 20°C, puis progressivement en dessous du seuil de développement des ravageurs, situé entre 10 et 14°C.

Quelques méthodes alternatives de lutte

Face à l'ampleur des phénomènes de résistances aux insecticides et aux risques liés à leur application, différents efforts ont été réalisés afin d'aboutir à une lutte intégrée contre les ravageurs des denrées stockées et diminuer ainsi progressivement la quantité des pesticides utilisés.

Sans vouloir dénigrer le mérite des méthodes chimiques qui ont permis et permettent encore de sauver d'importantes quantités de denrées alimentaires, différentes méthodes alternatives doivent être envisagées. La substitution ne sera ni rapide ni facile car elle nécessitera des changements d'habitude et des investissements financiers importants.

Les méthodes physiques de lutte contre les ravageurs des grains ont fait l'objet de nombreuses recherches et de mises au point technologiques. Elles consistent essentiellement en l'utilisation des atmosphères modifiées, des rayonnements ionisants et des températures extrêmes (froid et chaleur). Ces différentes méthodes de conservation sont développées ci-après.

Les atmosphères modifiées

Le stockage en atmosphère modifiée (contrôlée) est très répandu

dans la conservation des fruits et légumes. La méthode consiste à faire varier les teneurs en oxygène, en dioxyde de carbone (CO₂) et en azote au sein des silos afin d'obtenir des conditions dans lesquelles les insectes sont incapables de survivre.

De nombreuses recherches ont été effectuées sur le stockage des céréales en atmosphère à haute teneur en dioxyde de carbone (>60%) ainsi qu'à basse teneur en oxygène (<2%). Afin de limiter le temps d'exposition requis pour la désinsectisation et le coût des traitements, il est conseillé d'utiliser la première méthode pour les coléoptères à développement endogène (*Rhizopertha dominica*, *Sitophilus* spp.) et pour les lépidoptères (*Ephesia cautella*). La seconde méthode est plus adaptée à la lutte contre les coléoptères se développant à l'extérieur des grains (*Tribolium castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis*).

L'installation de l'atmosphère modifiée dans des silos de stockage nécessite des investissements financiers importants et du personnel qualifié. Les aménagements techniques consistent en effet à automatiser la production et les flux de gaz ainsi qu'à modifier la structure des unités de stockage afin de les rendre hermétiques.

Les rayonnements ionisants

L'utilisation de l'ionisation dans l'agro-alimentaire a débuté vers 1980. Elle est autorisée en Belgique et dans un nombre limité de pays pour le traitement de certains fruits frais, poissons séchés, épices, etc.

La destruction des ravageurs par des doses relativement faibles de rayonnements ionisants est due à l'altération des fonctions métaboliques (au niveau de l'ADN et des phospholipides membranaires) et à leur stérilisation.

Lors des traitements, les produits sont véhiculés dans une enceinte aux parois épaisses et passent face à une source de rayonnements ionisants. La dose d'exposition est calculée d'après le temps de passage et est contrôlée à l'aide de dosimètres. La source d'ionisation peut provenir soit de rayons gamma

Figure 1a.- Mortalité de *Sitophilus granarius* à différentes températures positives

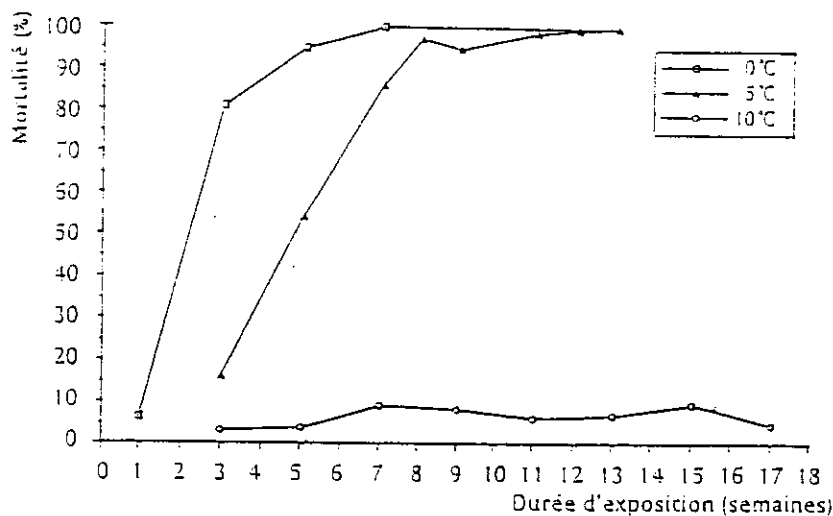
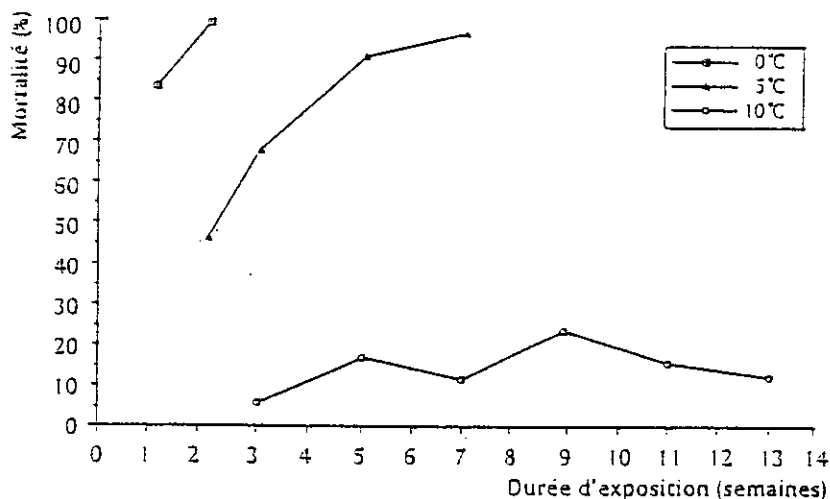


Figure 1b.- Mortalité de *Oryzaephilus surinamensis* à différentes températures positives



(très pénétrants), soit de faisceaux d'électrons accélérés (pénétration de quelques centimètres).

Pour le traitement des céréales, la seule installation commerciale en service dans le monde fonctionne depuis 1980 à Odessa (Ukraine). Cette unité, équipée d'accélérateurs d'électrons, possède une capacité de traitement de 200 tonnes à l'heure. Les recherches se poursuivent et les essais sur l'utilisation couplée d'un traitement par ionisation et d'un traitement thermique sont très prometteurs.

Les hautes températures

L'emploi des températures élevées pour la destruction des

insectes a débuté dans les années '40 à l'aide de lampes à infra-rouge. Pour les céréales, le seuil de tolérance pour la germination et la teneur en gluten varie entre 60 et 75°C alors que la limite thermique supérieure des insectes se situe vers 45°C. Une courte exposition à la chaleur détruit les insectes par dénaturation et coagulation des protéines intracellulaires ainsi que par modification des phospholipides membranaires.

Afin d'appliquer les températures élevées d'une manière rapide et uniforme, il est possible d'utiliser la technique des lits fluidisés par de l'air à haute température (proche de 250°C). Ces appareils possèdent des capacités

de traitement de 200 tonnes de grains à l'heure. Les techniques de chauffage par micro-ondes et par champs électromagnétiques de haute fréquence sont encore à l'étude et semblent ne convenir qu'à certaines denrées sèches.

Les basses températures

Nous avons déjà fait référence au refroidissement des grains par ventilation des cellules de stockage. La diminution de température par ventilation avec de l'air extérieur ou artificiellement réfrigéré vise d'une part, à réduire les pertes de matière sèche dues à la respiration du grain et d'autre part, à empêcher le développement des insectes, des acariens et de la microflore.

Cette diminution de température et son maintien au niveau du seuil de développement des ravageurs (entre 10 et 14°C) ne tuent pas tous les insectes, mais permettent de freiner leur développement et limiter ainsi les dégâts. Chez le charançon des grains, une diminution de la température de 27°C à 17°C entraîne un allongement de la durée du cycle de développement de 5 semaines à 15 semaines. De même, le cycle de développement du silvain à 32°C et 20°C se déroule en 3 et 12 semaines.

Après avoir maintenu des charançons des grains et des silvains durant 3 mois à 10°C, nous avons observé moins de 20% de mortalité (figures 1a et 1b). De plus, la mortalité hivernale est réduite lors du refroidissement des grains par des phénomènes d'acclimatation des insectes aux basses températures. En effet, chez les deux espèces citées précédemment, nous observons des différences significatives de sensibilité au froid entre les populations acclimatées et non acclimatées. Pour les deux espèces, la mortalité des individus acclimatés était inférieure à 40% alors qu'une mortalité totale était observée chez les insectes non acclimatés exposés à 5°C pendant 6 semaines ainsi qu'après une exposition de 14 jours à -5°C.

Au printemps, la température au sein des silos augmente rapidement et les insectes ayant survécu aux conditions hivernales se reproduisent de nouveau et peuvent être à l'origine de dégâts considérables. Le stockeur de céréales utilisant exclusivement les basses températures pour lutter contre les insectes doit généralement effectuer un traitement chimique en fin de stockage. Ce traitement pourrait être évité en maintenant le stock de grains durant de longues périodes à une température proche de 0°C ou en refroidissant momentanément la masse de grains à environ -10°C. Ces solutions sont coûteuses en énergie, c'est pourquoi nous effectuons des

essais sur les potentialités d'utilisation des bactéries gel-nucléantes dans la lutte par le froid contre les insectes des denrées stockées. Ces recherches sont financées par le Ministère des Classes moyennes et de l'Agriculture.

Utilisation d'une bactérie glaçogène

La plupart des insectes se développant dans les silos de grains sont d'origine tropicale et sont donc incapables de survivre à la formation de glace à l'intérieur de leur corps. Pour résister aux conditions climatiques hivernales, ces insectes ont développé différentes stratégies leur permettant d'abaisser leur point de congélation et donc d'éviter la formation interne de glace et de se maintenir en vie plusieurs degrés sous le point de fusion des liquides corporels. Les recherches effectuées sur les phénomènes d'acclimatation aux basses températures montrent que les insectes éliminent de leur système digestif les substances naturelles possédant une action gel-nucléante et/ou synthétisent et stockent des composés antigels (polyols, sucres, protéines, etc.).

Les espèces telles que *Sitophilus granarius* et *Oryzaephilus surinamensis* peuvent ainsi se maintenir en état de surfusion à des températures proches de -15°C. Cette capacité peut être quantifiée par la mesure du point de sous-refroidissement (PSR) et varie d'une espèce à l'autre. De plus, au sein d'une même espèce, la capacité de sous-refroidissement est inversement proportionnelle à la taille de l'individu.

Au début des années 80, différents champignons et bactéries possédant des propriétés gel-nucléantes ont été étudiés et identifiés suite à l'observation de dégâts dus au gel dans certains vergers et forêts exposés à des températures faiblement négatives. Les recherches sur les possibilités d'utilisation de ces agents gel-nucléants dans la lutte contre les insectes des denrées stockées ont débuté dix ans plus tard au Canada et aux Etats-Unis. L'application topique ainsi que l'ingestion de bactéries et champignons glaçogènes réduisent la tolérance au froid des insectes en augmentant leur point de sous-refroidissement (tableau 1). Notons que la mesure en laboratoire du point de sous-refroidissement par l'observation de la chaleur latente de congélation donne une idée de la tolérance au froid de l'insecte mais non la température à atteindre en silo pour observer sa mortalité. En effet, pour les essais effectués en silos, il faut tenir compte de la durée d'exposition au froid car la

Tableau 1. Effet des bactéries gel-nucléantes sur le point de sous-refroidissement (°C) de différents insectes

Espèces	Points de sous-refroidissement (°C)	
	Sans bactéries	Avec bactéries gel-nucléantes
<i>Sitophilus granarius</i> (L.)	- 14,3	- 7,3 (100 ppm)
<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L.)	- 13,7	- 11,0 (1.000 ppm)
<i>Tribolium castaneum</i> (Herbst)	- 12,3	- 5,3 (1.000 ppm)
<i>Rhizopertha dominica</i> (Fabricius)	- 15,2	- 3,3 (100 ppm)
<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (Stephens)	- 17,0	- 8,1 (100 ppm)

température d'apparition du gel y est directement liée.

La méthode de lutte étudiée à la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux consiste à utiliser les bactéries glaçogènes afin de limiter la capacité de sous-refroidissement des insectes et d'induire la formation de glace chez les insectes à des températures faiblement négatives.

La source bactérienne est une préparation concentrée, réfrigérée, séchée et tuée de *Pseudomonas syringae* (Genecor International, Rochester, N.Y.). Cette espèce fait partie du groupe des *Pseudomonas* fluorescents et la souche utilisée est la 31a. Elle a été isolée et sélectionnée pour son activité gel-nucléante positive. En outre, cette souche présente l'intérêt d'être très faiblement toxique, biodégradable et compatible avec les mesures de contrôle utilisées dans les programmes de lutte intégrée. La bactérie *P. syringae* est actuellement utilisée dans les stations de ski afin de fabriquer artificiellement de la neige.

Les mortalités des insectes après 24 heures d'exposition à différentes températures et concentrations en bactéries sont présentées aux figures 2a et 2b. Les doses appliquées sont basées sur le poids de *P. syringae* par rapport au poids des grains (1 ppm = 1 part par million = 1g de bactérie par tonne de grains). Les doses de 100 et 1.000 ppm correspondent aux doses utilisées par les chercheurs canadiens et nous avons également effectué des observations à 10ppm car nous cherchons actuellement à limiter les doses appliquées en améliorant l'efficacité des bactéries.

Les différents taux de mortalité observés dans les échantillons ne contenant pas de bactéries montrent que les *O. surinamensis* sont plus

sensibles aux températures négatives que les *S. granarius*. Cette forte sensibilité des *O. surinamensis* ne permet pas de mettre en évidence l'effet de la bactérie à -10°C car la mortalité est proche de 100% dans les témoins non traités. A -6°C et -8°C, l'effet gel-nucléant de la bactérie se manifeste sur les deux espèces dès la dose de 10ppm. De plus, une mortalité totale a été observée aux doses supérieures (tableau 2).

Après 24 heures d'exposition à -4°C, la mortalité des insectes augmente significativement lorsque le grain a été traité à la dose de 1.000 ppm. Aux températures supérieures, la mortalité des insectes n'augmente pas en présence de bactéries, de même lorsque la durée d'exposition passe de 24 heures à 96 heures.

Dans nos régions, l'utilisation raisonnée de la ventilation lors des périodes de gel permet d'atteindre des températures proches de -5°C au sein des silos. Malheureusement, les conditions climatiques ne permettent pas d'obtenir chaque année de telles températures et de garantir ainsi l'efficacité du traitement bactérien.

Le stockeur désirant limiter l'utilisation des pesticides en utilisant les méthodes alternatives et en particulier les bactéries gel-nucléantes devra investir dans une installation de ventilation avec refroidissement artificiel de l'air. Il pourra utiliser les basses températures pour stopper le développement des insectes (seuils de développement situés entre 10 et 14°C), traiter en cours de stockage à l'aide de la bactérie gel-nucléante et diminuer la température jusqu'au seuil d'efficacité de la bactérie (en dessous de -5°C).

Les essais sur l'utilisation des bactéries gel-nucléantes ne sont pas terminés et la bactérie n'est pas

Figure 2a.- Influence des bactéries gel-nucléantes sur la mortalité de *Sitophilus granarius* exposés durant 24 heures à différentes températures négatives

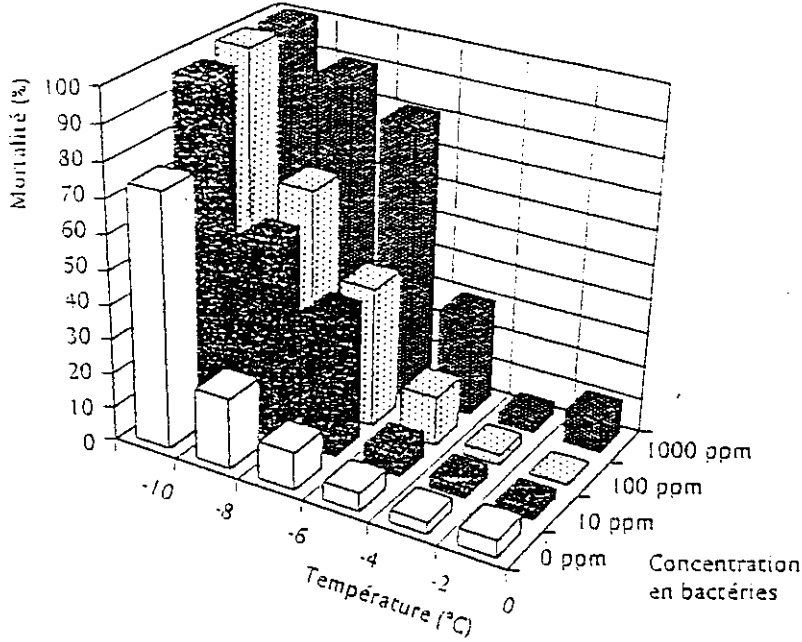


Figure 2b.- Influence des bactéries gel-nucléantes sur la mortalité de *Oryzaephilus surinamensis* exposés durant 24 heures à différentes températures négatives

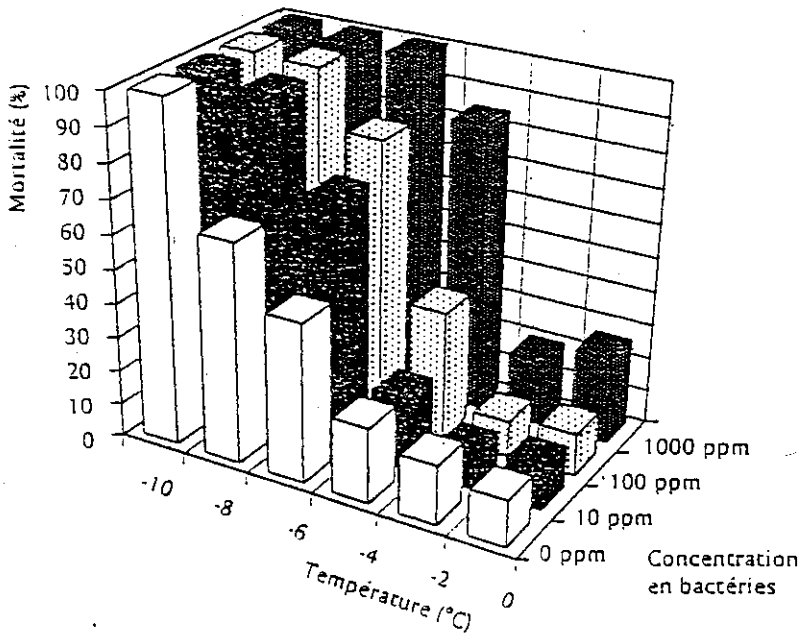


Tableau 2.- Taux de mortalité observés après 24 heures d'exposition

Espèces	Doses en bactéries (ppm)	Températures d'exposition (°C)					
		0	-2	-4	-6	-8	-10
<i>Sitophilus granarius</i>	0	5.0	3.5	5.5	11.1	20.8	74.0
	10	2.5	3.5	7.1	40.5	56.9	97.0
	100	0.5	3.0	14.4	41.0	64.6	100.0
	1.000	10.0	3.5	29.5	80.5	98.0	100.0
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	0	13.6	17.6	22.5	47.0	64.5	100.0
	10	12.5	10.9	21.5	73.5	90.0	100.0
	100	12.5	10.5	37.3	32.9	99.3	100.0
	1.000	25.0	19.5	34.4	100.0	100.0	100.0

encore commercialisée en Belgique. Les études actuelles, visant à améliorer l'efficacité des traitements, concernent essentiellement la sélection de nouvelles sources bactériennes à haut pouvoir gel-nucléant, l'amélioration des techniques de mise en culture, la stabilisation du pouvoir gel-nucléant et la recherche de synergistes.

J. Mignon, E. Haubruge et Ch. Gaspar
Centre d'Etude de la Qualité du Froment 2
IRSiA - Ministère des Classes moyennes et de l'Agriculture

