



# BULLETIN D'INFORMATION TECHNIQUE

## Mise en situation de la conservation de 11 000 T d'orge par

Une ambition nouvelle en France dans la conservation des céréales initiée par la coopérative AGRIAL et la société AGRONET.

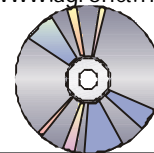


Nous présentons dans ce document le bilan de la Phase 1 d'une opération de conservation d'un stockage de céréales, en utilisant une injection de gaz phosphine de faible concentration étalée sur une période supérieure à 5 mois. Il y a 3 phases distinctes dans cette mise en situation:

La première consiste à mettre sous gaz un magasin de 11000 T d'orge, et intervenir de façon hebdomadaire pour réinjecter ponctuellement du gaz fumigant. Après 40 jours, cette opération s'alterne en Phase 2, avec la ventilation refroidissante du grain pendant environ 1,5 mois. Enfin, la phase 3 sera la mise sous gaz préventive. Cette opération a lieu sur le site d'AGRIAL, à côté de CAEN.

Toute l'expérimentation est disponible dans une version multimédia avec séquence vidéo sur CD.

Contactez la société  
AGRONET: 02 32 76 14 07  
www.agronet.fr



## PROGRAMME

### Juillet 2000

Préparation préalable du magasin avant entrée des marchandises. Mise en place des réseaux d'injection au sol

### Août

Entrée des marchandises.

### Septembre

Dossier administratif expérimentation.

### Octobre

Dossier administratif expérimentation Examen de l'état phytosanitaire du stock avec sondes d'échantillons insectoprobe.

### Novembre

Dossier administratif Installation des unités du système d'injection et des chambres à délitage.

Sondes de détection parasitaire - cage biologique - Tube passif - Tube de prélèvement pour mesure gaz et temp.

### Phase 1

### Décembre

Bâchage  
Mise sous gaz : 1 gr/m<sup>3</sup>  
Injection hebdomadaire : 0.1Gr/M<sup>3</sup>

### Janvier 2001

Arrêt gazage 20 - 01  
Contrôle stockage  
Démarrage ventilation refroidissement

### Phase 2

### Février

Ventilation de refroidissement

### Mars

Ventilation  
Reprise gazage au 20 - 03-2000  
Essai sans bâche

### Phase 3

### Avril

Mise sous gaz  
Pas de bâchage

### Mai

Prévision sortie  
Analyse résidu sur grains

## PRESENTATION DE LA METHODE ET DU PROCEDE

### METHODE CLASSIQUE DE FUMIGATION CURATIVE AU GAZ PHOSPHINE

Descriptif schématique	Détails	Intérêt technologique	Limites Technique / critique
<p>Bâche plastique Produit fumigant Grains</p>	<p>COURSESCHÉMATIQUE FUMIGATIONS PONCTUELLES EN PPM</p>	<p>Efficacité totale sur les insectes. Pas d'effet d'accumulation de résidus insecticide. Intervention rapide</p>	<p>Température marchandise sup. à 10 °C Pas de protection insecticide dans le temps Concentrations en gaz non homogènes Température marchandise sup. à 10 °C Concentration en gaz importante. Diffusion naturelle de la phosphine limitée pour les grandes hauteurs de grain, surtout en cas de point d'échauffement. Nécessité de bâchage efficace</p>
<p>Ce type de traitement est utilisé pour les fumigations curatives. Les produits fumigants à base de phosphore métallique sont placés sur la marchandise après le bâchage du lot. Le gaz phosphine pénètre dans la masse de grain naturellement mais de façon non homogène surtout si les hauteurs de grains sont importantes</p>	<p>Les dosages utilisés sur ce type de traitement varient entre 2 et 3 gr/m<sup>3</sup>. La durée du traitement: 7 à 15 jours. Les concentrations du gaz bien que non homogènes dans le stockage suffisent à atteindre le seuil de mortalité parasitaire.</p>		

### METHODE DE FUMIGATION LENTE EN EVALUATION TECHNIQUE

Descriptif schématique	Détails	Intérêt technologique	Limites Technique / critique
<p>Stock de céréales Gaz fumigant TUBE d'injection Chambre de délitage PH3 Ventilateur HP Récupération du mélange air / PH3</p>	<p>MESURE DE CONCENTRATION EN PPM PENDANT UNE FUMIGATION LENTE</p>	<p>Efficacité totale sur les insectes. Pas d'effets d'accumulations des résidus insecticides Peut avoir un effet réducteur sérieux sur le développement des moisissures. Protection parasitaire dans le temps jusqu'à la fin du stockage. Gestion précise du stockage. Les coûts s'adaptent précisément à la durée. Faible concentration en gaz. Adaptabilité aux stocks existants. Tolérance de fuite car ajout de gaz permanent.</p>	<p>Température marchandise sup. à 10 °C Pas de protection insecticide dans le temps Concentrations en gaz non homogènes Interventions régulières des techniciens de maintenance. Grands stockages supérieurs à 50 000 T peuvent présenter des contraintes techniques importantes.</p>
<p>Technique qui consiste en l'installation de réseaux d'injection de gaz dans la masse de grains qui injectent le gaz fumigant PH<sub>3</sub> dans la masse de façon continue et graduelle. Les générateurs de PH<sub>3</sub> réagissent dans une chambre de délitage conçue à cet effet, le fumigant PH<sub>3</sub> est ensuite injecté dans la masse de grains de façon régulière. L'installation du système reste à demeure dans le stock dès le début du stockage. L'installation permet de pouvoir intervenir / manipuler de l'extérieur du stockage sans intervention à l'intérieur.</p>	<p>Le dosage utilisé est faible: 30 fois inférieurs à des doses de fumigations curatives. La dose varie entre 70 et 200 ppm de façon continue, elle éradique les parasites de la même façon qu'une fumigation ponctuelle. La technique employée dans cette expérimentation est composée de 3 phases caractéristiques :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Phase 1 : Première mise sous gaz à un dosage de 1 gr/m<sup>3</sup> pendant 10 jours</li> <li>2) Phase 2 : Simultanément après la phase 1, injection hebdomadaire de fumigants pour maintenir des dosages de 70 à 200 ppm dans le stockage. Fumigation alternée en période froide par la ventilation refroidissante du grain.</li> <li>3) Refroidissement du grain puis reprise de la fumigation lente.</li> </ol>		

# ADMINISTRATIF - JURIDIQUE

Un état de droit (liste non exhaustive)...

Plan de prévention: décret 92-158 du 20 février 1992

Relatif aux installations classées et Zone 20 - 21: loi du 19 juillet 1976-decret du 21 septembre 1977 - arrêté du 31 mars 1980

Relatif à la protection des travailleurs exposés aux gaz destinés aux Opérations de fumigation: Décret n°88-448 du 26 avril 1988 - Arrêté du 19 mars 1993

Relatif aux conditions générales d'emploi de certains fumigants en agriculture: Arrêté du 4 août 1986

Distribution et application par des prestataires de services des produits antiparasitaires à usage agricole et des produits assimilés: Loi n° 92-533 du 17 juin 1992 et Décret n° 94-863 du 5 octobre 1994

Contrôle des produits phytopharmaceutiques: Arrêté du 5 mai 1994

Teneurs maximales en résidus de pesticides sur céréales: Arrêté du 16 juin 1994

DEMARCHE	ENTREPRISE FUMIGATION	COOPERATIVE STOCKEUR
D.R.I.RE (Direction de l'Industrie de la Recherche, Environnement)	Conformité des matériels électriques.	Déclaration de la mise en place du procédé
S.R.P.V. (Service régional de la Protection des végétaux)	Déclaration préalable auprès du Service Régional de la Protection des Végétaux	Limitation et contrôle de l'accès au magasin.
REGLEMENTATION DU TRAVAIL	Mise en place d'un Plan de prévention / consignes de sécurité.	Mise en place d'un Plan de prévention / consignes de sécurité.
ASSURANCE	Assurance spécifique RC couvrant la valeur marchandise & magasin.	Assurance RC couvrant la valeur marchandise & magasin.

## Mise en place technique

### INSTALLATION RESEAU D'INJECTION

Sont disposés pendant le remplissage du magasin des drains perforés de diamètre 50 mm qui serviront à injecter le gaz dans la masse de grain. Le pourcentage de surface ouverte des drains est de 25 % . Il y aura 4 rangées de drains per-



forés de 30 mètres de long. Cette configuration est disposée au deux extrémités du magasin totalisant ainsi 8 longueurs de drains perforés. Leur disposition a été volontairement éloigné des gaines de ventilation du

grain (min 2 mètres) pour éviter l'effet favorable de l'échappement du gaz par la ventilation du stockage. La partie perforée se trouve exclusivement sous la masse de grain. Les drains perforés sont connectés à des drains non perforés qui seront eux-mêmes, par la suite connectés aux bacs générateurs de PH3 (phosphine). Les drains non perforés rejoindront l'extérieur du bâtiment en passant par les bardis en béton.



STOCKAGE	CARACTERISTIQUE
Long	70 m
Larg	40 m
Marchandise	ORGE
Tonnage	11 000 T
Volume	15000 M3

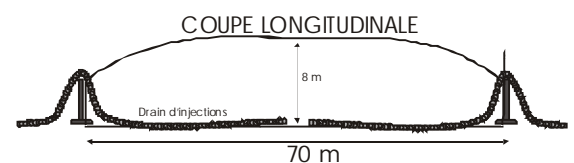
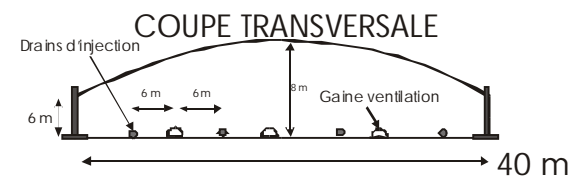
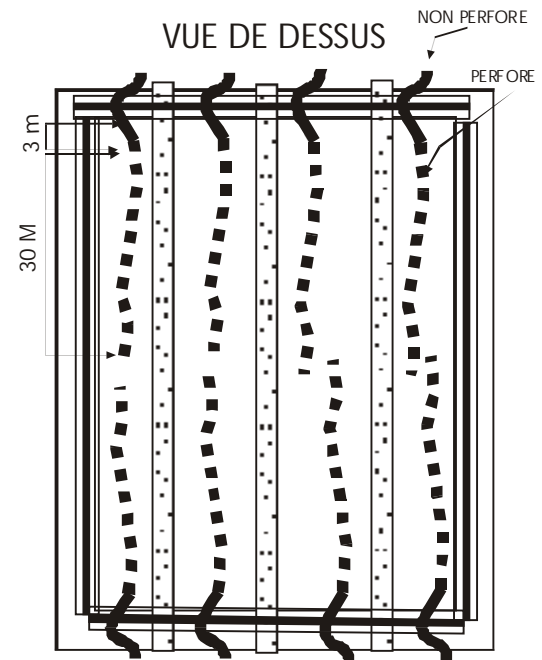
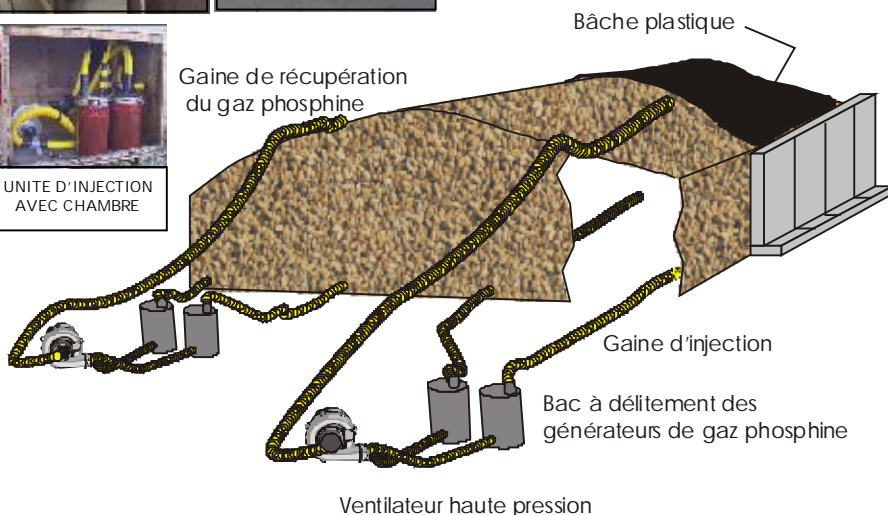
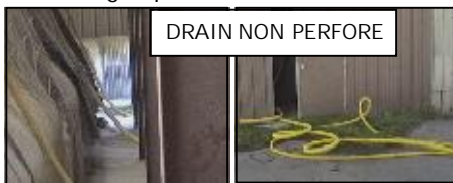


### INSTALLATION UNITE D'INJECTION

L'installation des unités d'injection du gaz a été effectuée après le chargement en céréales. Elles ont été disposées à l'extérieur du bâtiment. Il y a deux unités de chargement en gaz positionnées à

l'extérieur et aux deux extrémités. Chaque unité est composée de un ventilateur qui a pour fonction de  
1) Récupérer le mélange phosphine & air, au dessus

du grain grâce à des collecteurs.  
2) Souffler le mélange air & phosphine dans les trois chambres de délitement pour évacuer le gaz produit à l'intérieur. Le débit d'air étant important, il n'y a pas de risque d'accumulation dangereuse de phosphine à l'intérieur des chambres. Le mé-



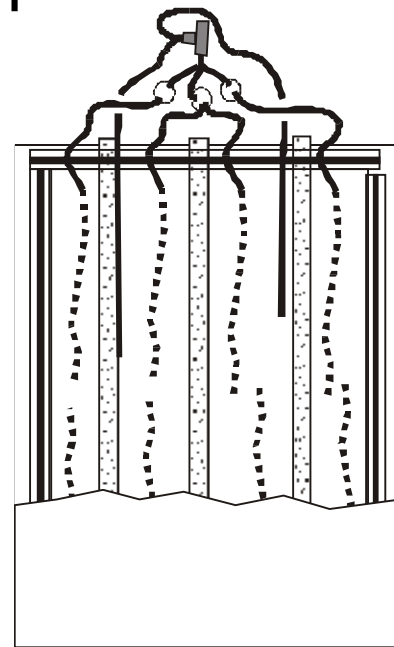
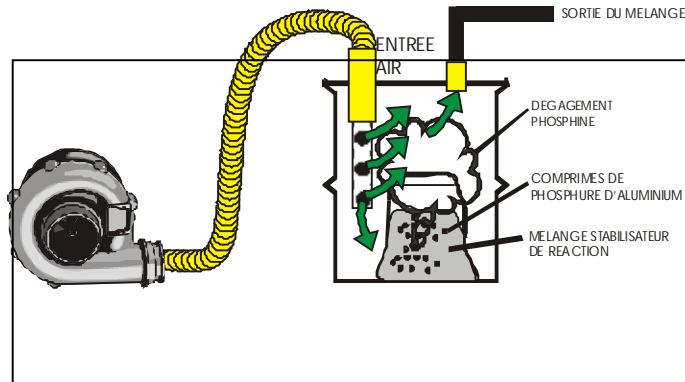
# Mise en place technique

## INSTALLATION UNITE d'INJECTION CHAMBRE DE DELITEMENT

l'air/gaz est forcé à travers le grain.

La hauteur du grain étant de 8 m la puissance du ventilateur a été précisément calculée pour vaincre les pertes de charge dues à l'écoulement unidimensionnel de l'air à travers l'orge en fonction de la vitesse de l'air utilisée.

Une chambre de délitement est conçue pour recevoir une quantité maximum en phosphore métallique de 1



Kg. Au total la capacité de l'installation étant de 6 chambres de délitement, l'injection ponctuelle maximum est de 6 Kg de phosphore métallique qui devront générer 1/3 en gaz phosphine soit 2 000 gr. Cette production bien que non linéaire s'accomplit à 99 % en 5 jours et 80 % de la réaction se fait les deux premiers jours. Cela correspond pour le stockage à un dosage injecté ponctuellement voisin de 0,13 gr/m<sup>3</sup> soit 100 ppm

Durant l'expérimentation nous ajouterons la quantité de 70 ppm hebdomadaire.

M3.

L'addition hebdomadaire permet de maintenir les concentrations à un niveau satisfaisant qui sans ajout de gaz retomberaient rapidement à des seuils très faibles dus aux fuites, à l'absorption de la phosphine dans l'orge, et à la décomposition du gaz.



## METHODE DE CONTROLE

Méthode de contrôle physique du stockage

Une inspection parasitaire du stock a été effectuée par tamisage en surface et aussi en utilisant des sondes dynamiques insectoprobes qui permettent une vérification à 70 cm sous la surface du grain. Deux zones d'infestation parasitaire, *Sitophilus granarius* sérieuses ont été détectées avec grains attaqués par les prédateurs.

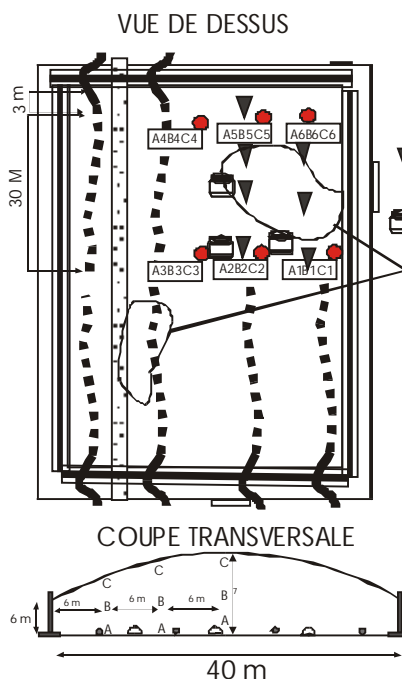
Pour le suivi de l'efficacité de l'expérimentation 3 cages biologiques témoin contenant des insectes vivants à

tous stades ont été disposées sur le stockage.

Des sondes insectoprobes de détection parasitaire ont été disposées dans le grain selon le dispositif du schéma ci dessous.

Enfin, pour le contrôle des concentrations en gaz, 1/4 du magasin sera contrôlé avec 19 tubes. La disposition des tubes de prélèvements décrite ci-après, sont répertoriés en séries. Il y a 6 séries numérotées de 1 à 6. Chaque série est composée de 3 prélèvements A, B, C. A représente le prélèvement dans le bas du stock, B le milieu, et C se trouve à

50 cm de la surface. Ces sondes ont été installées après le chargement à l'aide d'un appareil à prélever en profondeur le grain.



# resultats

## RELEVES DES CONCENTRATIONS

Nota: La base de l'exploitation du résultat est fixée sur le seuil de mortalité du charançon, plus précisément le *Sitophilus granarius* (charançon) qui est l'insecte dont le niveau d'achèvement en terme de CT est parmi les plus élevés.

les relevés ont été effectués à l'aide d'un lecteur à cellule électrochimique. Les courbes présentées expriment la concentration en gaz par rapport au temps d'exposition exprimée en gr.h.m3. L'évolution de la courbe de CT s'accélère au démarrage pendant les 7 premiers jours, correspondant à la première injection en phosphine dosée à 1 gr/m3. Les pentes ensuite plus faibles (du 7° jour au 43° jour) sont le

résultat de l'addition hebdomadaire de gaz Phosphine à un taux de 0,1 gr/M3. Les concentrations ne sont pas homogènes même avec l'assistance de la circulation forcée. Nous obtenons une concentration suffisamment efficace pour tuer les insectes du type *Sitophilus Granarius* sur l'ensemble des points.

Les courbes des séries 4-5-6 concernant les points situés proches des premières sorties du gaz fumigant montent rapidement en CT, cette zone étant avantageusement irriguée par le gaz selon la configuration de l'installation.

Les courbes des séries 1-2-3, plus faiblement irriguées par le mélange air, phosphine, sont quant à elles beaucoup plus lentes pour atteindre un CT mortel suffisant, en particulier la série 1 (ABC) qui atteint le seuil de mortalité de tous les stades (oeuf / Larves / Adultes) au bout de 40 jours.

### Résultats cages biologiques

En ce qui concerne les cages biologiques, l'ensemble des insectes sous formes visible a été trouvé mort. Ces boîtes sont actuellement en chambre de culture afin de vérifier une possible éclosion parasitaire.

### Résultat pièges sondeurs:

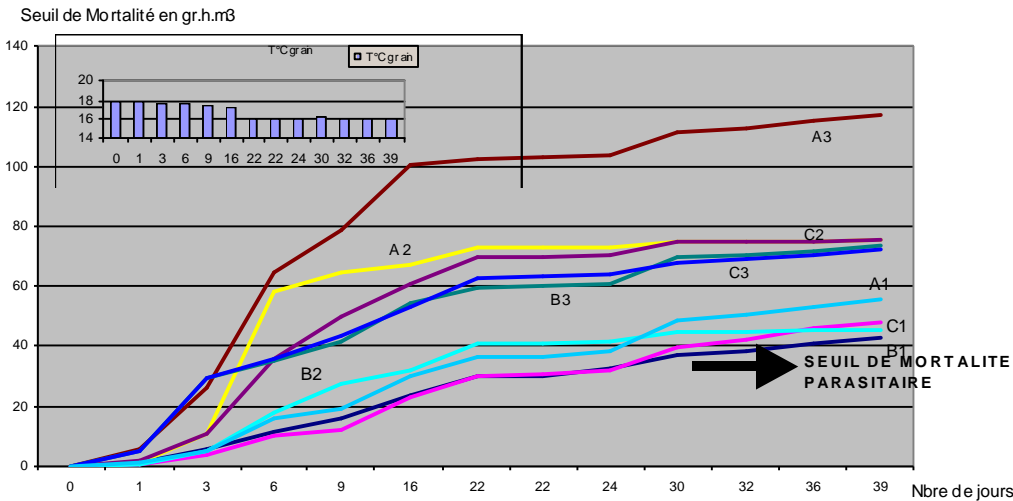
En ce qui concerne les pièges à insectes sondeurs, il n'a été révélé que la présence d'insectes morts. L'inspection du stockage n'a pas révélée de présence de prédateurs vivants mais de nombreux insectes morts ont été relevés.

L'étude de la phase 2 «ventilation, et surveillance» démarre. Elle sera suivie par la phase 3 «redémarrage de la fumigation lente». A chaque phase un dossier technique sera édité. Pour toute demande d'information sur le suivi des données s'adresser à AGRONET M. Benoît Vacquer ou bien à AGRIAL M. Emmanuel Leblond

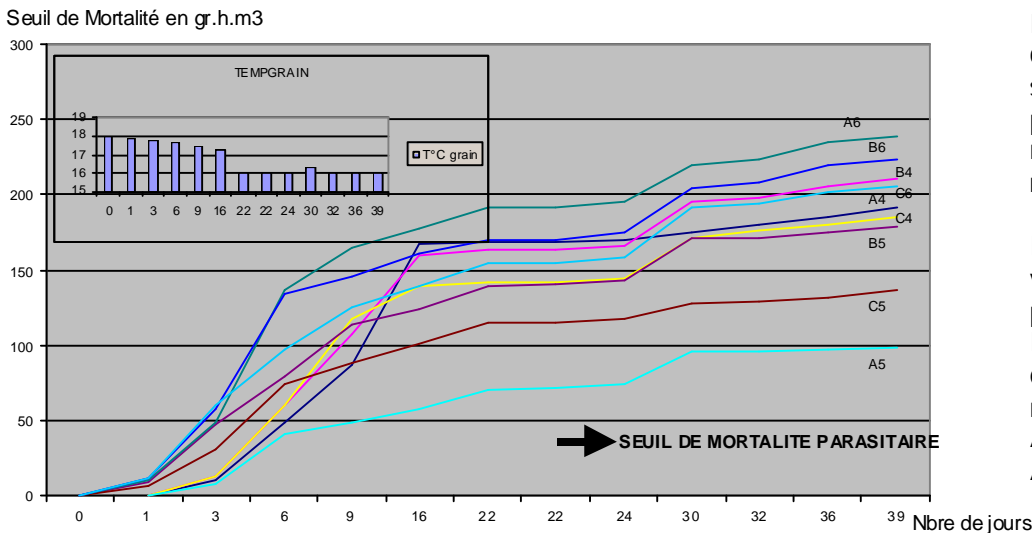
### Relevés des concentrations

Tout au long des 45 jours de fumigation lente,

EVOLUTION DES SEUILS DE MORTALITE PARASITAIRE



EVOLUTION DES SEUILS DE MORTALITE PARASITAIRE



## COUPE LONGITUDINALE

SCHÉMATIQUE DE L'ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS DU GAZ PHOSPHINE PENDANT LES OPÉRATIONS

