

# *Efficacité des substances actives insecticides utilisées en France et dans le monde*

Francis FLEURAT-LESSARD,  
Bernard FUZEAU  
INRA MycSA  
Bruno SERRANO  
Laboratoire TEC



Organisé par :

Avec la collaboration de :



# *Etude expérimentale comparative de l'efficacité immédiate et de la rémanence d'activité de substances insecticides sur les insectes des céréales stockées*

- Comparaison de l'efficacité immédiate et de la persistance d'efficacité en cours de stockage de spécialités insecticides homologuées en France pour la protection des céréales stockées contre les insectes, ainsi que d'autres substances insecticides utilisées ailleurs dans le monde, à base de substances minérales ou d'extraits végétaux
- Analyse de la relation entre la teneur en résidus et la durée de protection des stocks de grains contre les ré-infestations éventuelles

*\*Projet soutenu par le CASDAR du Ministère de l'Agriculture et coordonné par ARVALIS Institut du Végétal*

# *Matières actives et doses à étudier (fixées à l'origine et conservées sans modification pour la série des traitements réalisés à titre préventif)\**

Substances actives sélectionnées (France et étranger) :		présentation
• Pyrimiphos-méthyle	dose homologuée : 4 g/tonne	liquide
• Chlorpyrifos-méthyle (CPM)	dose homologuée : 2.5 g/t	id
• Deltaméthrine + Pbo	dose homologuée : 0.5 g/t (+ 4.5 pbo)	id
• Cyperméthrine + Pbo	dose homologuée : 1.67 g/t (+ 4.75 pbo)	id
• Pyréthrinés naturels + Pbo	dose homologuée : 3 g/t (+ 13.5 pbo)	id
• Méthoprène + CPM (USA)	dose choisie : 0.01 g/t Méth. + 1.625 g/t CPM	id
• Huile de neem (Afrique)	dose choisie : 1200 mL/t (huile brute)	liquide
• Spinosad + CPM (USA)	dose choisie : 1.0 g/t Spino. + 1.25 g/t CPM	id
• Silicagel + bicarbonate de sodium (France)	dose préconisée fabricant : 1 kg/T	poudre
• Témoin de développement non traité		

*Les doses en caractères rouges ont été fixées arbitrairement (s.a. non autorisées pour le traitement des grains stockés en France )*

*\* Pour les traitements « curatifs » les doses des s.a. non autorisées et des produits biologiques ont été adaptées aux objectifs de l'étude*

## *Espèces cibles :*

2 espèces à sensibilité différente aux familles chimiques insecticides :

- Charançon du riz (**cosmopolite**)

Sensible aux organo-phosphorés (OP)



*Sitophilus oryzae*  
charançon du riz

- Capucin des grains (**méditerranéen**)

Sensible aux pyréthrinoides et peu sensible aux OP



*Rhyzopertha dominica*  
capucin des grains



# Protocole : rappel des modalités de l'essai « curatif »

- Traitement de **grain préalablement infesté** avec étude de la persistance d'efficacité après traitement (effet curatif sur infestation déjà présente **et** persistance d'activité) (13/09/2011)

- |  |  |
|--|--|
| • Pirigrain (PMM)                                | 4 g/t de PMM                           |
| • Nuvagrain (CPM)                                | 2.5 g/t de CPM                         |
| • K-Obiol 25EC (DM + Pbo)                        | 0.5 g/t de $\Delta$ M (+ 4.5 Pbo)      |
| • Talisma (Cyp + Pbo)                            | 1.67 g/t de Cyper (+ 4.75 Pbo)         |
| • Pyréthrinés naturelles ( <b>sans PBO</b> )     | 3 g/t PyrNat ( <b>seules</b> )         |
| • Reldan + IGR (Spinosad + CPM)                  | <b>0.01 g/t Métho. + 1.625 g/t CPM</b> |
| • Pyréthrinés synergisés Pbo <b>au 1/2 ratio</b> | <b>3 g/t PyrNat + 6 g/t Pbo</b>        |
| • Conserve (Spinosad)                            | <b>1.5 g/t Spinosad seul</b>           |
| • <u>Témoin non traité</u>                       | eau distillée 1 L/t                    |

**soit 18 lots de 50 kg pour l'étude d'efficacité des molécules en traitement « curatif »**

## Protocole (2) : rappel des modalités de l'essai « préventif »

- Traitement de **grain non infesté** et étude de la persistance d'efficacité après traitement (persistance d'activité contre infestation externe = protection préventive) (06/05/2011)
  - Pirigrain (PMM) 4 g/t de PMM
  - Reldan ou Nuvagrain (CPM) 2.5 g/t de CPM
  - K-Obiol 25 EC (DM + Pbo) 0.5 g/t de DeltaM (+ 4.5 pbo)
  - Talisma (Cyperméthrine + Pbo) 1.67 g/t de Cyper (+ 4.75 pbo)
  - **Aquapy** (Pyréthrine naturelles + **Pbo pleine dose**) 3 g/t PyrNat. + 13.5 g/t Pbo
  - Reldan + IGR (CPM + méthoprène) 0.01 g/t Méthoprène + 1.625 g/t CPM
  - **Terra Neem** (Huile de neem diluée) 1200 mL/t (huile brute = 3.6 g/t azadirachtine)
  - **Conserve** (CPM + Spinosad) 1.0 g/t Spinosad + 1.25 g/t CPM
  - **Bi-protec** (bicarbonate de Na et gel silice) 1 kg/t formule 'poudre pour poudrage'
  - Témoin non traité néant (pas de traitement)

soit 22 lots de 50 kg pour l'étude d'efficacité des molécules en traitement « préventif »



# Conditions générales de l'expérimentation

## 1. Méthode et matériel :

**Protocole n° 106 de l'AFPP (Commission des Essais Biologiques)** : Détermination de l'efficacité et de la persistance d'action de substances actives insecticides destinées à la protection des céréales contre le charançon du grain et les espèces nuisibles assimilées

- **Infestation initiale** des lots de 50 kg de grain pour le « **traitement curatif** » avec les 2 espèces (à des dates décalées et avec 5 adultes / kg pour chaque espèce cible)
- Conservation des lots de grain infestés à température régulée (22-25°C) pendant 65 à 80 j
- **Traitement « curatif »** de lots de grain infestés lorsque la densité des insectes dépasse 50 insectes / kg
- Prélèvements à la canne-sonde à compartiments réalisés à 24 h, 7 j et 56 j après le **traitement « curatif »** pour **détermination du pourcentage de mortalité en traitement « curatif »**
- **En parallèle, traitement « préventif »** de lots de 50 kg de blé sain, suivi du prélèvement d'échantillons de grains traités 7 j, 42 j, 90 j et 180 j **après le traitement**, lesquels sont infestés par 100 insectes de chaque espèce qui vont rester 7 jours sur grain traité (à 25°C et 70-75% HR) avant le **contrôle de la mortalité en traitement « préventif »** (insectes éliminés ensuite).
- Incubation des échantillons (débarassés des insectes) pendant 84 j à 25°C et dénombrement des descendant des insectes **restés 7 j sur le grain traité**, pour déterminer l'effet du traitement sur la reproduction des adultes

## 2. Analyse de résidus :

Réalisés par le **laboratoire FranceAgriMer** avec les échantillons de l'essai de **traitement préventif (sans insecte)** seulement pour les **substances actives homologuées en France et le pbo** (soit : 11 échantillons de grain à analyser prélevés aux 3 dates de contrôle (24 h, 90 j et 180 j après l'application))

N.B. Les lots de grain (récolte 2010) ont été désinsectisés à la phosphine avant utilisation

# *Déroulement de l'expérimentation comparative :*

*1 - Période d'incubation préalable au traitement de l'essai « curatif » en atelier climatisé (2-3 mois)*





## 2 - Application des produits sur les lots de blé de 50 kg en conditions contrôlées (méthode CEB N 106)



Le taux de récupération a été déterminé par l'analyse des résidus dans le prélèvement réalisé 24 h après traitement

### 3 - Remise des lots traités en fût et stockage prolongé pour l'analyse de persistance de l'efficacité insecticide



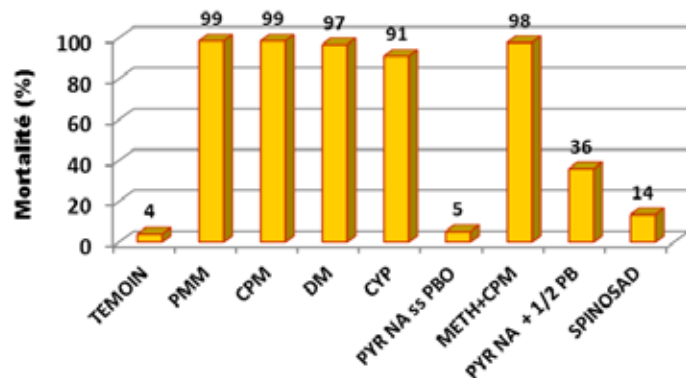
Comptage des insectes après tamisage  
des prélèvements à la canne-sonde à  
compartiments



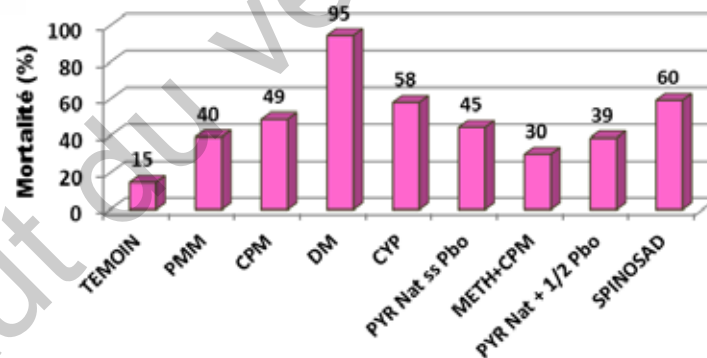
# Résultats (1) : Traitement à but curatif (24 h & 7 j après traitement)



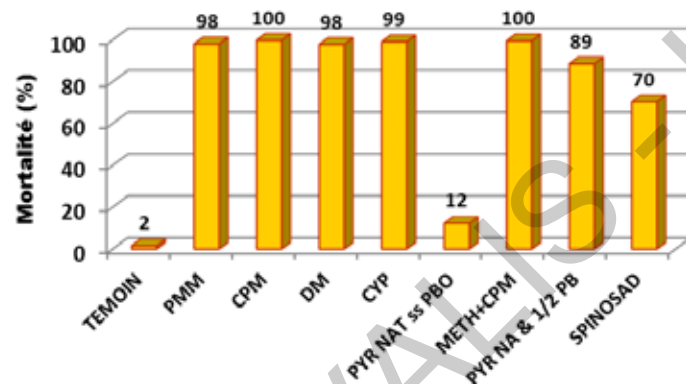
Mortalité *S. oryzae* 24 h après traitement "curatif"



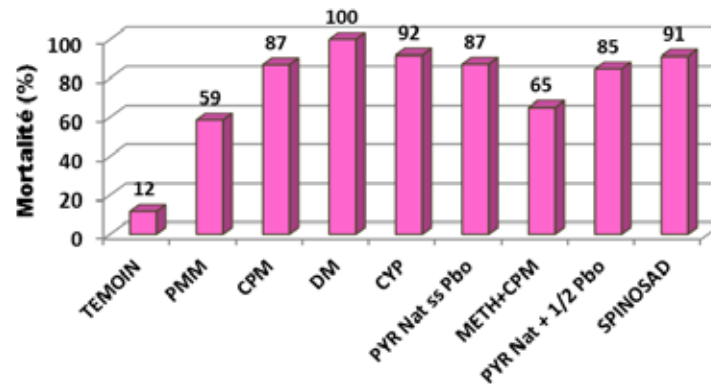
Mortalité *R. dominica* 24 h après traitement "curatif"



Mortalité *S. oryzae* 7 j après traitement "curatif"



Mortalité *R. dominica* 7 j après traitement "curatif"

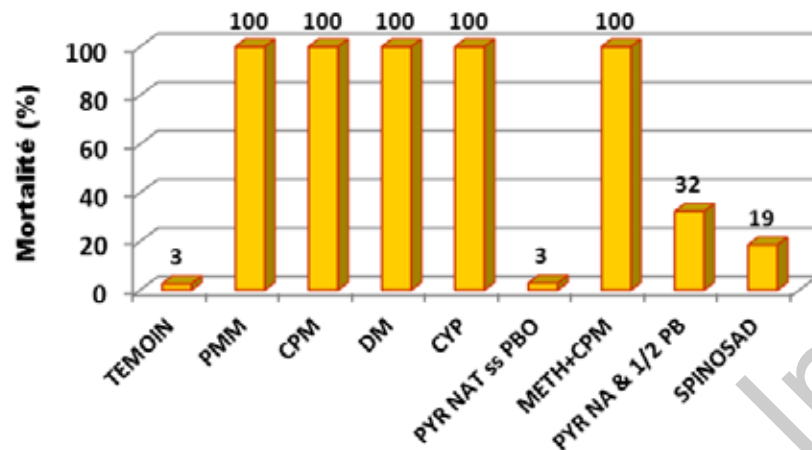


Immédiatement après traitement, pyréthrinoïdes et OP ont une activité différente sur charançon (*S. oryzae*) et sur capucin (*R. dominica*). l'activité insecticide des deux OP sur le capucin est sensiblement différente (malgré la + faible dose de CPM)

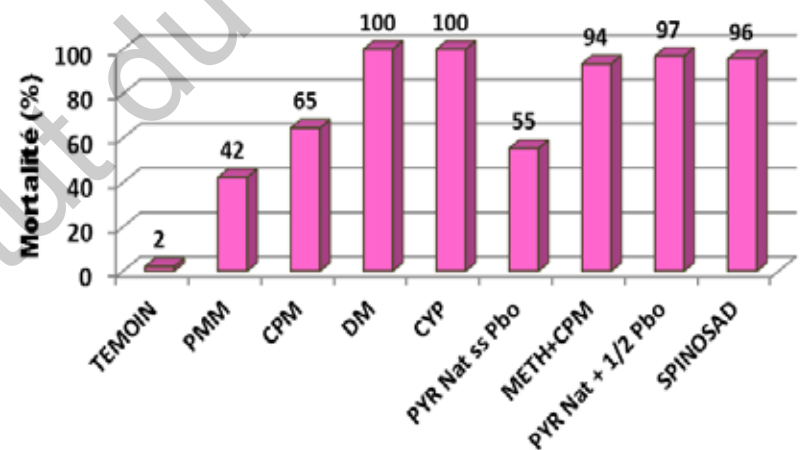
## Résultats (2) : Traitement à but curatif (2 mois après traitement)



Mortalité *S. oryzae* 56 j après traitement "curatif"



Mortalité *R. dominica* 56 j après traitement "curatif"



**Deux mois après le traitement**, l'efficacité des OP et des pyréthrinoïdes est totale sur le charançon, y compris aux doses faibles d'OP (CPM avec IGR) ; toutefois, les pyréthrinés naturels ont montré une efficacité quasi nulle sans pbo et insuffisante avec 6 ppm de pbo sur le charançon. Pour le capucin, les pyréthrinoïdes sont très efficaces (mortalité de 100 %), ainsi que les pyréthrinés synergisées à 6 ppm de Pbo (PYR Nat + 1/2 Pbo) (mortalité > 95%). Elles ne sont efficaces qu'à 55 % lorsqu'elles sont appliquées sans synergiste (comme préconisé pour les céréales en « bio »).

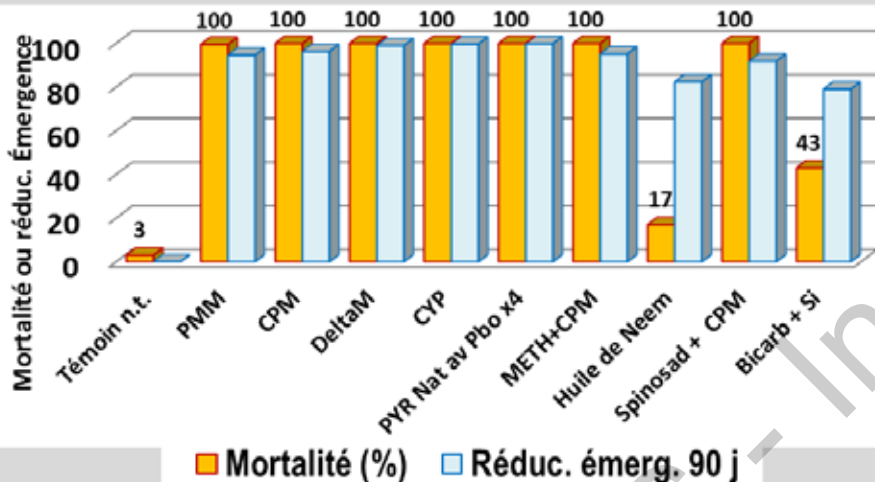
Le spinosad « seul » est remarquablement efficace seulement sur le capucin mais pas contre le charançon (après 7 jours de contact). Le méthoprène (IGR) améliore significativement l'effet du CPM pour le capucin (passage de 65 à 94 % de mortalité avec la 1/2 dose de CPM lorsqu'il est utilisé seul).



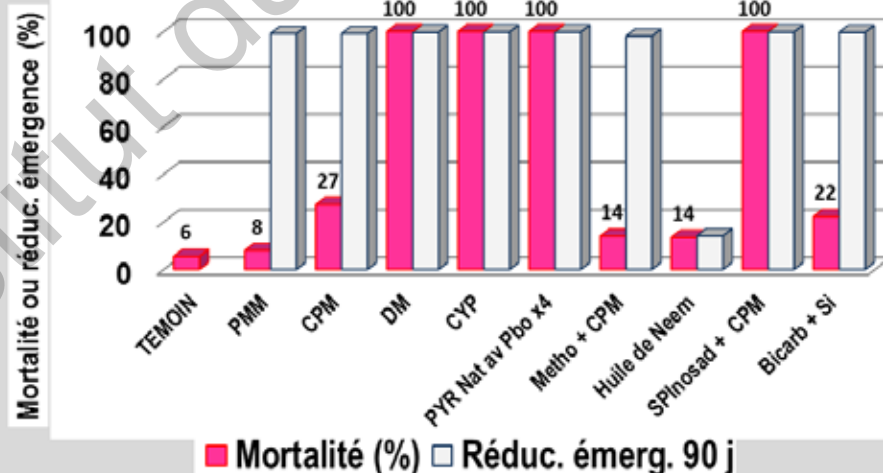
## Résultats (3) : Traitement à but préventif (prélèvement 7 j après traitement)



Mortalité et réduction émergence *S. oryzae*  
7 j après traitement "préventif"



Mortalité et réduction émergence *R. dominica*  
7 j après traitement

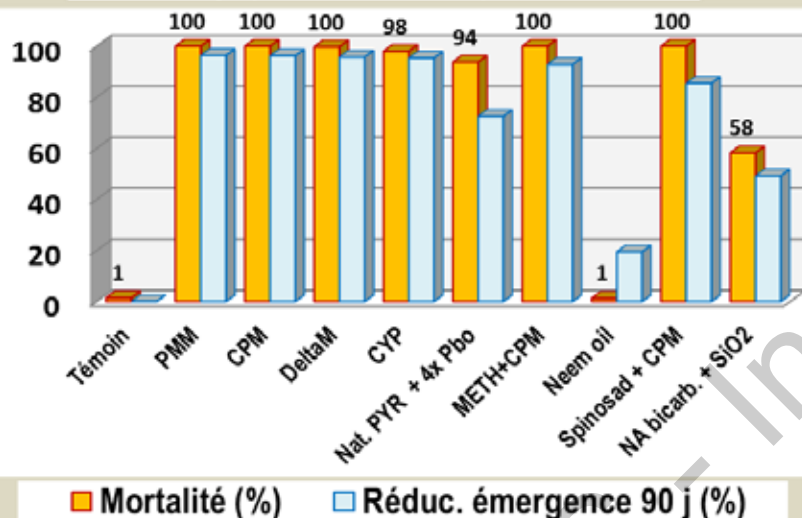


**7 jours après traitement du grain** (sain), OP, pyréthrinoïdes et pyréthrinés fortement synergisés par Pbo sont efficaces à 100 % sur les charançons. Pour le capucin (*R. dominica*), seuls les pyréthrinoïdes et les pyréthrinés naturels synergisés Pbo sont efficaces à 100 %. Le mélange « spinosad + CPM » est également efficace à 100 % sur les 2 insectes cibles. Le mélange « méthoprène + CPM » n'améliore pas l'efficacité du CPM sur le capucin (14% de mortalité). Les insectes ayant séjourné 7 j sur le grain traité n'ont pas eu de descendance (après 90 j d'incubation), ni pour les OP, ni pour les pyréthrinés et pyréthrinoïdes. Avec le grain traité au « bi-protec » les capucins n'ont pas pondu et il n'y a pas de descendance en G2

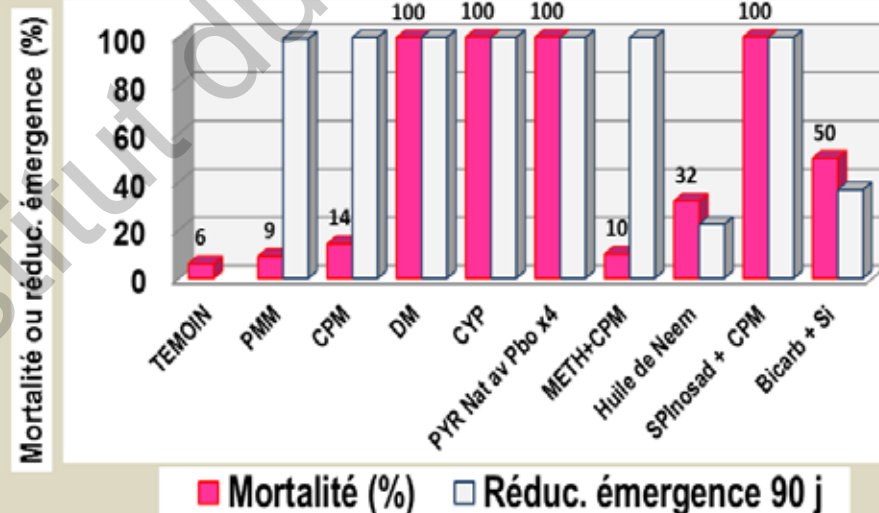
## Résultats (4) : Traitement à but préventif (prélèvement 42 j après traitement)



Mortalité et réduction émergence *S. oryzae*  
42 j après traitement préventif



Mortalité et réduction émergence *R. dominica*  
42 j après traitement



42 j après le traitement, les taux de mortalité des deux insectes sont restés relativement stables par rapport au premier contrôle 7 j après le traitement. Deux différences majeures apparaissent cependant pour le charançon : la baisse de l'efficacité des pyréthrinés naturels (synergisés pbo x 4) et l'efficacité du mélange « IGR + CPM » qui perdure. Cette efficacité du mélange « IGR + CPM » est à peu près nulle chez le capucin (due au CPM pour le charançon). Le mélange « Spinosad + CPM » reste très efficace sur les deux espèces, mais avec une réduction de la descendance de G2 qui se réduit progressivement pour le charançon. Huile de neem et dans une moindre mesure « bi-protec » ne sont pas efficaces (mortalité < 60 %)

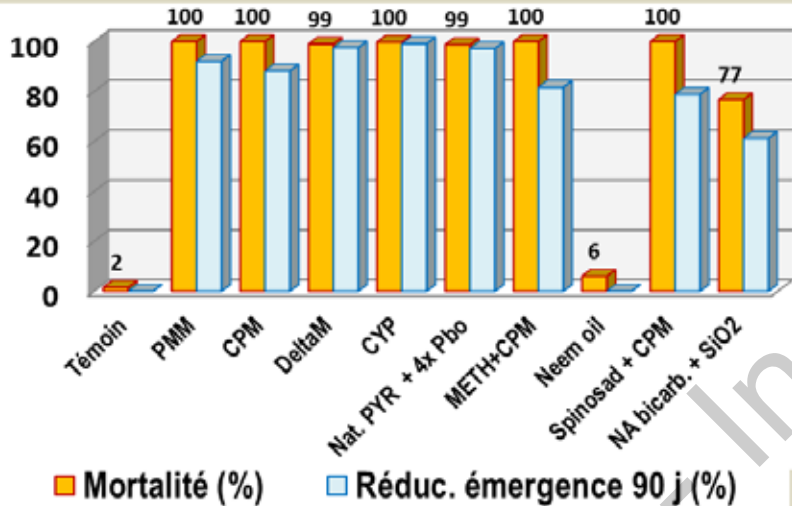


# Résultats (5) : Traitement à but préventif (prélèvement 3 mois après traitement)



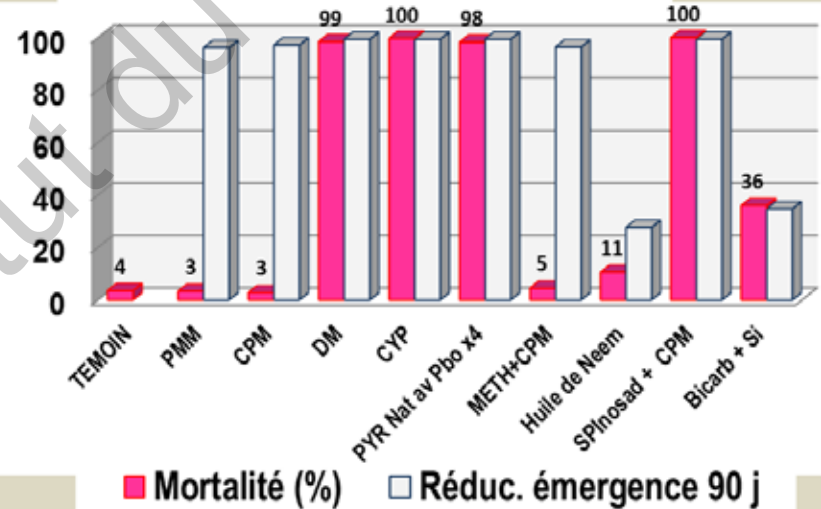
Mortalité et réduction émergence *S. oryzae*  
90 j après traitement préventif

Mortalité ou réduc. émergence (%)



Mortality and emergence reduction of *R. dominica* 90 d after treatment

Mortalité ou réduc. émergence (%)



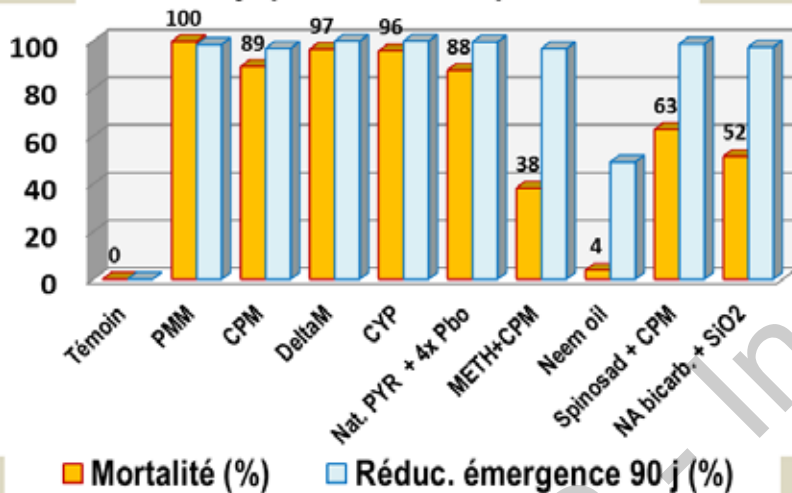
90 j après le traitement, les taux de mortalité des deux insectes sont restés relativement stables pour les produits efficaces. Pour le charançon et avec le mélange IGR + CPM, la réduction de la descendance de 2<sup>ème</sup> génération n'est plus de 100 %. Huile de neem et, dans une moindre mesure, « bi-protec » ne sont actifs ni sur le capucin (mortalité maximum de 36 %), ni sur le charançon (mortalité maximum de 77 %, ce qui reste une efficacité partielle). L'association « Spinosad + CPM » reste très efficace 3 mois après l'application, notamment pour le capucin, avec la réduction totale de la descendance de 2<sup>ème</sup> génération (90 j plus tard). La réduction de descendance de G2 baisse à moins de 80% pour le charançon.

## Résultats (6) : Traitement à but préventif (prélèvement 6 mois après traitement)



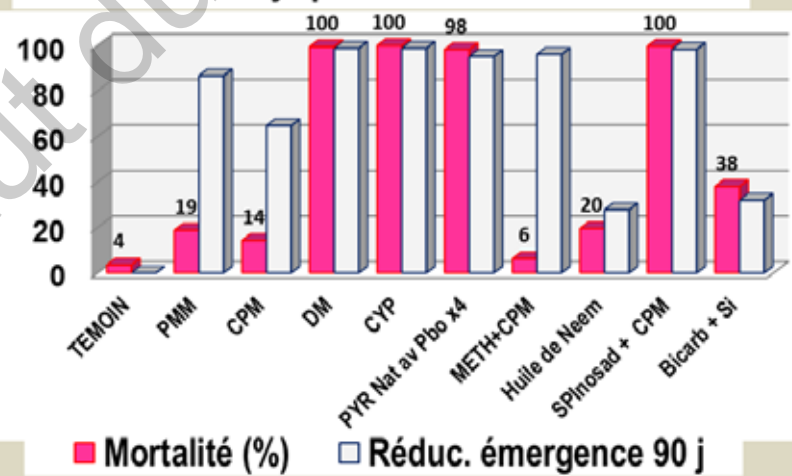
Mortalité et réduction émergence *S. oryzae*  
180 j après traitement préventif

Mortalité ou réduc. émergence (%)



Mortalité et réduction émergence *R. dominica*  
180 j après traitement

Mortalité ou émergence réduc. (%)



6 mois après le traitement, les mélanges « IGR + CPM » et « Spinosad + CPM » « décrochent » en efficacité sur le charançon (seulement 38 et 63 % de mortalité, respectivement). Le mélange « Spinosad + CPM » reste très efficace sur le capucin (efficacité intégralement due au *Spinosad*). Les pyréthrinés naturels synergisés (Pbo x 4, spécialité Aquapy), gardent une efficacité intéressante au bout de 6 mois, ce qui reste surprenant (l'azadirachtine dans l'huile de neem a été appliquée à une dose comparable (3,6 ppm) et n'a pas eu d'effet insecticide dès le début de l'essai). L'analyse des résidus qui sera réalisée pour vérifier au bout de 6 mois la teneur en résidus de s.a. devrait donner des éléments de compréhension sur un tel niveau d'efficacité dans cette modalité.

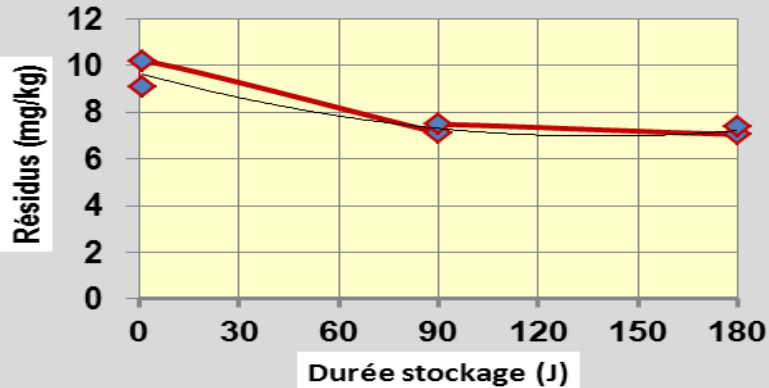
## *Synthèse des résultats comparés des deux modes de traitement du grain : traitement « préventif » avant infestation et « à but curatif » sur le grain déjà infesté*

- **La désinsectisation (essai « curatif »)** du grain par les OP ne fonctionne bien (pendant 2 mois minimum) que sur les charançons (modèle *S. oryzae*). Par contre, les OP sont devenus inefficaces sur le capucin (*R. dominica*), avec des taux de mortalité  $\leq 65$  % seulement 7 j après l'application de ces substances actives OP. Les pyréthrinoïdes à la « pleine » dose homologuée sont efficaces à 100 % sur les deux espèces (pas d'insectes vivants pendant les 2 mois qui suivent l'application). Les pyréthrines naturelles avec pbo (**1/2 dose**) et le '*Spinosad*' **seul** ne sont efficaces que sur les capucins.
- **La protection de longue durée (essai « préventif » sur la persistance d'efficacité jusqu'à 6 mois)** par les OP ou les pyréthrinoïdes des grains contre les attaques de charançons est excellente (mortalité  $\geq 95$  %). Mais, pour le capucin, les OP offrent une protection très insuffisante dès l'application de l'insecticide sur le grain (mortalité  $\leq 58$  %). Toutefois, dans le cas du grain traité aux OP, il a été observé une absence de descendance de 2<sup>ème</sup> génération chez les deux espèces. Il semble donc que le dépôt d'insecticide OP sur le grain est également actif sur les capucins, soit au niveau des œufs ou de la larve de 1<sup>er</sup> stade, qui est externe au grain avant de s'introduire à l'intérieur et de devenir une « forme cachée ».
- **Parmi les s.a. candidates, le *Spinosad*** est celle qui a présenté l'efficacité la plus intéressante, en association avec une dose réduite de chlorpyrifos-méthyl (1,625 ppm au lieu de 2,5 ppm) qui lui confère une meilleure efficacité sur les charançons (déjà connu aux Etats-Unis)

# Calcul du taux de recouvrement des substances actives à l'application sur le grain (prélèvement de grain traité 24 h après traitement)

## – 1 Pyrèthres et pyréthrinoides

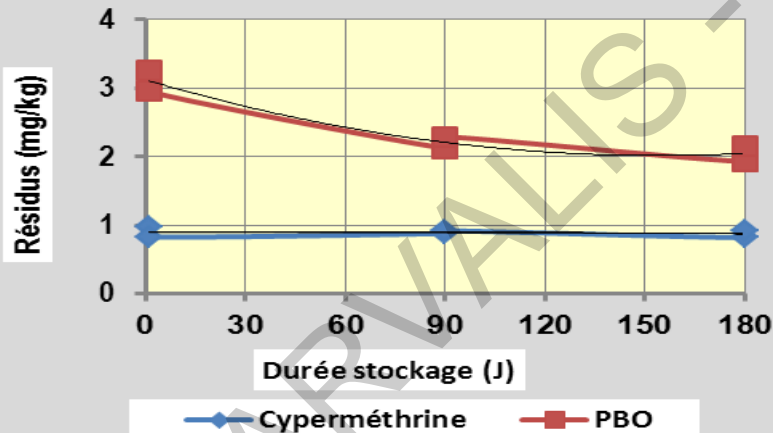
Evolution résidus Pbo Pyr. naturelles



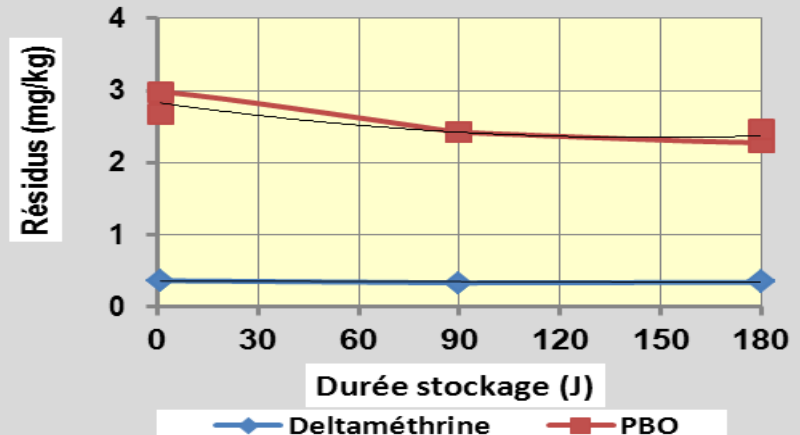
Modélisation de l'évolution des teneurs en substance active et en synergiste des pyrèthres et pyréthrinoides

Substance analysée	modèle de dégradation	R <sup>2</sup>
Pbo dans PyrNat	$Y = 0.0001x^2 - 0.039x + 9.6738$	0.907
Pbo dans Cyper	$Y = 0.00005x^2 - 0.0143x + 3.1193$	0.936
Pbo dans Delta	$Y = -0.00002x^2 - 0.0066x + 2.8316$	0.795
Cyperméthrine (Talisma)	$Y = -0.0002x + 0.9052$	0.054
Deltaméthrine (K-Obiol)	$Y = -0.00008x + 0.3525$	0.234

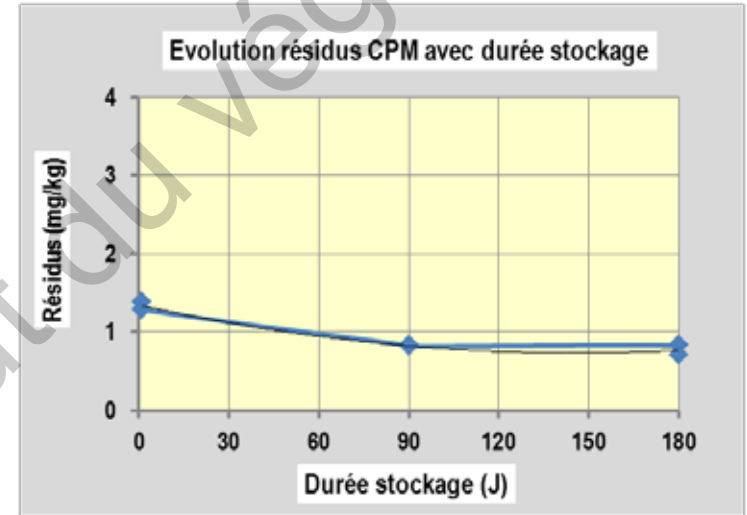
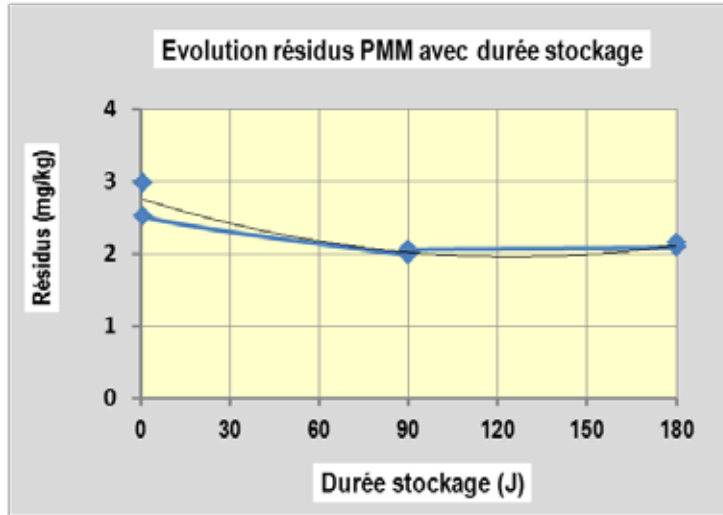
Evolution résidus cyperM. & Pbo



Evolution résidus DeltaM. & Pbo



# Calcul du taux de recouvrement des substances actives à l'application sur le grain (prélèvement de grain traité 24 h après traitement) – 2 Organo-phosphorés



Modélisation de l'évolution des teneurs en substance active des organo-phosphorés

Substance analysée	modèle de dégradation	R <sup>2</sup>
Pyrimiphos-méthyle (pirigrain)	$Y = -0.00005x^2 - 0.0129x + 2.7679$	0.846
Chlorpyriphos-méthyle (Nuvan)	$Y = 0.00003x^2 - 0.0084x + 1.3484$	0.97

Taux de recouvrement des substances actives sur le grain 24 h après le traitement des lots de grain (blé) (Protocole essai biologique AFPP/CEB n° 106)

Substance active	PBO avec Pyrèthrines naturelles	Cyperméthrine	PBO avec Cyperméthrine	Deltaméthrine	PBO avec Deltaméthrine	Pyrimiphos-méthyl	Chlorpyriphos-méthyl
Taux de recouvrement (%)	71.4	54.2	65.4	72.0	62.8	68.9	53.6

## *Remerciements*

**Ces bioessais à l'échelle pilote (de type pré-homologation) ont été réalisés en partenariat avec :**

- **Laboratoire TEC à Anglet** accrédité pour ce type de bioessai (réalisation des infestations, des traitements proprement dits, des prélèvements et des contrôles de mortalité)
- **Unité INRA-MycSA Villenave d'Ornon** (supervision des traitements et élevage des insectes-tests)
- **Laboratoires FranceAgriMer** de La Rochelle (analyses des résidus des s.a. homologuées en France)

**Merci de votre attention**