# Devenir des résidus des traitements insecticides des grains jusqu'à l'aliment

## Un risque à gérer par la seule prévention ?

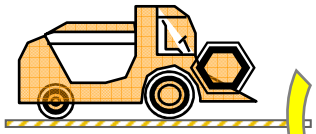
**Francis Fleurat-Lessard**

*INRA UR 1264 MycSA, 71, avenue Edouard Bourleaux, BP n°81 – 33883 Villenave d'Ornon Cedex*

*Mèl: francis.fleurat-lessard@bordeaux.inra.fr*

# La solution « française » de protection des stocks de céréales contre les insectes : le traitement des flux de grain par des insecticides liquides

**A la récolte**



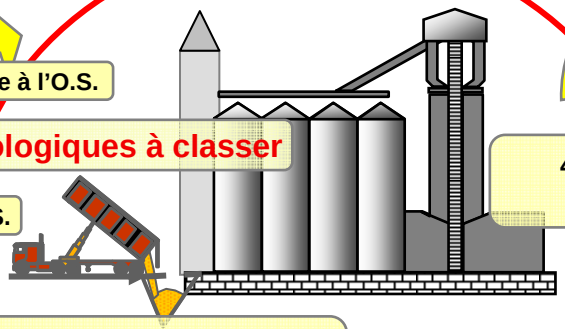
**Qualité initiale**
**fluctuante et hétérogène**

**Livraison directe à l'O.S.**

**Stockage en O.S. agréé**

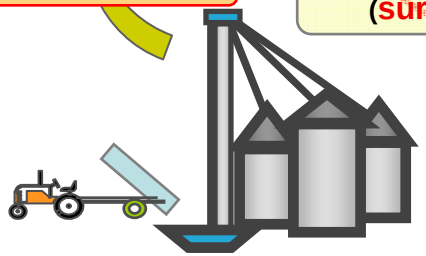
**1. ≠ Qualités technologiques à classer**

**Livraison différée à l'O.S.**



**2. Contrôle de l'état sanitaire des lots livrés et traitement des lots infestés**

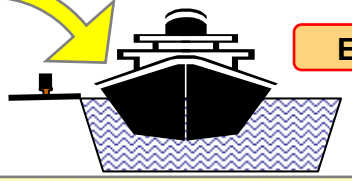
**Stockage à la ferme**



**3. Qualité et sécurité sanitaires à préserver sur le long terme (surveillance continue des bio-agresseurs)**

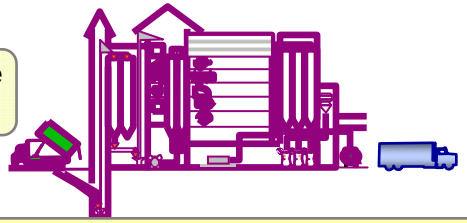
Accords SPS de l'OMC à respecter (quarantaine ; **absence d'insectes et respect des LMR pesticides)**

**Export**



**4. Assurance de qualité sanitaire irréprochable pour le vendeur**

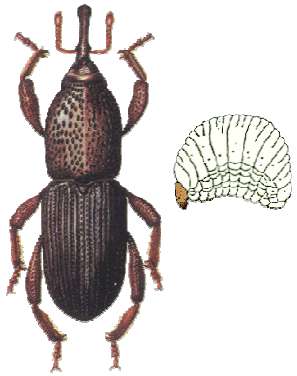
**Livraison aux Industries de transformation**



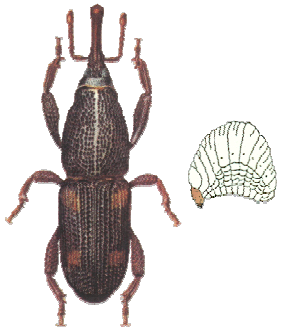
Qualités technologique & nutritionnelle spécifiques, **absence d'insectes et de contaminants indésirables** (résidus pesticides et mycotoxines)

**Les dépôts de pesticides persistants restent fixés dans le grain sous forme de résidus**

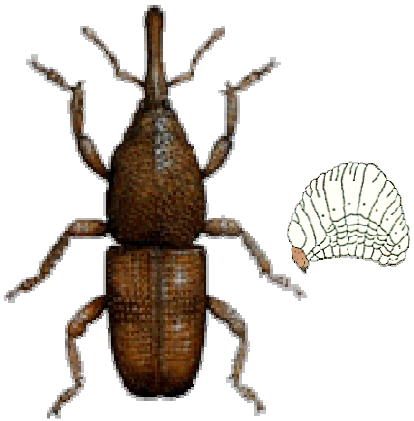
# Quels insectes représentent un réel danger de détérioration de la qualité hygiénique et sanitaire des grains et graines en post-récolte ?



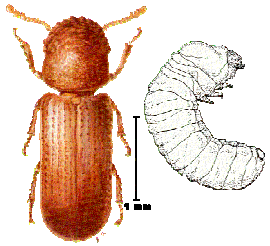
***Sitophilus granarius***
**charançon des grains**



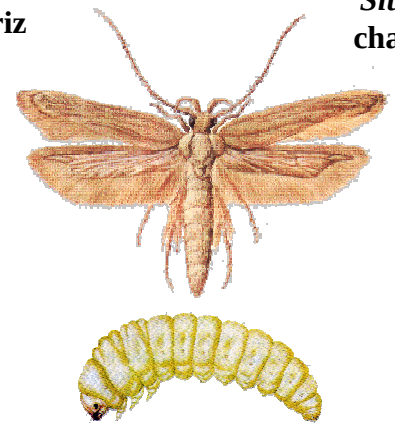
***Sitophilus oryzae***
**charançon du riz**



***Sitophilus zeamais***
**charançon du maïs**



***Rhizopertha dominica***
**capucin des grains**



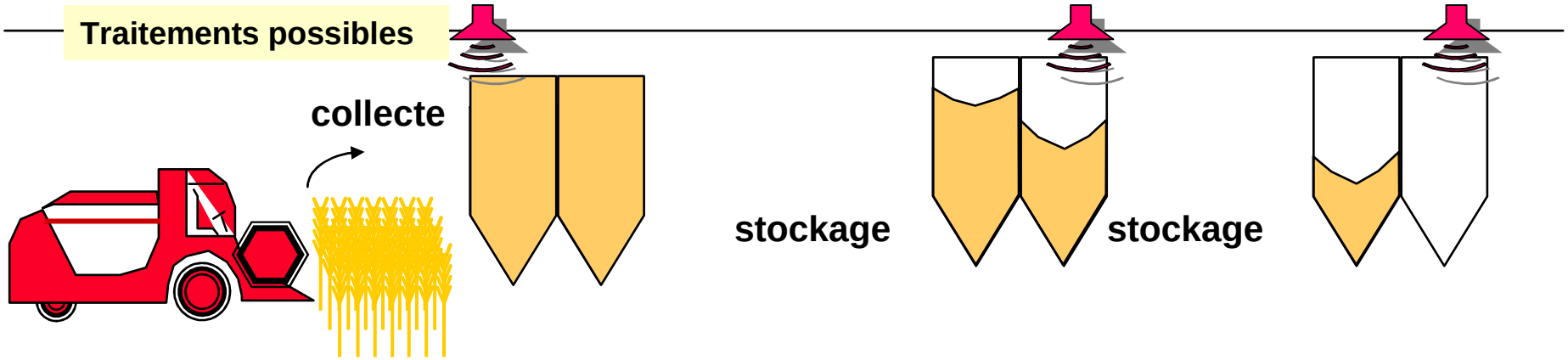
***Sitotroga cereallela***
**alucite des céréales**

**Les charançons, le capucin et l'alucite sont les ravageurs « primaires » se développant à l'intérieur du grain avant d'en ressortir au stade adulte**

# Pourquoi faut-il impérativement lutter contre les insectes granivores ?

## 1 charançon /tonne à la mise en silo (indétectable) donne 1 ch. / kg 10 mois après

**Traitements possibles**




| mois | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | janv. | fév. | mars | avr. | mai | juin | juil. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temp. grain | 30 | 28 | 22 | 20 | 16 | 12 | 11 | 10 | 11 | 12 | 15 | 17 | 21 |
| | 0 | 400 | 550 | 650 | 665 | 665 | 665 | 665 | 665 | 665 | 680 | 770 | 950 |

1ère génération — X 16 → début de la 2ème génération de multiplication par 16 de l'effectif de 1ère génération

arrêt de développement hivernal — X 256 → début de la 3ème génération de multiplication par 256 de l'effectif de 1ère génération

• Modèle d'insecte choisi : charançon du grain, *Sitophilus granarius :* Développement complet à partir de 450 (℃ x j)

**Le même lot de grain transporté d'un silo à l'autre peut subir plusieurs traitements**

# Les Résidus de Pesticides autorisés pour le traitement du grain stocké : Définitions et contrôle des bonnes pratiques d'utilisation

Les **résidus de pesticides**, selon la définition du *Codex Alimentarius*, correspondent à toute substance présente dans un produit alimentaire destinés à l'homme ou aux animaux, à la suite de l'utilisation d'un pesticide. Ce terme englobe les produits de dégradation, de conversion et de métabolisation.

La **Limite Maximale de Résidus** tolérée pour un pesticide dont l'application est autorisée sur un produit agricole destiné à l'alimentation humaine ou animale est la teneur limite admissible

- Qui ne présente pas de danger pour le consommateur (sur l'ensemble de sa vie adulte) (en rapport au **respect de la DJA**)
- Qui correspond au **respect des « bonnes pratiques d'utilisation »** des produits à usage phytosanitaires (en rapport avec la dose maximale d'utilisation homologuée)

**Le respect des BPA d'utilisation de pesticides est lié à l'application des recommandations et démarches d'assurance qualité des Guides de Bonnes Pratiques Hygiéniques**

# Un peu de règlementation sur les 'résidus de pesticides'

## Rappel des textes de base avant 2005

### LMR consommation humaine

Directive 91-414 (**Active Substances** Annexe 1)
Directive 86/362 & arrêté 10/02/1989 : céréales
Directive 76/895 & arrêté 05/08/1992 : fruits et légumes
Directive 90/642 & arrêté 05/08/1992 : végétaux divers

### LMR consommation animale

Directive 2002/32 & arrêté 11/2/2001

### Prélèvement et préparation de l'échantillon

Directive 2002/63

## Le Règlement CE 396/2005 en application au 01/09/2008 (**Pesticides** EU-MRLs)

- Concerne alimentation humaine **et** animale
- Définit la démarche de fixation, modification ou suppression de LMR (reliée BPA)
- Interdiction de mélanger les lots pour diluer volontairement
- Obligation de réaliser des plans nationaux de surveillance(DGAL) (appelés '*control survey*' = enquêtes ) avec communication des résultats à la CCE qui élabore un rapport de bilan annuel
- Prévoit que les états doivent prendre des sanctions (DGCCRF ?)
- Règlement complété par 7 annexes (citées plus loin)
- Abroge les directives 86/362, 76/895, 86/363 et 90/642 après publication de ces 7 annexes

# Les annexes nouvelles de la directive CE 91-414 et du nouveau règlement CE 396/2005

**Annexe I** : liste de produits auxquels les LMR s'appliquent (denrées ou cultures)

Règlement 178/2006

**Annexe II** : liste de LMR harmonisées (définitives)

**Annexe III** : liste de LMR non harmonisées (temporaires ou provisoires)

Règlements 149/2008 & 839/2008

**Annexe IV** : liste de substances sans LMR requise (ex. huiles essentielles)

**Annexe V** : liste des LMR pour les résidus :
- non inscrits en annexe II , III ou IV et
- qui diffèrent de 0,01 mg/kg par défaut

Règlements à venir

**Annexe VI** : facteurs de transfert (dilution, concentration, transformation)

**Annexe VII** : liste des exceptions générales (sous dérogation)

Règlement 260/2006

*Source Internet : http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm*

# Matières actives autorisés pour le traitement direct des grains et LMR

| Substance active | LMR grain | LMR farine | LMR son |
|---|---|---|---|
| | mg/kg | idem | idem |
| Dichlorvos (ex. *Nuvan total*) | **0.01** (LQ) | - | - |
| Malathion (ex. *Malagrain*) | **0.01** (LQ) | - | - |
| Pyrimiphos-méthyl (ex. *Pirigrain plus*) | **5** | **1.0** | **10** |
| Chlorpyriphos-méthyl (ex. *Nuvan durée*) | **3** | **0.5** | **5** |
| Deltaméthrine* (ex. *KO-Biol*) | **2** (+ **PBO**) | **0.2** | **3** |
| Cyperméthrine (*Talisma*) | **2** (+ **PBO**) | **0.2** | **3** |
| Bifenthrine + malathion (*Prostore*) | **0.5** + **0.01 !** | **0.2 + rien?** | |
| Pyréthrines naturelles* | **3** (+ **PBO**) | **0.2** | **?** |
| Piperonyl Butoxyde (PBO synergiste) | **20** | **?** | **30** |
| Phosphure d'aluminium ou magnésium | **0.1** | **0.01** | **0.01** |

* : *Synergisée à 1 pour 3 à 5 de butoxyde de pipéronyl (PBO)*

**Le dichlorvos, le malathion et les mixtes (ex. : bifenthrine – malathion) n'ont plus d'autorisation d'emploi depuis 2008 – La fumigation à la phosphine reste marginale**

# Surveiller le risque d'usage excessif des pesticides en post-récolte : Deux approches complémentaires

1. **L'approche réglementaire *a posteriori* : l'organisation de plans de surveillance nationaux (DGCCRF, DGAL, Observatoire AFSSA des résidus de pesticides) qui sont des enquêtes ou des « sondages » dont les résultats sont centralisés au niveau européen pour être publiés**

→ **Quelques centaines d'échantillons prélevés le plus souvent par les responsables qualité dans les OS, dans le lot de leur choix, et transmis aux laboratoires spécialisés pour l'analyse multi-résidus. Respect des procédures réglementaires, mais pas de représentativité et pas d'indication sur l'origine des déviations quand elles sont constatées.**

2. **L'approche expérimentale *a priori* : l'élaboration par la recherche expérimentale de modèles de prédiction de l'évolution des teneurs en résidus au cours du stockage**

→ **A partir de situations contrôlées de conservation de grain traité à dose connue, on élabore des prédictions de teneur résiduelle au cours du stockage à partir de la mesure de la température et de l'humidité du grain. Ces modèles sont couplés à des essais biologiques sur l'efficacité insecticide des résidus et permettent de simuler ce qui se passe lorsque le même grain est traité plusieurs fois**

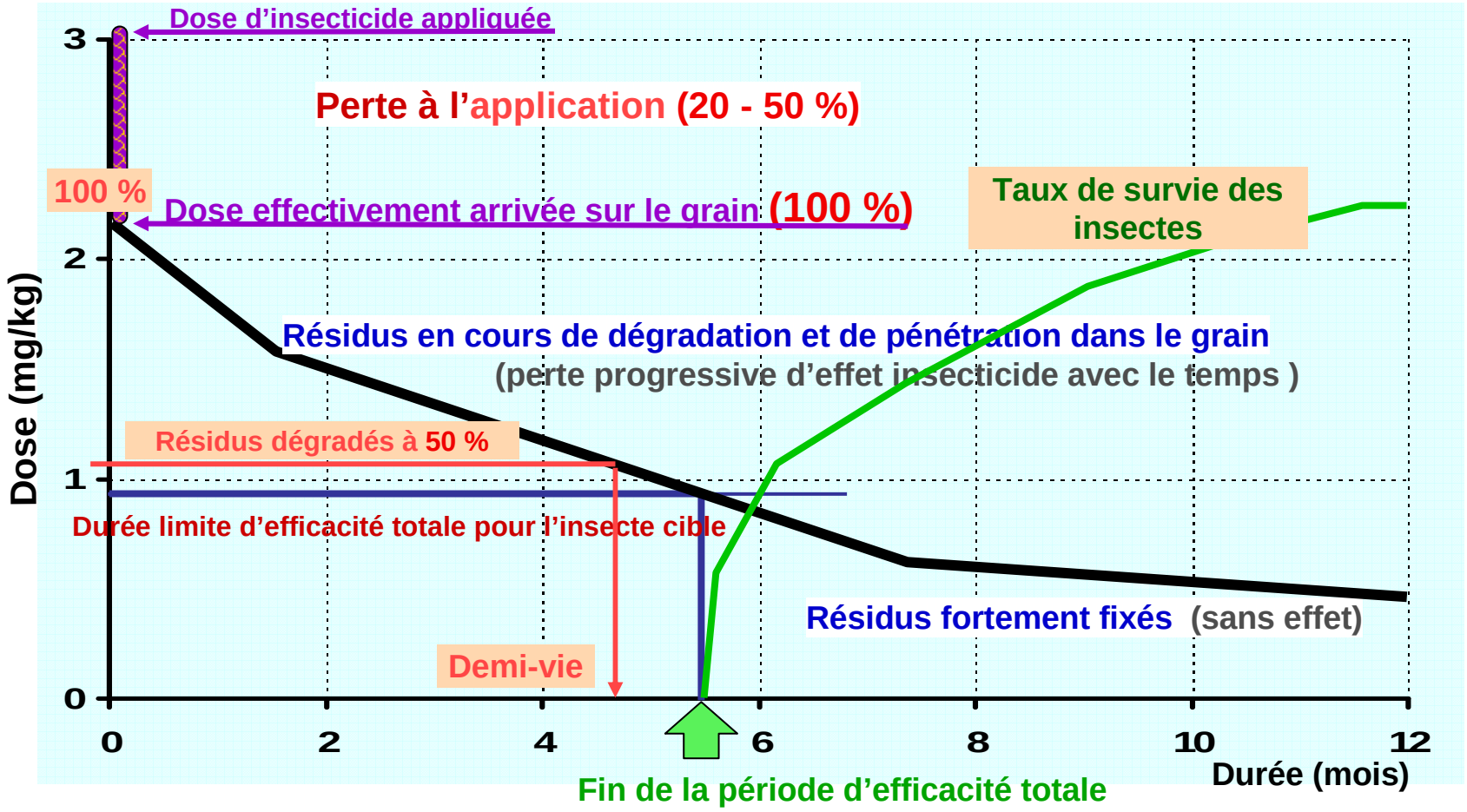
# Satisfaire les exigences réglementaire de traçabilité des résidus : Résultats des études par l'approche modélisatrice *a priori*

1. Modélisation de la vitesse de dégradation des résidus par expérimentation en conditions contrôlées de température et d'humidité du gain (modèle blé panifiable)

2. Analyse expérimentale de la répartition des résidus dans les produits de 1ère transformation (produits de mouture)

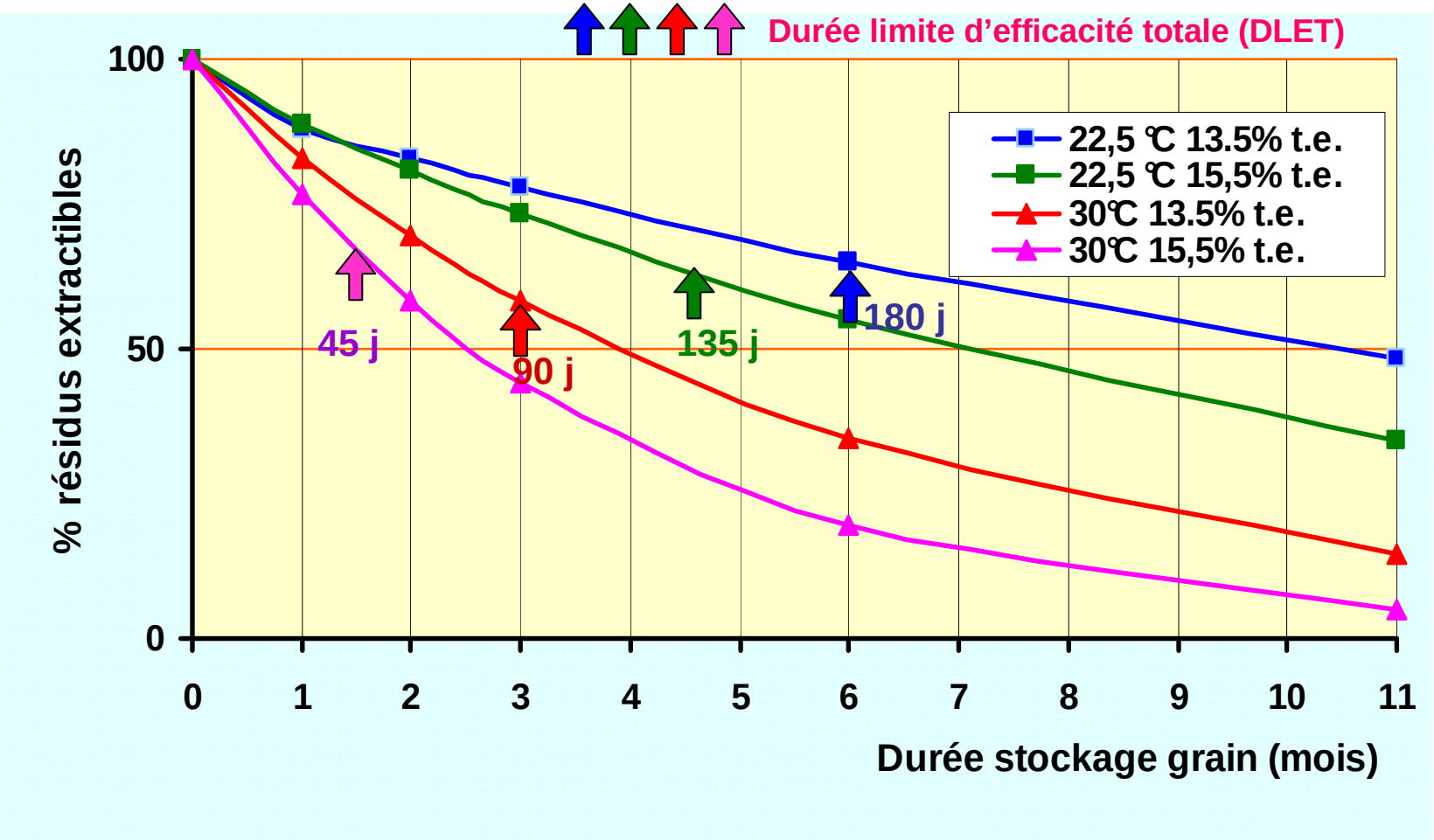
3. Impact des procédés de 2ème transformation sur les résidus présents dans les produits céréaliers mis en œuvre (fabrication du pain)

# Quel est le « comportement » des résidus après le traitement du grain : Allure de la courbe de décroissance de la teneur en résidus



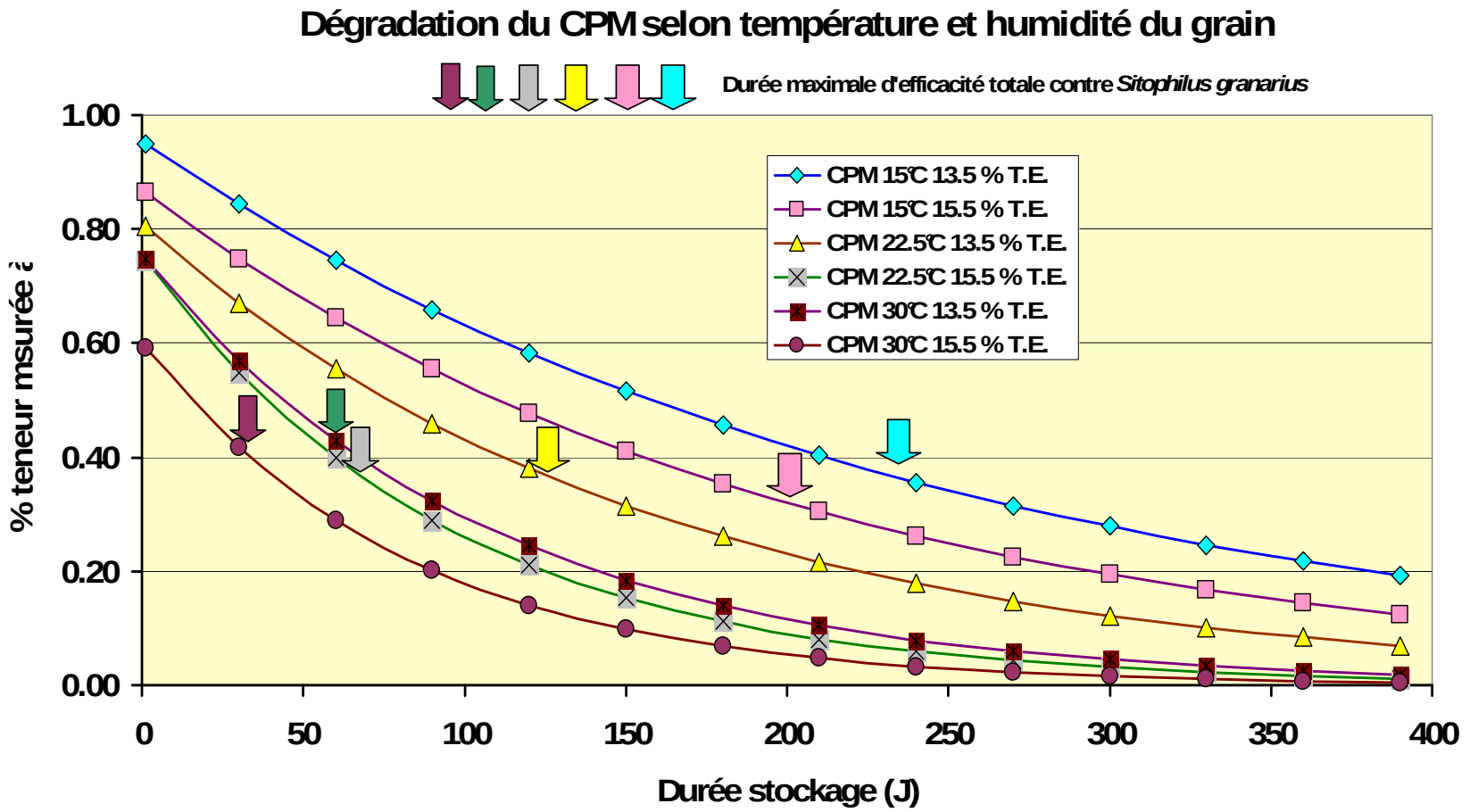

La modélisation de la courbe de décroissance des teneurs en résidus est possible en fonction de la température et de la teneur en eau du grain traité

# Modèles de décroissance des concentrations de pirimiphos-méthyl dans le blé
## Modulation par la températures et la teneur en eau du grain




**Plus le grain traité est humide et chaud plus courte est la durée d'efficacité de l'OP**

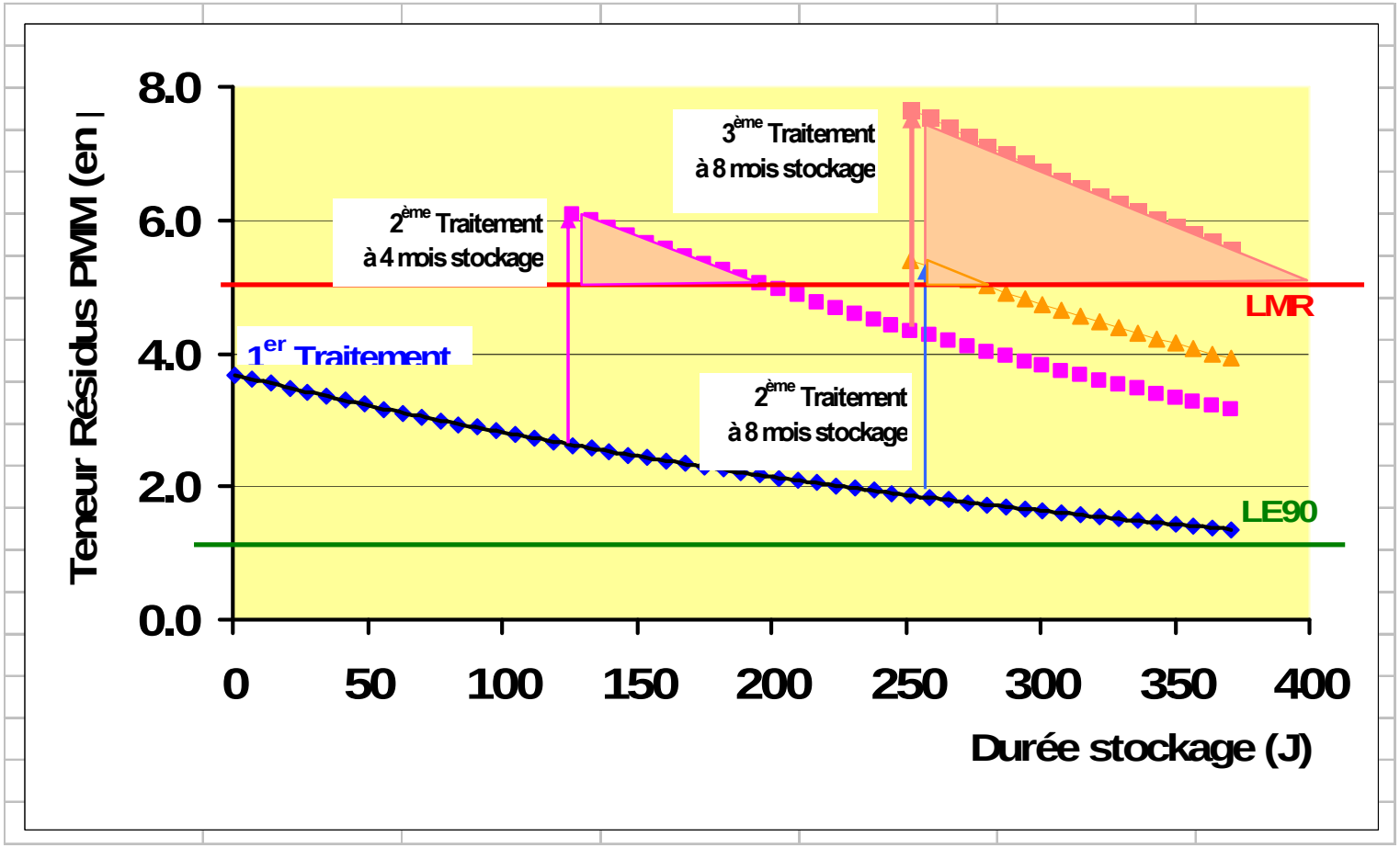
# Décroissance des concentrations de chlorpyriphos-méthyle dans le blé à différentes températures et teneurs en eau




- Entre 15 et 30°C de température du grain traité, la protection insecticide avec du CPM varie de 1 à 8 (mois)

# Utilisation des modèles prédictifs de la dégradation des résidus pour simuler des applications multiples sur le même lot de grain stocké

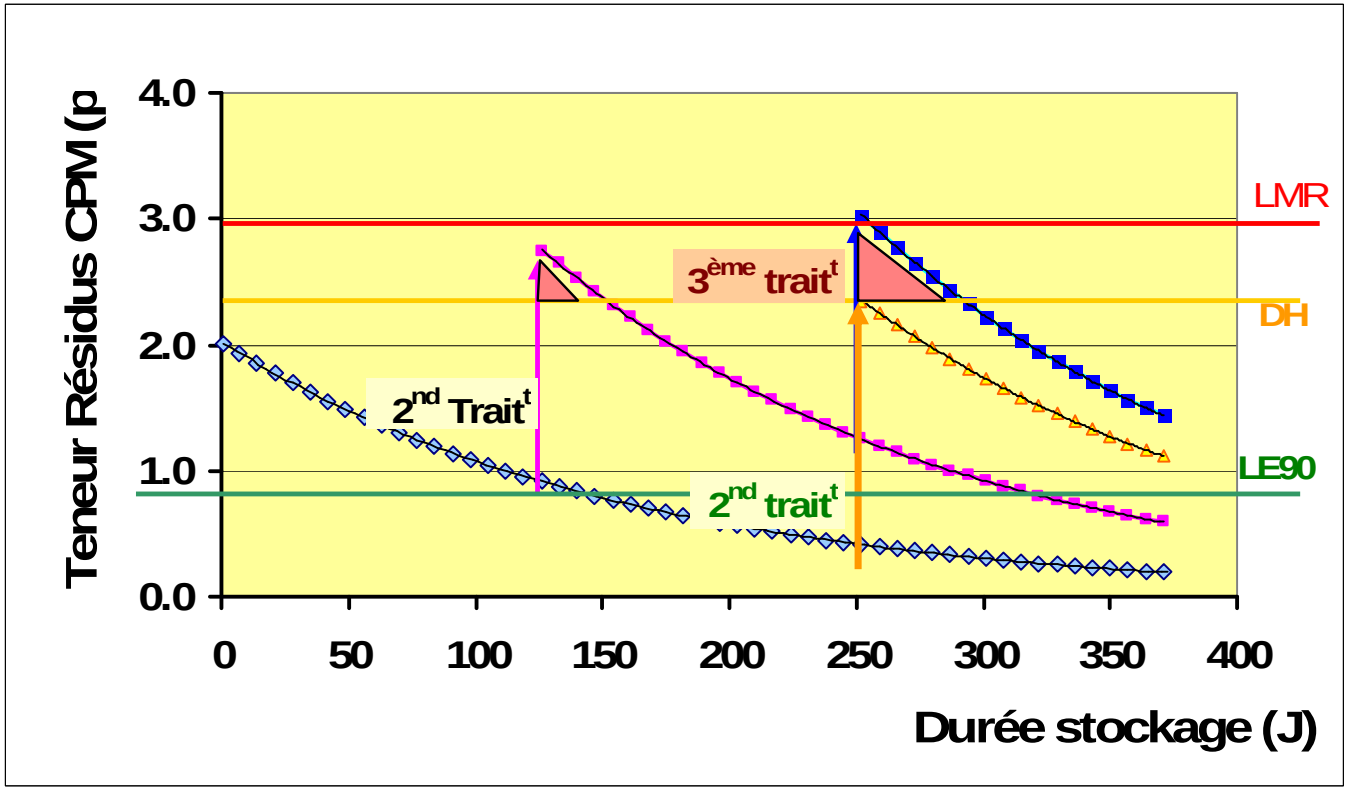
## 1er exemple : Traitement au Pyrimiphos-méthyl (PMM) (blé à 22,5°C et 13 %)




- La répétition d'un traitement au PMM après 8 mois donne une bonne protection sans dépasser la LMR
- La répétition d'un traitement au PMM après 4 mois ne se justifie pas et fait dépasser largement la LMR

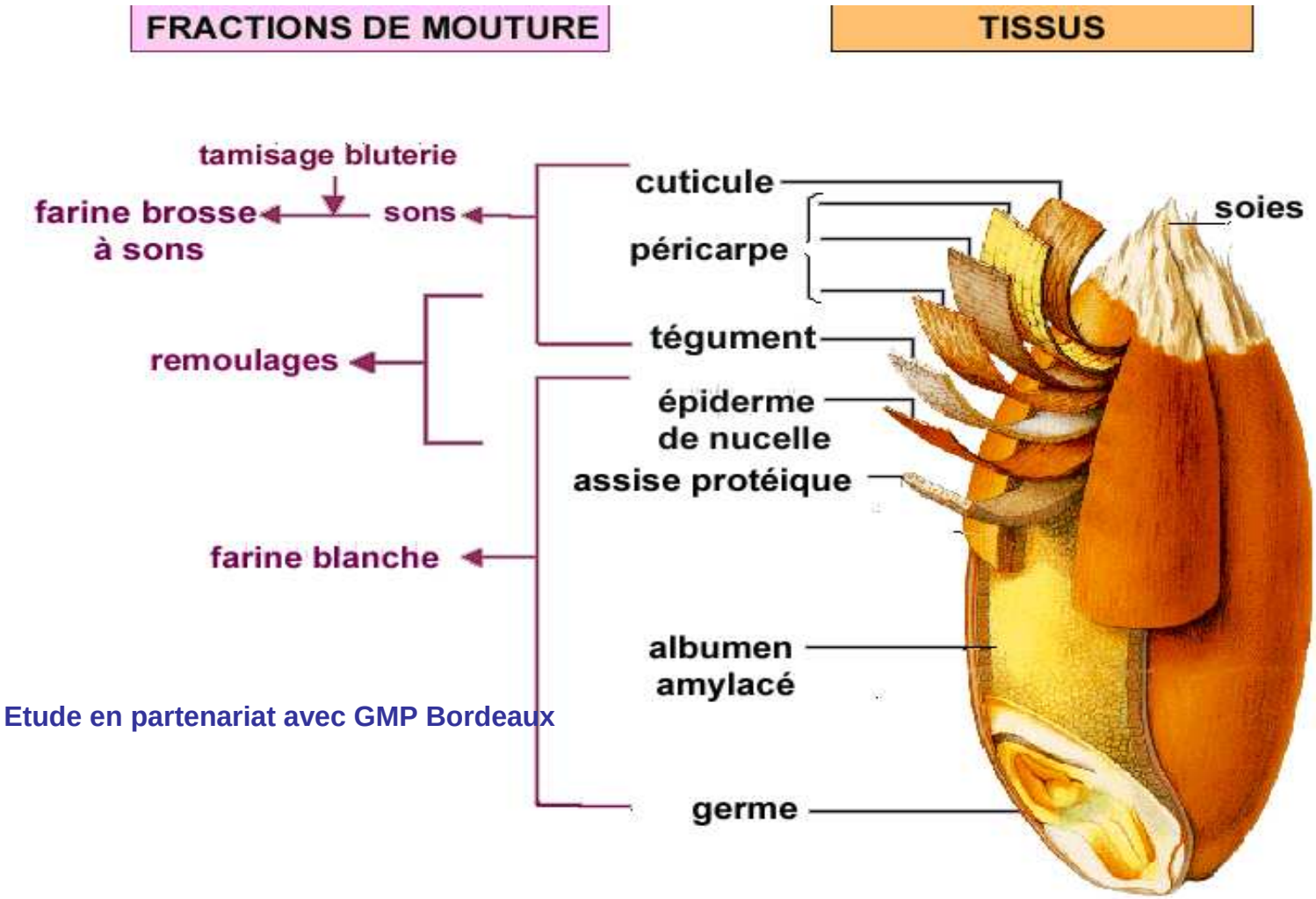
# Utilisation des modèles prédictifs de la dégradation des résidus pour simuler des applications multiples sur le même lot de grain stocké

## 2nd exemple : Traitement au chlorpyriphos-méthyl (CPM) (blé à 22,5°C et 13 %)



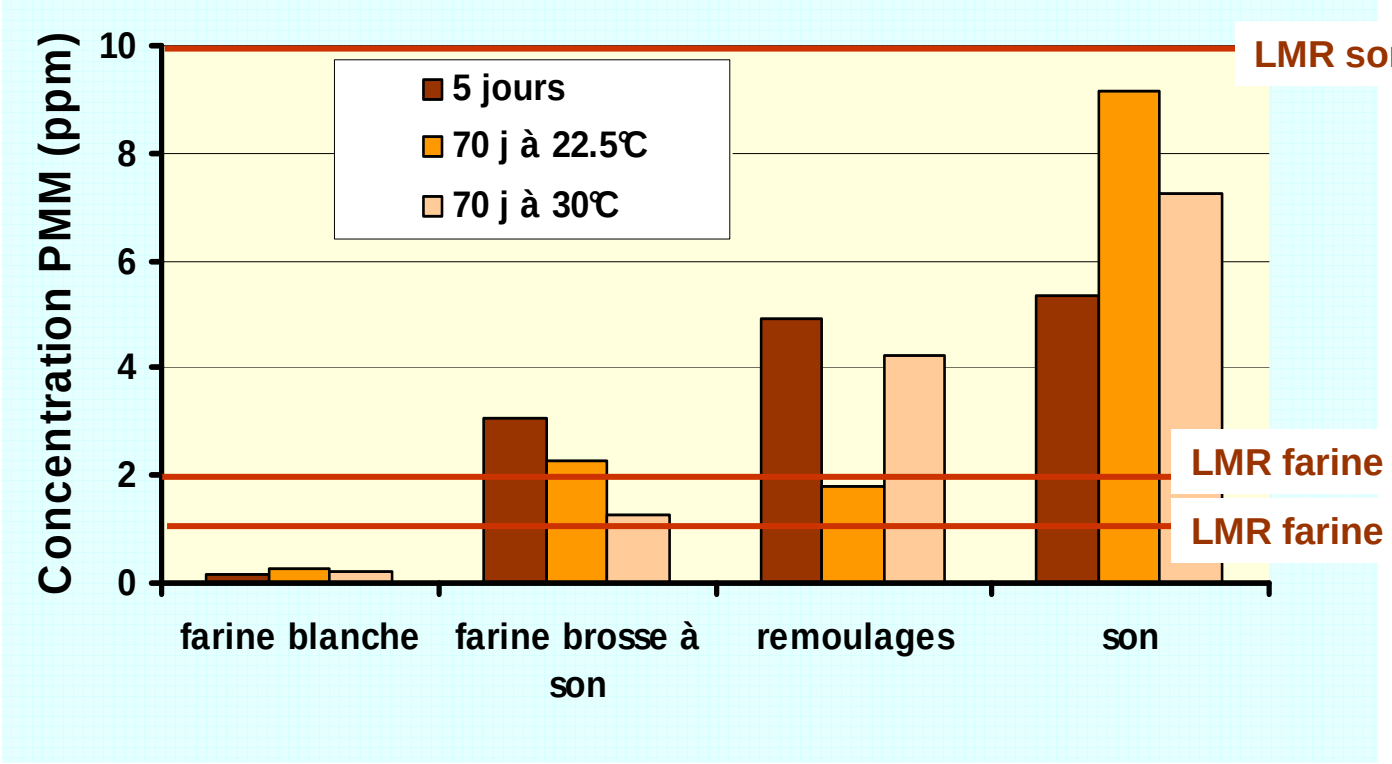

- La répétition d'un traitement au CPM après 4 et 8 mois donne une bonne protection sans dépasser la LMR
- La répétition d'un traitement au CPM après 4 mois se justifie car il y a un risque de perte d'efficacité
- Une attente de 8 mois avant le 2nd traitement est insuffisante pour contrôler les insectes entre 5 et 8 mois

# Devenir des tissus du grain à la mouture : Répartition entre farine banche, remoulages et sons



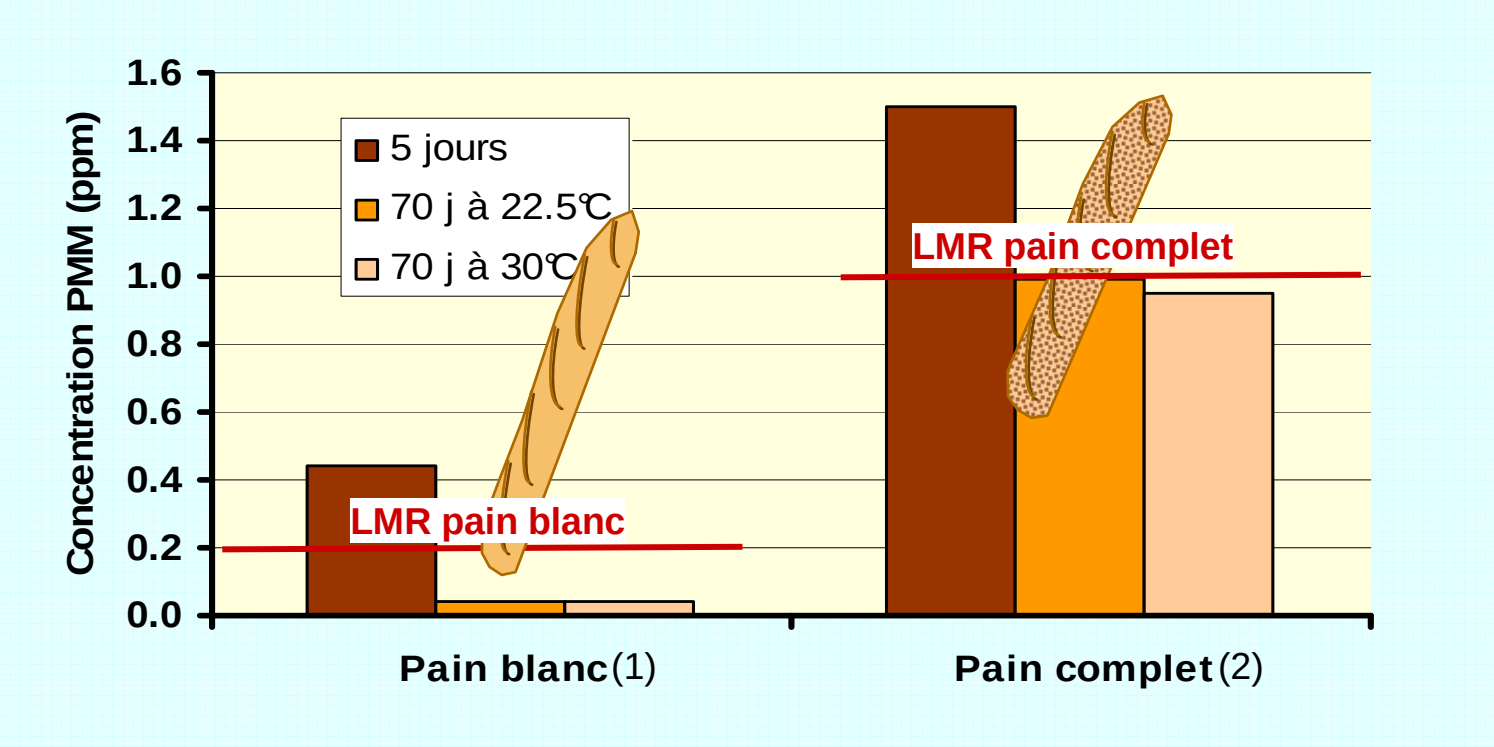

Etude en partenariat avec GMP Bordeaux

# Concentration en résidus de PMM dans les produits d'une mouture de blé tendre, effectuée 5 jours ou 70 jours après le traitement insecticide
## (grain traité stocké à 2 températures différentes)




Les résidus sont très labiles lorsque la mouture est effectuée 5j après le traitement du grain :
- La farine de brosse à sons et les remoulages sont chargés de résidus pris sur le son – Après 70 j de stockage, les résidus sont mieux fixés au niveau du son et relarguent moins vers les autres fractions

# Teneurs en résidus de PMM du pain fabriqué à partir des 2 farines différentes obtenues 5 jours et 70 jours après le traitement insecticide




(1) farine blanche = farine fine + farine de brosse à son + remoulages
(2) farine complète = farine blanche + 20 % son

Les résidus dans le pain blanc et le pain complet dépassent la LMR lorsque la mouture est effectuée seulement 5j après le traitement du grain - Après 70 j de conservation du grain traité, les teneurs restent au niveau de la LMR pour le pain complet

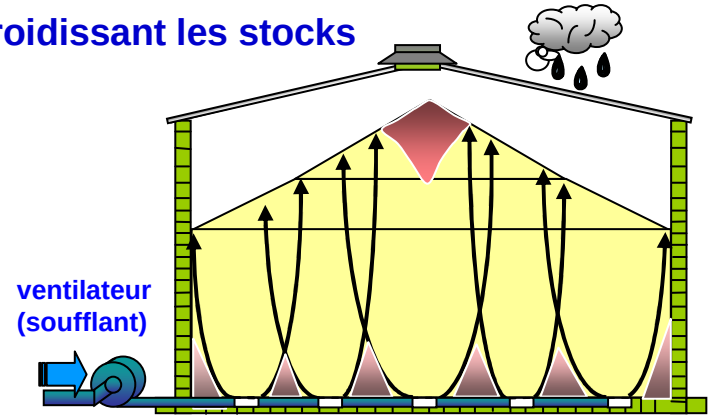
# Objectif prioritaire de la gestion du risque résidus : limiter l'utilisation des traitements de post-récolte, avec des insecticides persistants

## Les principales actions permettant de limiter l'usage des pesticides :

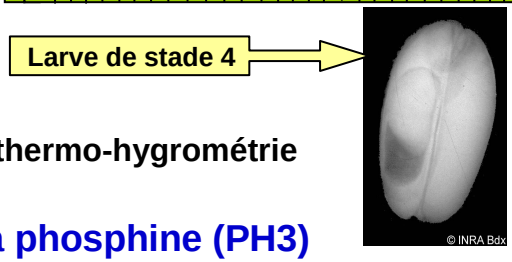
1) **Nettoyer et désinsectiser les cellules et locaux vides avant d'y loger une nouvelle récolte** (en démontant tous les matériels constituant des zones refuges à colonies)

2) **Limiter la multiplication des insectes en refroidissant les stocks**

La ventilation de refroidissement par insufflation d'air frais inhibe la multiplication des insectes.
Elle doit être associée à la silothermométrie pour vérifier l'homogénéité de la température dans l'ensemble de la masse




3) **Détecter la présence d'insectes le plus tôt possible**



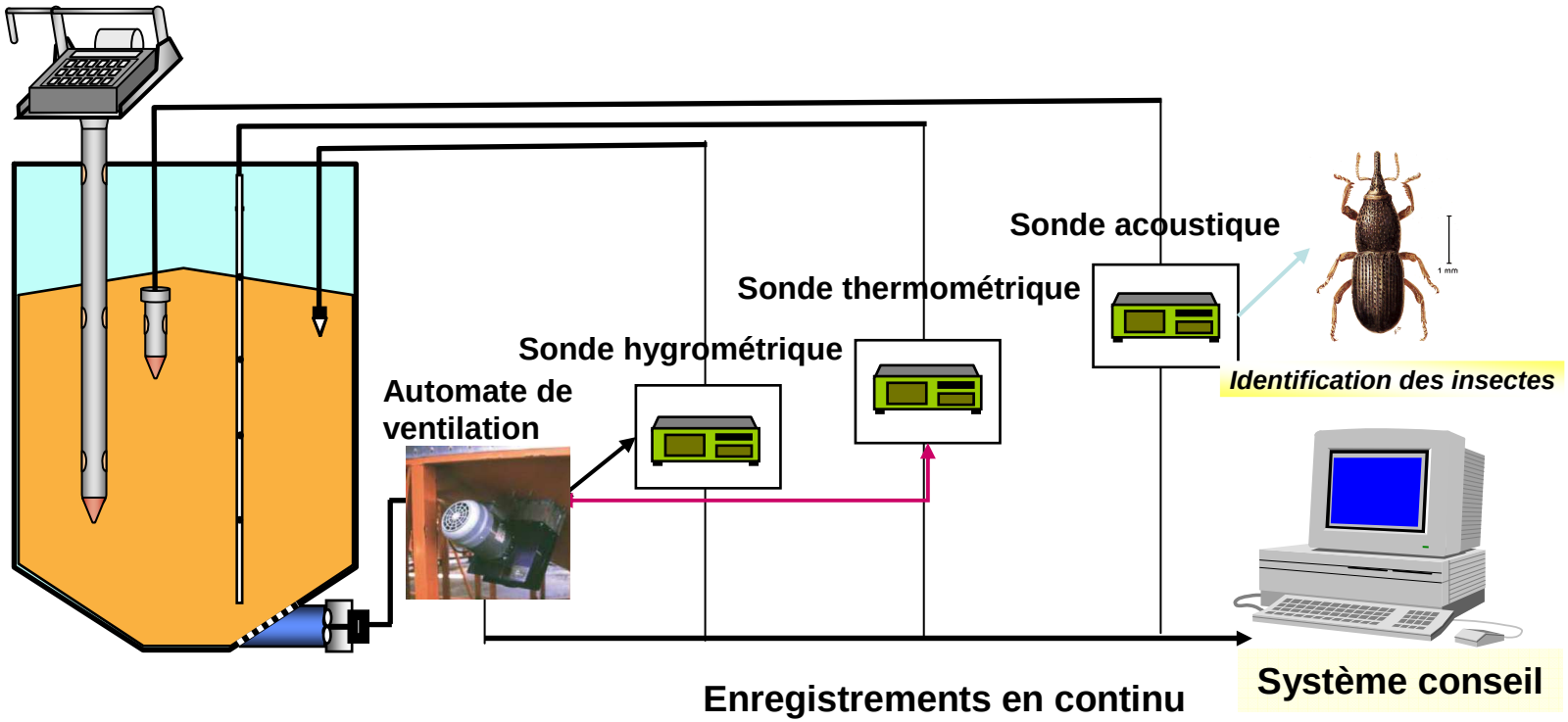

par actographie acoustique et sondes pièges associées à la thermo-hygrométrie

4) Dernier recours en cas d'infestation visible : **le gazage à la phosphine (PH3)**

5) Intégration des **bonnes pratiques de stockage** sans risque de détérioration de la qualité sanitaire dans **un système d'aide à la décision**

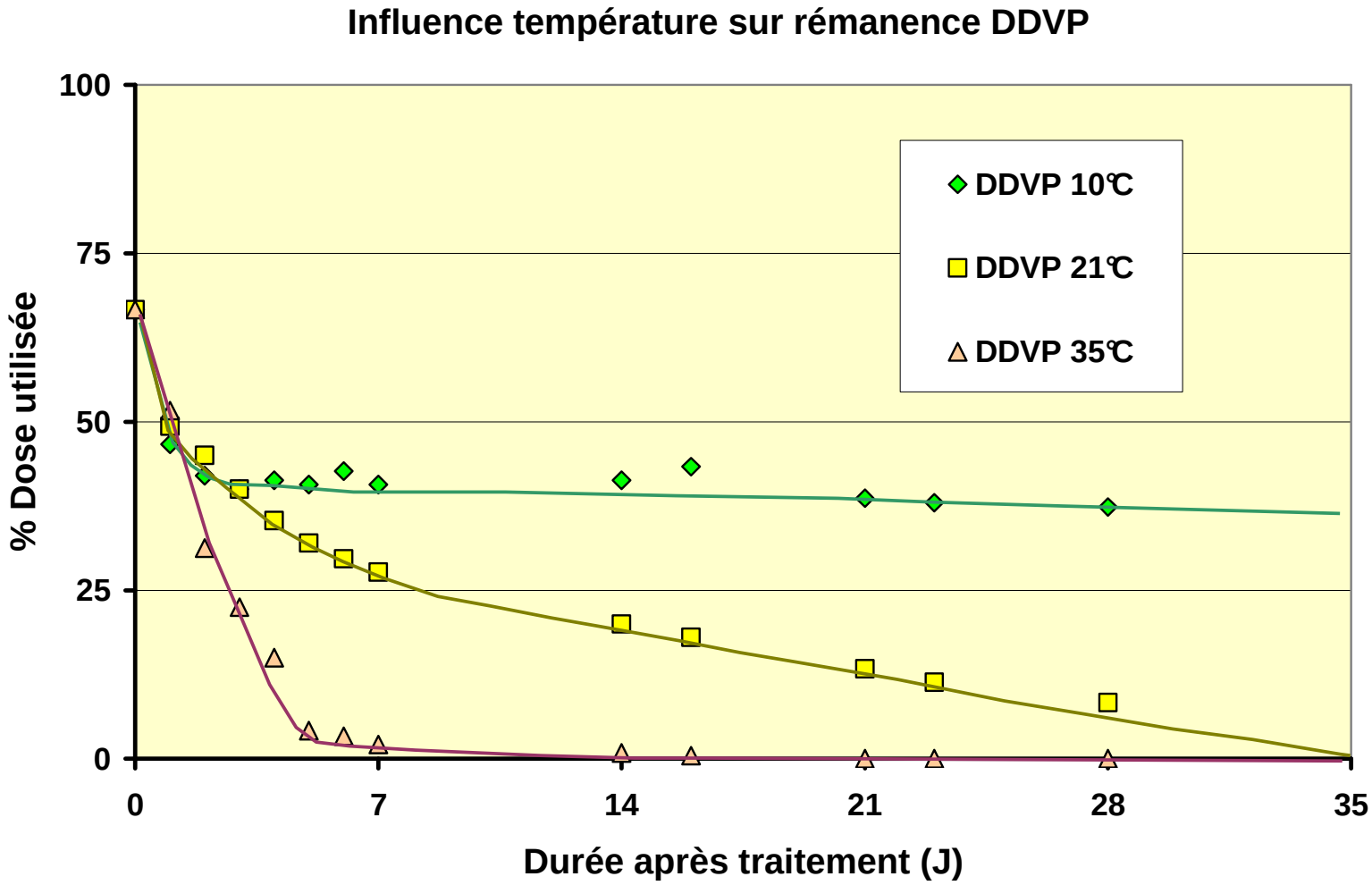
# Exemple de système intégré de gestion des risques insectes au stockage

## Prévision de la durée de stockage sans risque d'infestation par un système d'aide à la décision alimenté par les données en temps réel de capteurs et sondes



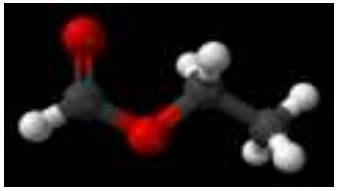

**Necessite une surveillance continue des signes d'altération de la qualité …**

**Objectif recherche : De nouvelles substances bioactives sans risque de persistance des résidus pourraient-elles remplacer le dichlorvos ?**

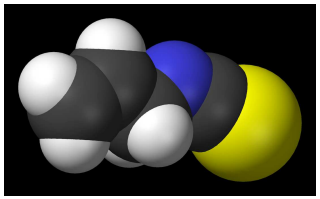



**Le dichlorvos a une rémanence des résidus qui n'est pas courte à température basse**

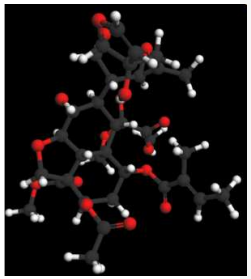
# Nouvelles molécules candidates au remplacement des insecticides persistants et du dichlorvos

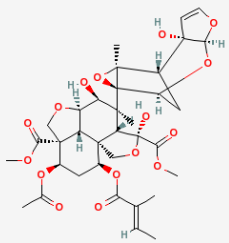


**Le formiate d'éthyle (EtF): formule brute : C3H6O2 - formule développée : H3C-COO-CH3. A l'état naturel dans une gamme étendue de végétaux ( riz, fruits, vin, miel, bière, huiles essentielles de végétaux).**



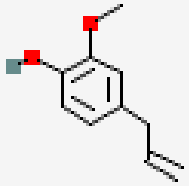
**L'isothiocyanate d'allyle (AITC) : formule brute : C4H5NS – formule développée : H2C=CH-CH2-N=C=S, présent dans les crucifères ('huile de moutarde')**





**L'azadirachtine : formule brute : C35 H44 O16 – présente dans l'extrait de neem (*Melia azedarach*)**

**L'essence de girofle (eugénol 82 %) ; formule brute : C10 H12 O2 ; formule développée : CH2-CH2-CH2-C6H3(O-CH3)OH [2-methoxy-4(prop-2enyl) phénol]**



**Chut ! Projets en cours**

# Merci de votre attention

# Des questions ?