

2^{èmes} Rencontres du RMT Quasaprove

« Recherche appliquée, Formation & Transfert »

Évaluation et gestion des risques de contamination des grains après récolte par les insectes nuisibles et les résidus de pesticides

SOMMAIRE

Introduction

P.1

Émilie Donnat (ACTA, le réseau des instituts des filières animales et végétales) & Francis Fleurat-Lessard (NRA)

Gestion des risques de contamination des grains stockés par les résidus de pesticides autorisés et méthodes alternatives

- 1^{ers} résultats de l'enquête nationale sur les insectes des stocks de blé en relation avec l'usage de pesticides et les pratiques de stockage - Projet CasDAR « EcoprotectGrain » **P.5**
Marie-Pierre Leblanc, Francis Fleurat-lessard & Bruno Barrier-Guillot (*FranceAgriMer, INRA, ARVALIS-Institut du végétal*)
- Amélioration des performances de la ventilation de refroidissement des stocks de grains par la mise au point d'un outil d'autodiagnostic intégrant situation géographique et caractéristiques du matériel **P.20**
Julien Binet, André Lebras, Etienne Losser & Bruno Barrier-Guillot (*ARVALIS-Institut du végétal*)
- Fixation de LMR et évaluation *a priori* du risque pour le consommateur (focus sur les produits de traitement des céréales post-récolte) **P.33**
Gaëlle Vial (*Anses/DPR*)
- Caractérisation *a posteriori* du risque lié aux résidus de pesticides dans les aliments (substances utilisées en post-récolte des grandes cultures) **P.48**
Alexandre Nougadère (*Anses/DER*)

Facteurs de transfert de contaminants organiques vers les produits transformés par voie technologique ou vers les produits des animaux d'élevage

- Détermination des facteurs de transfert des résidus de pesticides des céréales traitées aux produits transformés par une approche expérimentale **P.62**
Francis Fleurat-lessard (*INRA*)
- Devenir des résidus de pesticides autorisés pour le traitement insecticide de l'orge de brasserie au cours du procédé de malterie **P.78**
Patrick Boivin (*IFBM*)
- Transfert de Polluants Organiques Persistants vers l'œuf : Résultats d'études expérimentales et modélisation du transfert à l'échelle de l'animal **P.89**
Catherine Jondreville (*INRA*)
- Nouvelles connaissances sur les facteurs de transfert de contaminants organiques de l'aliment vers le lait : approche « de terrain » **P.108**
Sophie Bertrand (*Institut de l'Élevage/CNIEL*)

Pour en savoir plus ...

P.109

Fiche de présentation du RMT Quasaprove

P.110

Introduction

Les contaminants des productions végétales de grande culture : enjeux économiques, techniques, de formation et de transfert

Rencontres Recherche Appliquée, Formation & Transfert 2011 :
'Focus' sur les risques en post-récolte

Emilie DONNAT, ACTA

Francis FLEURAT-LESSARD, INRA Bordeaux - UR MycSA

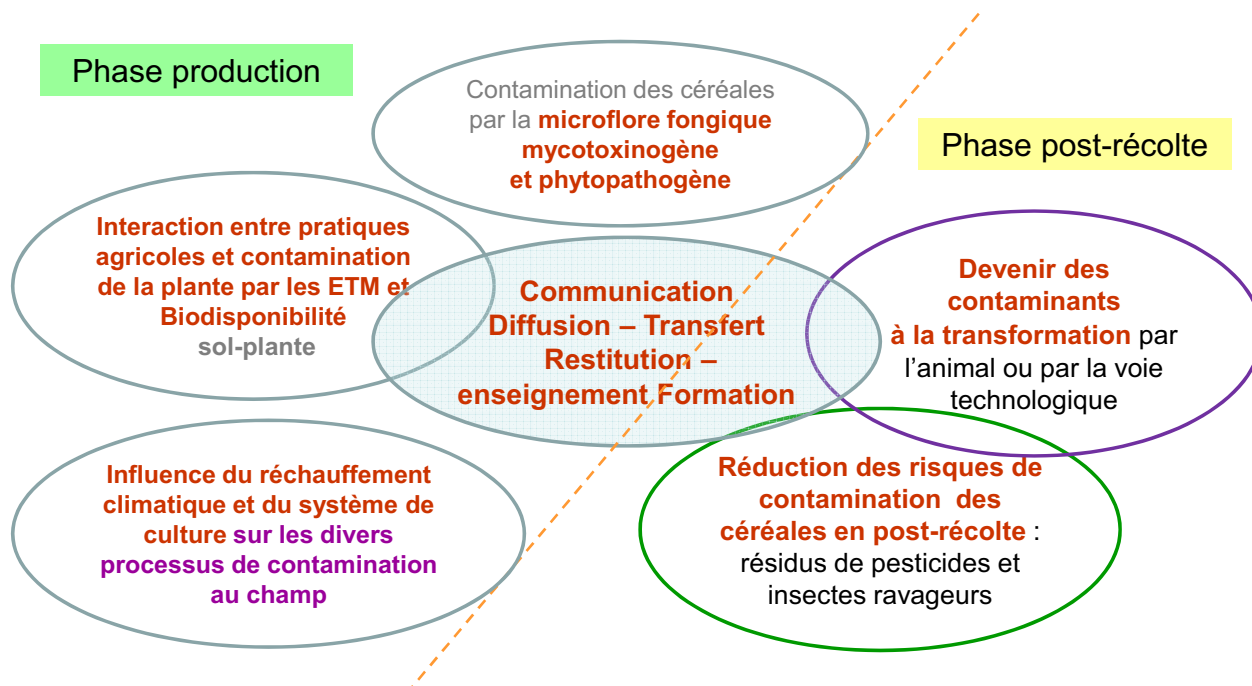


Introduction : Le Réseau Mixte Technologique « QUALité SANitaire des PROductions VEgétales de grande culture » (créé en 2008)

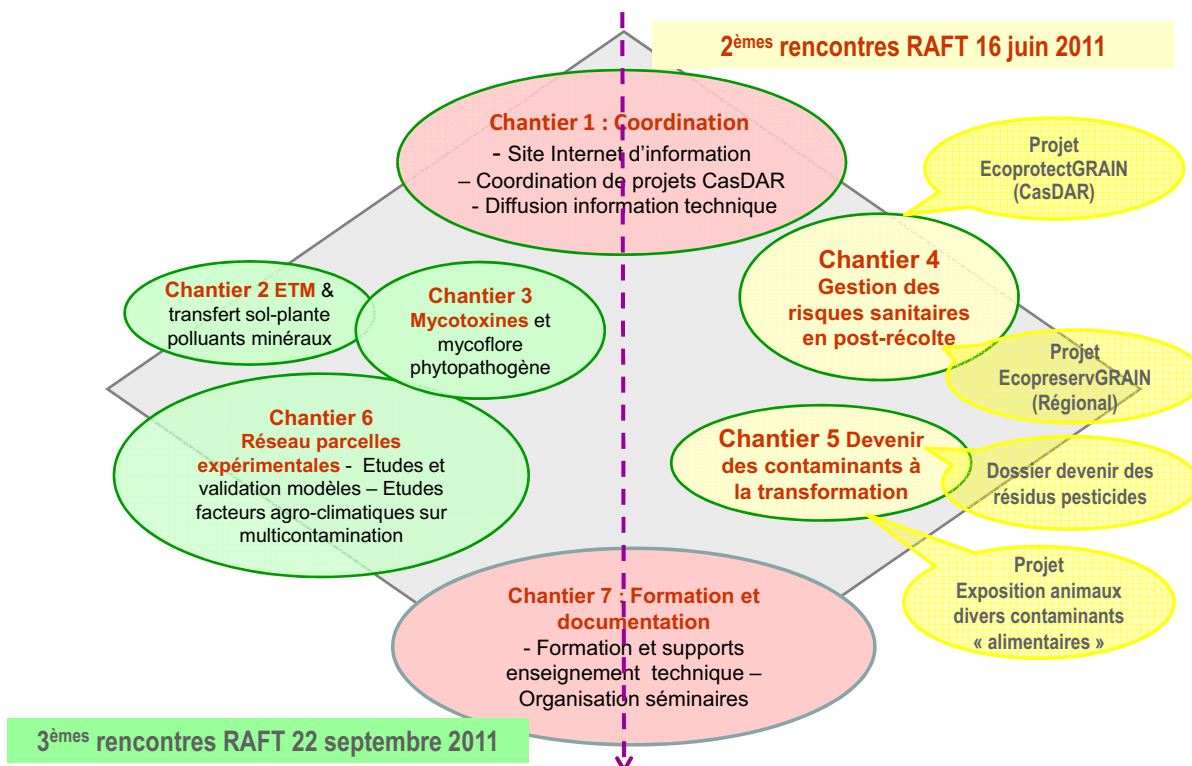
La **vocation du RMT « Quasaprove »** :

- ☐ **Organiser et mettre en réseau interactif** l'ensemble des *ressources humaines et matérielles* sur la thématique de la qualité sanitaire des végétaux de grande culture sur le plan national ;
- ☐ **Développer les synergies** entre les partenaires du RMT pour la réalisation de *travaux collaboratifs* (montage de projets) et *l'élaboration d'outils/méthodes* au service du développement technologique des filières concernées (céréales, oléo-protéagineux, betterave, pomme de terre, produits dérivés) ;
- ☐ **Favoriser la coopération** des professionnels des filières avec les organismes de *recherche* et les *établissements d'enseignement technique et supérieur* ;
- ☐ **Restituer et transférer** (en temps réel) l'avancée des connaissances aux professionnels et opérateurs agricoles : d'où l'objectif de ces 2^{èmes} rencontres « RAFT » du RMT Quasaprove ...

La problématique « multi-contamination » est couverte par les activités des partenaires du RMT Quasaprove de la production à la transformation en aliment



Les activités des partenaires sont organisées en différents chantiers interactifs :



Un élément important de la dynamique du RMT Quasaprove : Une organisation par chantiers thématiques avec un partenariat ouvert à de nouveaux partenaires

En 2010, le comité de pilotage et de coordination du RMT s'est attaché à agréger aux partenaires fondateurs de nouveaux acteurs de la recherche, de la formation et du développement agricole des filières concernées, en particulier dans le secteur de la post-récolte et des industries de 1^{ère} transformation (alimentation humaine ou animale)

Adhésion de **5 nouveaux partenaires** dans le RMT :

- **Coop de France**
- **FNA**
- **CFSI**
- **ANMF**
- **Qualimat**

Pour renforcer la représentation des industries de la transformation

Les 2^{èmes} rencontres RAFT 2011 : dédiées aux **contaminants préoccupants en post-récolte**, en relation avec la réglementation actuelle sur les résidus de pesticides et appuyée sur des projets de R & D intégrés (en cours ou déposés)

Projets en cours 'labellisés' par le RMT (chantier 4)

- ✓ **Projet CASDAR** « Economie et innovation en **protection raisonnée** des céréales et oléo-protéagineux contre l'infestation par les insectes de stockage » *EcoprotectGRAIN* (2010-2012)
- ✓ **Projet Région Aquitaine** « Caractérisation du mode d'action et de l'activité de substances extraites du végétal sur les organismes nuisibles aux grains et graines alimentaires en tant qu'alternative éventuelle aux traitements insecticides des céréales stockées : *EcopreservGRAIN* (2009-2011)

Projet 'labellisé' par le RMT déposé en 2011 (chantier 5)

- ✓ **Projet CASDAR** « Démarche innovante pour caractériser le risque mycotoxique en production avicole » *MYCOVOL* (2012-2014)

Les questions à l'ordre du jour des 2^{èmes} Rencontres du RMT 'Quasaprove' : **Evaluation et gestion des risques de contamination des céréales ou des produits animaux après-récolte**

- Un thème centré sur l'évaluation et la gestion des risques sanitaires en post-récolte :
 - **Résidus de pesticides et infestation par les insectes** (en France métropolitaine)
 - **Devenir des contaminants présents à la transformation ou après consommation par l'animal de sources de nourriture contaminées**
- Un programme prévu pour laisser une place aux **réponses aux questions des participants** et aux **échanges d'expériences**
- Des questions techniques et scientifiques traitées directement par des actions **sur le terrain** (enquêtes, expérimentation pilote, études en situation pratique...)
- Des pistes **prospectives** à faire émerger au cours de la synthèse finale : pour élaborer le « projet » du RMT à développer dans les années à venir (2012-2013)

Information de dernière minute : **Les 3^{èmes} Rencontres du RMT se préparent...**

... pour le **22 septembre 2011**, au lycée agricole de Pau-Montardon.

Thème : **Contaminants d'origine « naturelle » (mycotoxines, éléments traces métalliques ETM ...)**

- Journée qui sera dédiée au **transfert** de connaissances vers le conseil agricole et l'enseignement technique.

Place aux présentations des 2^{èmes} journées RAFT du RMT Quasaprove !

Session de la matinée

Gestion des risques de contamination des grains stockés par les résidus de pesticides et méthodes alternatives

Animateurs : Christophe Dassié (FranceAgriMer) et Gérard Desnos (Coop de France)

Session de l'après-midi

Facteurs de transfert des contaminants organiques vers les produits transformés d'origine végétale ou animale

Animateurs : Claude Vergnet (ANSES) et Olivier Le Gall (INRA)

Projet CasDAR « EcoprotectGrain » : 1^{ers} résultats de l'enquête nationale sur les insectes des stocks de blé en relation avec l'usage des pesticides et les pratiques de stockage

Marie-Pierre Leblanc ⁽¹⁾, Francis Fleurat-Lessard ⁽²⁾ et Bruno Barrier-Guillot ⁽³⁾

(1) FranceAgriMer - rue Henri Rol Tanguy - 93100 Montreuil sous Bois

- mèl : marie-pierre.leblanc@franceagrimer.fr

(2) INRA UR 1264 Mycologie et Sécurité des Aliments - 71, avenue Edouard Bourleaux – BP n° 81, 33883 Villenave d'Ornon Cedex, France

- mèl : francis.fleurat-lessard@bordeaux.inra.fr

(3) Arvalis Institut du Végétal, Halle Technologique Céréales, 91720 Boigneville

- mèl : b.barrier-quillot@arvalisinstitutduvegetal.fr

Résumé

La première partie du programme de travail du projet intégré de R & D « EcoprotectGrain 2010-2012 » (labellisé par le RMT Quasaprove et soutenu par le CasDAR au Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, DGER) a consisté en la réalisation au printemps 2010 d'une enquête nationale auprès d'une centaine d'organismes stockeurs de céréales (coopératives ou négociants). Le questionnaire de cette enquête, élaborée et dirigée par FranceAgriMer, a été conçu pour répondre à un questionnement d'actualité en matière de protection des stocks contre les insectes nuisibles : peut-on réduire l'usage des pesticides en post-récolte sans augmenter les risques d'infestation ? Les méthodes de prévention des risques d'infestation sont-elles suffisantes pour garantir l'absence d'insecte à la mise sur le marché des lots de céréales ? Les insecticides de contact à longue persistance peuvent-ils offrir la même « efficacité » que les substances actives récemment interdites ? Dans les cas d'impossibilité d'avoir recours à des traitements avec des pesticides à action « de choc » (curative rapide), quels sont les pratiques et les stratégies recommandées qui permettent de satisfaire aux exigences des cahiers des charges des industries des céréales sur l'absence d'insectes ? Le second objectif de l'enquête est plus directement lié à un objectif de formation des responsables d'OS et au transfert de connaissance : il s'agit d'apporter des données objectives sur la relation entre les pratiques de stockage (le choix des « itinéraires techniques ») et la maîtrise des problèmes courants posés par la présence d'insectes sur les lieux de stockage des céréales (dans les cellules à grains ou dans les matériels de manutention du grain au silo). La connaissance de ces relations est indispensable pour l'optimisation des bonnes pratiques de protection des stocks de grains contre les insectes nuisibles.

Dans ce contexte, les objectifs particuliers de l'enquête ont été les suivants : a) l'évaluation du taux d'infestation des stocks de blé français par les insectes granivores (par la recherche des insectes dans des échantillons de grains prélevés chez les OS partenaires) avec identification des espèces rencontrées ; b) La détermination des teneurs en résidus d'insecticides présents dans le grain (analyse de l'échantillon de grain prélevé) en vue de l'évaluation de la proportion de lots de blé ayant reçu au moins un traitement insecticide après récolte et du respect des bonnes pratiques d'utilisation des différentes substances actives autorisées pour cet usage particulier ; c) La mise en relation des pratiques de stockage déclarées par les responsables qualité des OS partenaires avec les données issues des analyses des échantillons (taux d'infestation, nuisibilité des espèces identifiées, niveau d'usage des produits de lutte contre les insectes, interaction entre les mesures de prévention et les niveaux d'infestation observés, influence de la localisation géographique du silo sur le niveau d'infestation...

En 2010, 95 OS ont participé entre le mois de mars et la fin du mois de mai, à cette première année d'enquête et leur responsables ont été rencontrés par les agents régionaux de FranceAgriMer qui ont réalisé les prélèvements d'échantillons (recherche orientée sur les

endroits des cellules à plus forte probabilité de présence d'insectes) pour la partie analytique de l'enquête, ainsi que le recueil des informations et données prévues dans le questionnaire sur la structure et les pratiques de stockage (partie déclarative de l'enquête). Un échantillon de 1,5 à 2 kg de grains a été dirigé vers le laboratoire de l'UR INRA-MycSA à Bordeaux et un 2^{ème} échantillon (identique au précédent) a été acheminé au laboratoire FranceAgriMer de La Rochelle pour l'analyse de résidus d'insecticides. Les données de la partie déclarative de l'enquête ont été traitées également au laboratoire FranceAgriMer de La Rochelle. Après constitution de la base de données globale de l'ensemble des données des deux parties de l'enquête (analytique et déclarative), une analyse multifactorielle des relations entre : a) l'occurrence des infestations par les insectes ; b) les teneurs en substances actives insecticides déterminées dans les échantillons ; c) les données déclarées par les responsables d'OS partenaires sur leurs structures de stockage et leurs pratiques de gestion de la protection des grains contre les insectes, a été effectuée sous la supervision du service statistique de FranceAgriMer (Ph. Seyer).

Les résultats de l'analyse du contenu des échantillons en insectes (formes libres et formes cachées confondues) montrent que plus du quart des échantillons contenait au moins une espèce d'insecte nuisible (27%). C'est le charançon du riz, *Sitophilus oryzae*, qui est l'espèce la plus fréquente et la plus abondante (présence dans plus de 24% des échantillons, contre 19% pour les 2 silvains : *Oryzaephilus surinamensis* et *Cryptolestes ferrugineus* et 12% pour *Tribolium castaneum*). Par rapport aux résultats observés à la dernière enquête nationale réalisée sur le sujet en France (1977-1978), deux changements significatifs ont été observés : la régression de l'occurrence du charançon des grains, *S. granarius* (qui passe de 20,5 % à 5,3%) et la recrudescence de l'occurrence du capucin *Rhizopertha dominica* (qui passe de 0 à 7,4 % de fréquence). La grande majorité des insectes retrouvés dans les échantillons (tamisage immédiatement après réception au laboratoire) est constituée par des individus morts (près de 94%).

Les résultats des analyses de résidus montrent que les deux tiers (66%) des échantillons prélevés contenaient au moins un résidu de substance active à une teneur supérieure au seuil de quantification (0,02 mg/kg) et 17% des échantillons contenaient deux résidus différents ou plus. Toutefois, toutes les teneurs mesurées étaient nettement inférieures à la LMR.

L'analyse de la relation entre les pratiques de stockage ou de traitement insecticide (préventif ou curatif) ne montre pas de relation entre l'usage de pesticides et la fréquence des cas d'infestation observés. La technique du « stockage à plat » et l'absence d'équipement en « silothermométrie » sont en relation avec une fréquence des cas d'infestation plus élevée (= pratiques présentant davantage de risque d'infestation que le stockage en cellules verticales). De plus, le nettoyage des cellules vides et le nettoyage des grains avant la mise en cellule sont en relation (significative) avec la réduction d'occurrence d'insectes dans les échantillons de grains.

Les données nouvelles apportées par cette première année d'enquête sont suffisamment originales et instructives pour que l'enquête soit renouvelée (avec des aménagements nouveaux) en 2011.

Mots clés : Enquête nationale, céréale stockée, recherche insectes, analyse résidus, insecticide, pratiques de stockage, analyse multifactorielle, interaction pratiques stockage – risque infestation.

Programme ECOPROTECTGRAIN

CASDAR 2010-2012

Economie et innovation en protection raisonnée des céréales et oléo-protéagineux contre l'infestation par les insectes au stockage

Pilote : ARVALIS - Institut du végétal

Partenaires : CETIOM, INRA-MycSA, FranceAgriMer,
Coop de France, FNA, MSA

Programme ECOPROTECTGRAIN

Action 1 : Diagnostic technico-économique sur les pratiques actuelles et leur conformité avec les nouvelles dispositions réglementaires

- Enquête nationale : insectes / résidus / pratiques

➤ *Première présentation*

Action 2 : Recherche finalisée pour l'amélioration des méthodes et outils de la lutte préventive contre les insectes des grains et graines après récolte

- Evaluation des solutions chimiques
- Etude des méthodes physiques (ventilation, nettoyage)

➤ *Seconde présentation*

Action 3 : Ré-évaluation des potentialités des méthodes de lutte corrective

- Fumigation
- Traitement physique par la chaleur

Projet CasDAR “EcoprotectGrain” 2010-2012

Economie et Innovation en protection raisonnée des céréales et oléo-protéagineux contre l’infestation par les insectes au stockage

Sous-Action 1.1

Enquête nationale sur la relation entre l’état sanitaire des grains stockés et les pratiques actuelles de conduite du stockage et de protection contre les insectes

M.-P. Leblanc¹, F. Fleurat-lessard², B.Barrier-Guillot
(FranceAgrimer, INRA, Arvalis)

¹ FranceAgriMer, Laboratoires Qualité des Grains, 17000 La Rochelle

² INRA–MycSA, pôle QUALIS, BP 81, F 33883 Villenave d'Ornon

Sous-Action 1.1

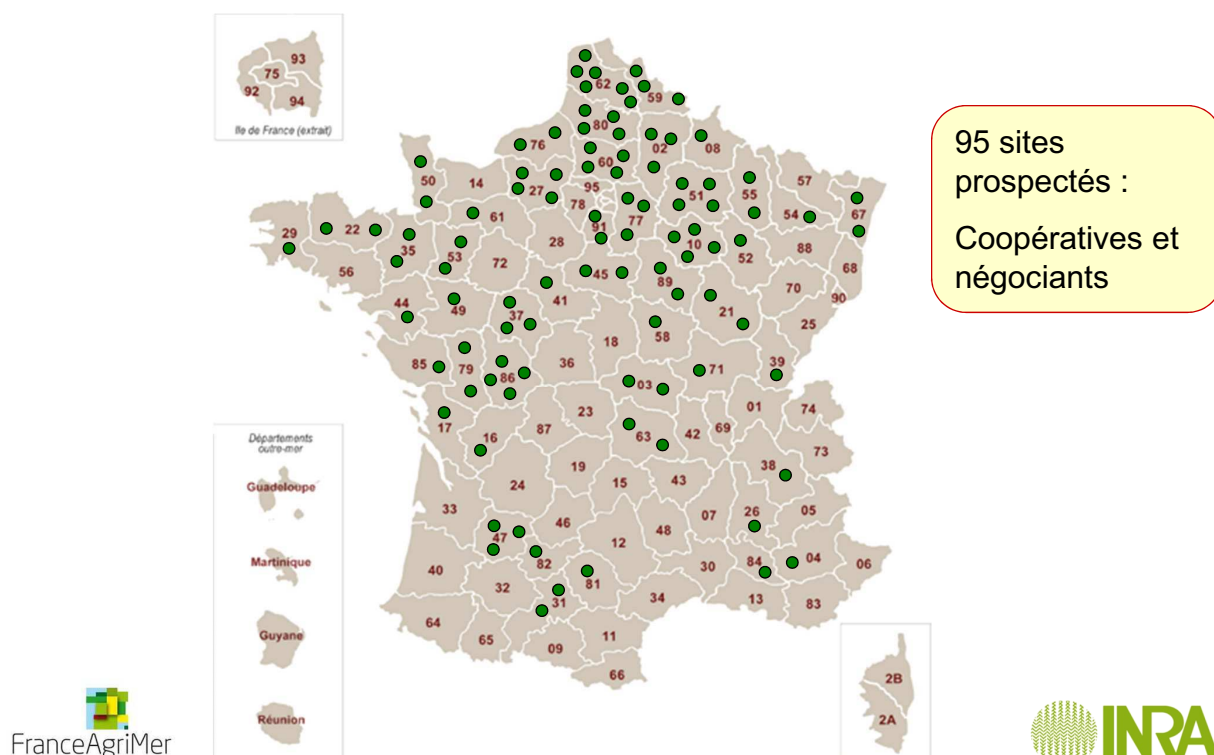
Enquête nationale sur la relation entre l’état sanitaire des grains stockés et les pratiques actuelles de conduite du stockage et de protection contre les insectes

1^{ère} partie : Identification des espèces et histogrammes des fréquences

2^{ème} partie : Répartition des résidus d’insecticides dans les échantillons de grain

3^{ème} partie : Relations entre l’état sanitaire des grains stockés, les pratiques de protection contre les insectes et les itinéraires de stockage

Répartition géographique des organismes stockeurs participant à l'enquête



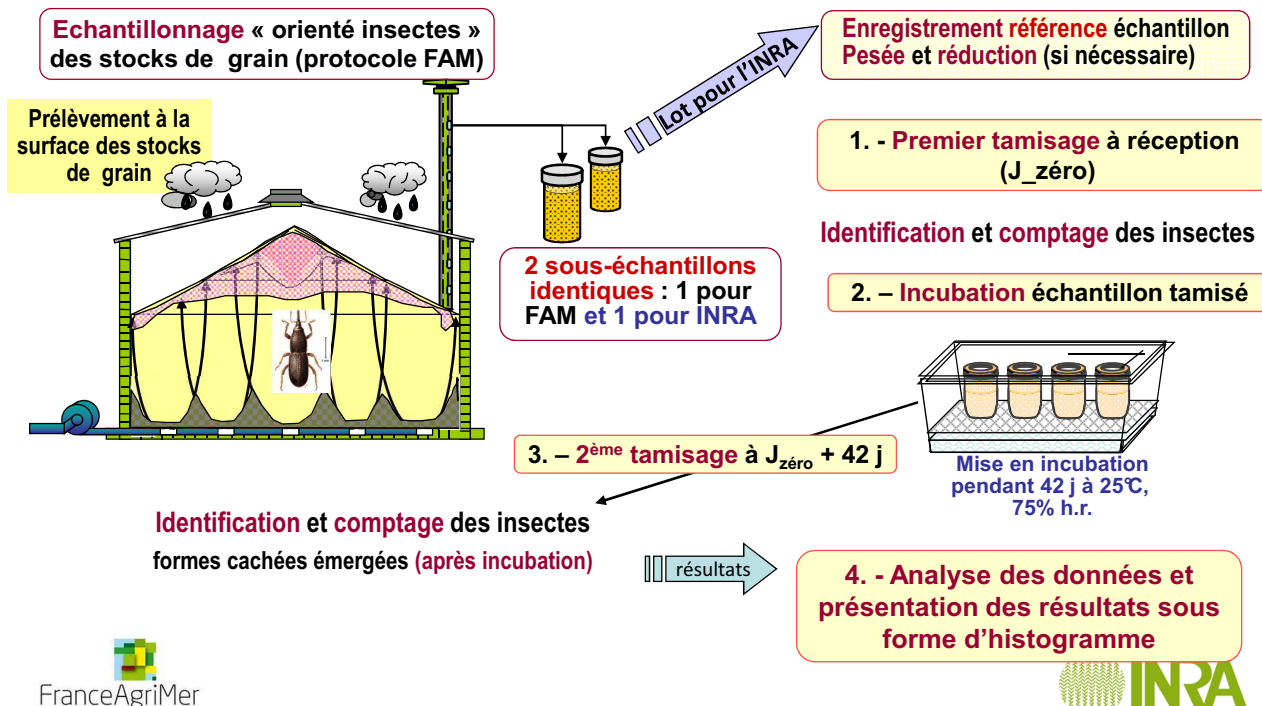
Enquête nationale sur la relation entre l'état sanitaire des grains stockés et les pratiques actuelles de conduite du stockage et de protection contre les insectes

1^{ère} partie : Identification des espèces et histogrammes des fréquences

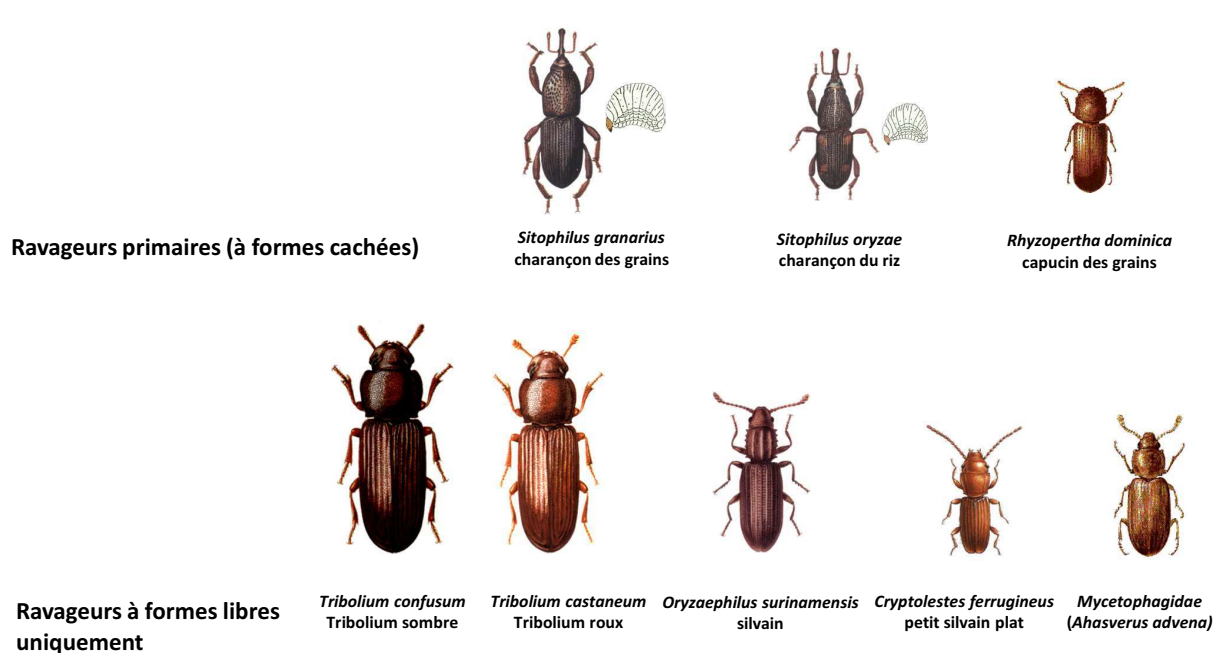
2^{ème} partie : Répartition des résidus d'insecticides dans les échantillons de grain

3^{ème} partie : Relations entre l'état sanitaire des grains stockés, les pratiques de protection contre les insectes et les itinéraires de stockage

Mode opératoire de l'enquête (FranceAgriMer) sur les risques de présence d'insectes sur les lieux de stockage (1^{ère} partie)

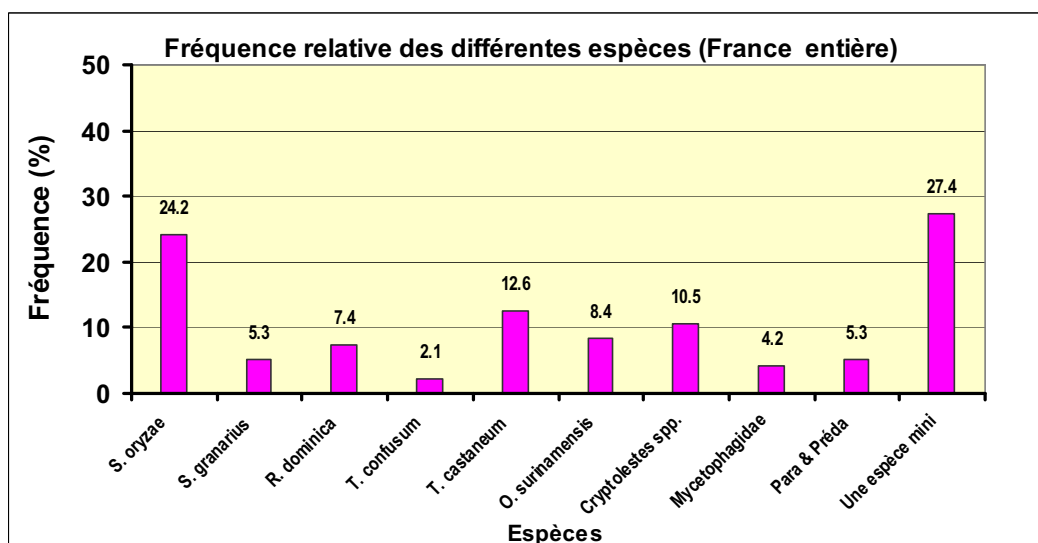


Principales espèces d'insectes observées dans les échantillons



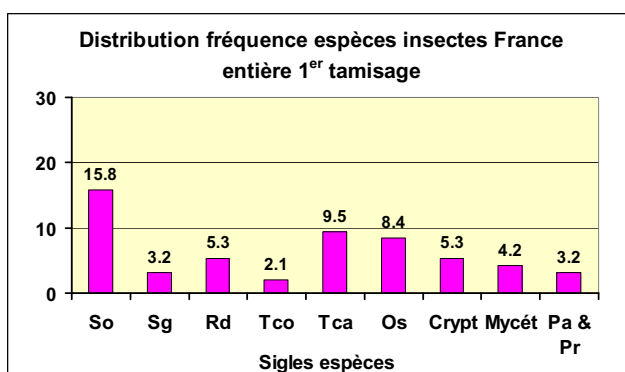
Fréquence des différentes espèces identifiées (France entière)

Fréquences relatives à la totalité des échantillons prélevés (95)



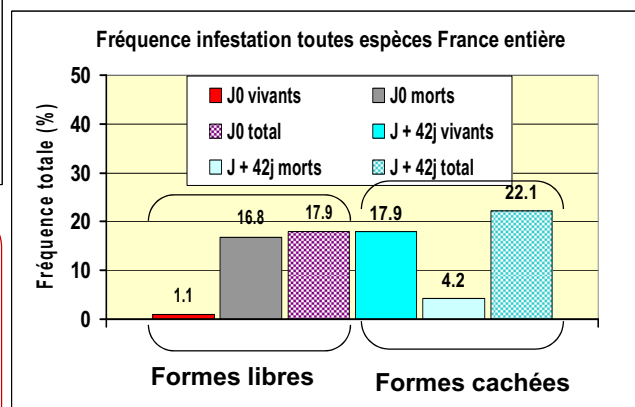
Fréquence globale dans les stockages de blé tendre (France entière)

Fréquence toutes espèces 1^{er} tamisage



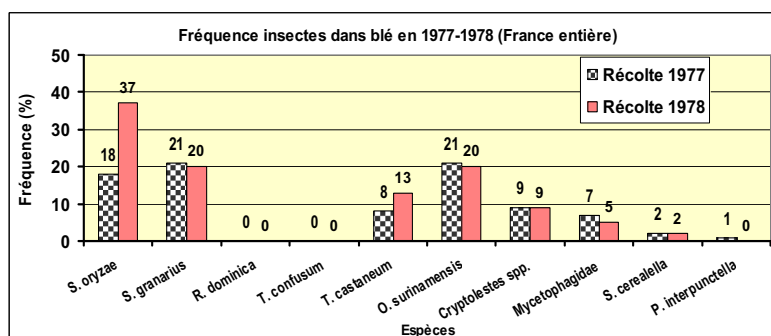
- L'infestation semble être maîtrisée par les insecticides
- Néanmoins, le potentiel de développement d'insectes dans les stocks est important (à partir des formes cachées)

Etat des insectes aux deux tamisages (vivants ou morts)

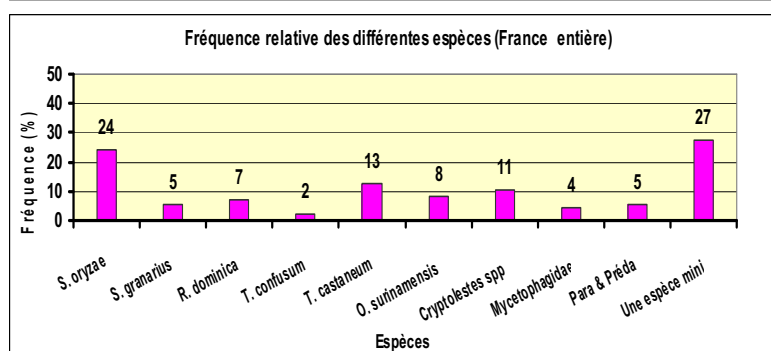


Evolution de la situation révélée par l'enquête 2010 par rapport aux résultats observés en 1978-1979 (précédente enquête France entière)

Récoltes 1977 – 1978
Enquête DGAL (SDPV)



Récolte 2009



Enquête nationale sur la relation entre l'état sanitaire des grains stockés et les pratiques actuelles de conduite du stockage et de protection contre les insectes

1^{ère} partie : Identification des espèces et histogrammes des fréquences

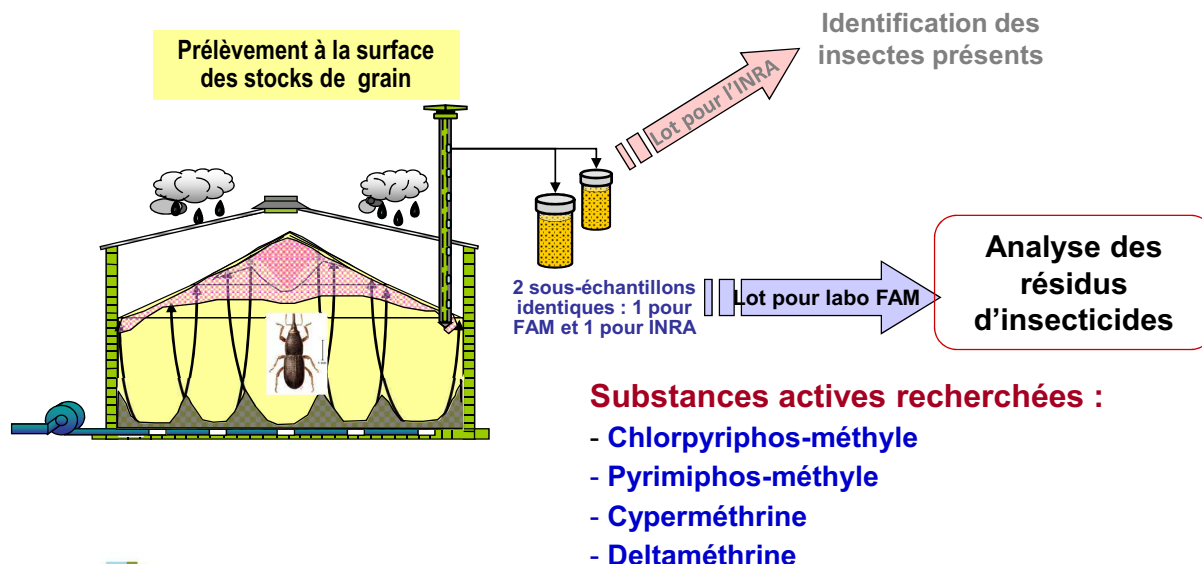
2^{ème} partie : Répartition des résidus d'insecticides dans les échantillons de grain

3^{ème} partie : Relations entre l'état sanitaire des grains stockés, les pratiques de protection contre les insectes et les itinéraires de stockage

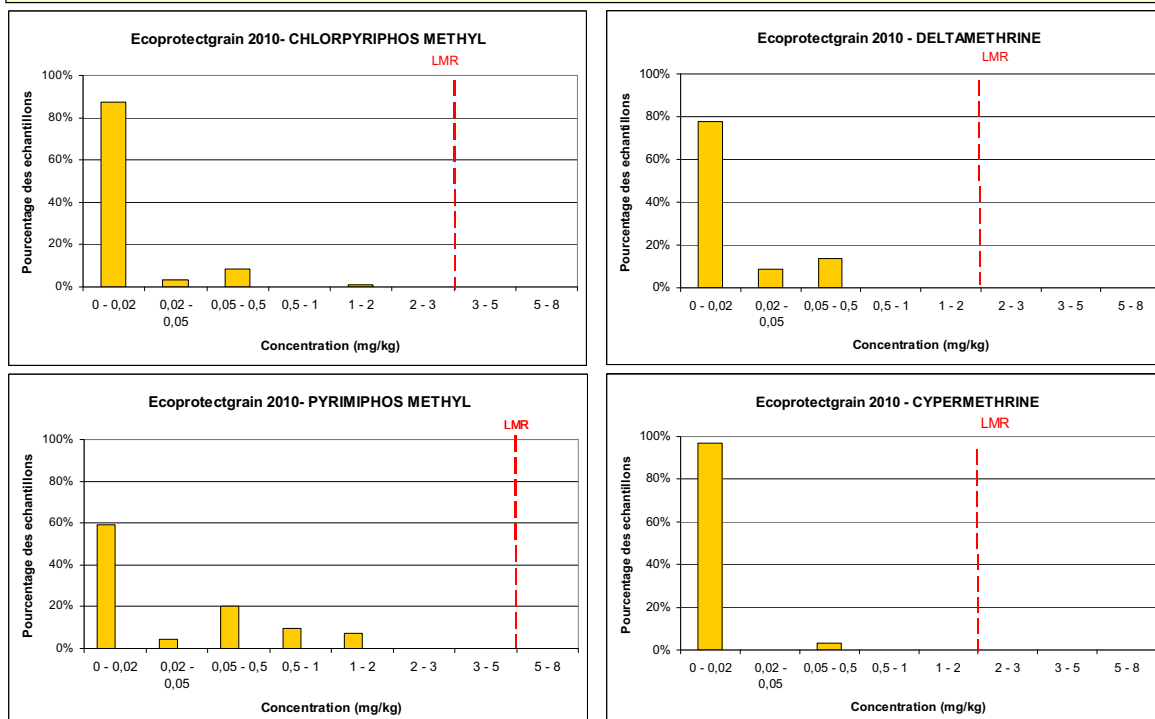
Mode opératoire de l'enquête (FranceAgriMer) sur les risques de présence d'insectes sur les lieux de stockage (2^{ème} partie)

Echantillonnage « orienté insectes »
des stocks de grain (protocole FranceAgriMer)

Période de prélèvement : Mars à mai 2010

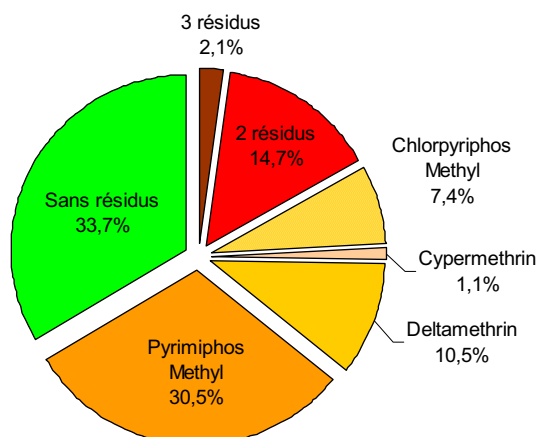


Répartition des résidus d'insecticides par molécule en % d'échantillons



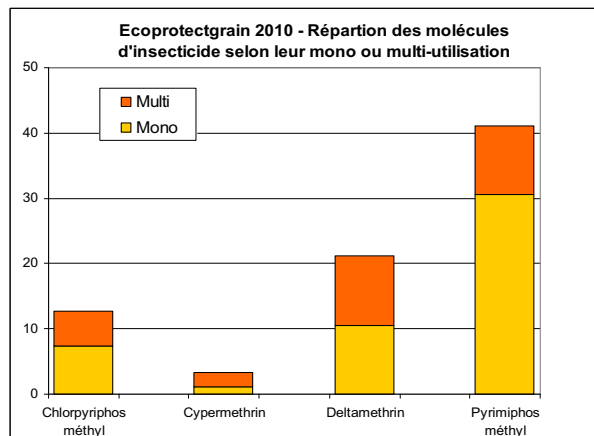
Répartition des résidus dans l'ensemble des échantillons

Ecoprotectgrain - Année 2010



Globalement 34 % des échantillons ne présentent aucune trace de résidus d'insecticides.

17 % des échantillons contiennent plusieurs substances actives



Traitements multiples

Utilisation des principaux insecticides

Réponse au questionnaire ⇒ déclaratif
Résultats en % de l'effectif global

	Traitement locaux	Traitement grains + locaux	Traitement grains	
		Traitement des locaux + traitement grain avant ou pendant stockage	Traitement grain avant stockage	Traitement grain pendant stockage
Chlorpyriphos methyl	15,8	3,2	3,2	2,1
Deltamethrin	7,4	3,2	6,3	1,1
Pyrimiphos methyl	12,6	13,7	11,6	4,2
TOTAL	35,8	20,1	21,1	7,4

Traitement des locaux : 56% - Traitement des grains : 49%

Enquête nationale sur la relation entre l'état sanitaire des grains stockés et les pratiques actuelles de conduite du stockage et de protection contre les insectes

1^{ère} partie : Identification des espèces et histogrammes des fréquences

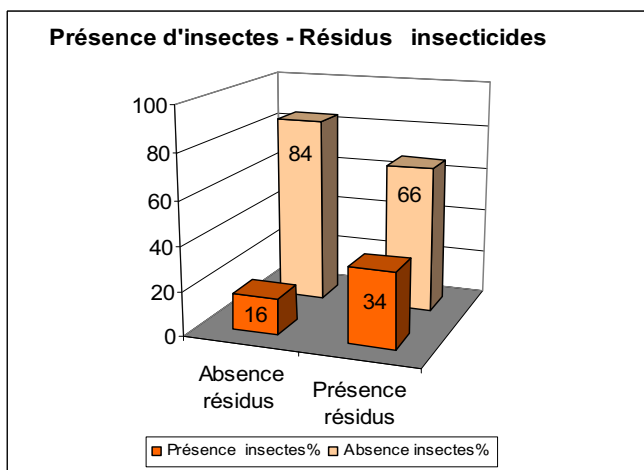
2^{ème} partie : Répartition des résidus d'insecticides dans les échantillons de grain

3^{ème} partie : Relations entre l'état sanitaire des grains stockés, les pratiques de protection contre les insectes et les itinéraires de stockage

Analyse des correspondances

Présence d'insectes et résidus de traitement insecticide

- L'analyse des correspondances ne traduit pas de relation directe entre présence de résidus d'insecticides et « présence-absence d'insectes » .
- Il n'existe pas une famille d'insecticides qui défavoriserait la présence d'insectes

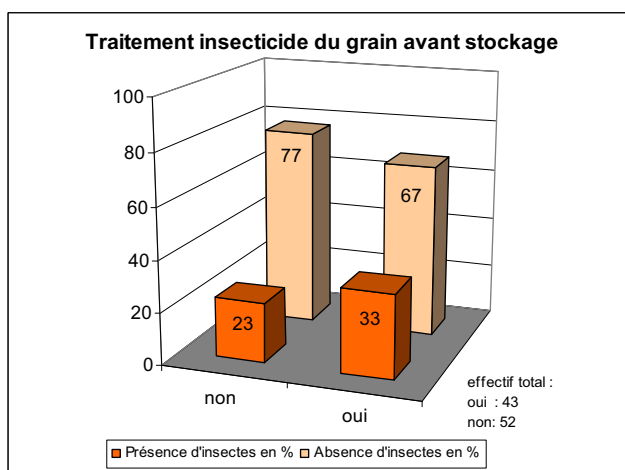


→ En absence de traitement, le taux d'infestation est faible (16 %)

→ En présence de résidus d'insecticides, le taux d'infestation est plus élevé (34 %)

- utilisation du traitement en curatif (en cas d'infestation déjà visible)
- utilisation en traitement préventif (ancienne avec durée d'efficacité du traitement dépassée)

Présence d'insectes et résidus de traitement insecticide



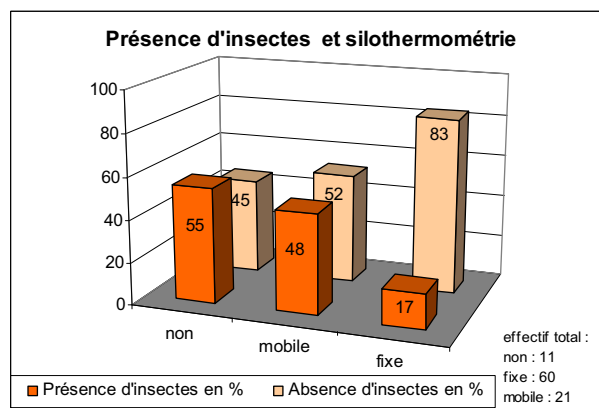
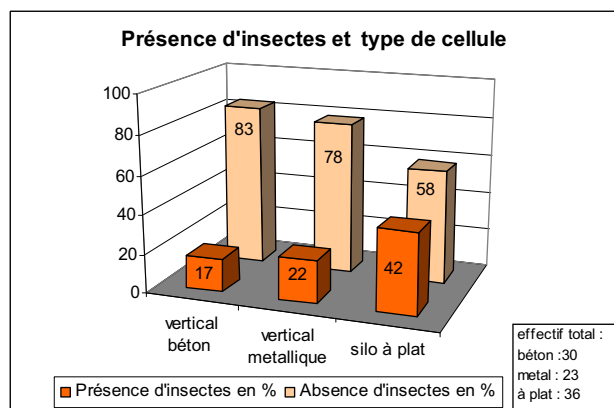
➔ Le traitement avant stockage a peu d'effet sur le taux d'infestation à long terme (7 à 8 mois après le traitement)

➔ Durée d'efficacité dépassée pour certaines molécules

Analyse des correspondances

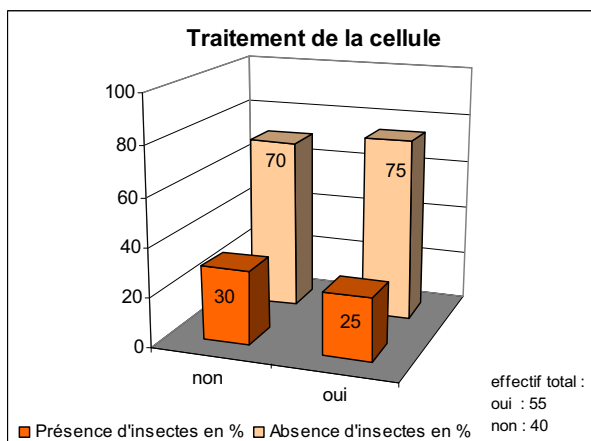
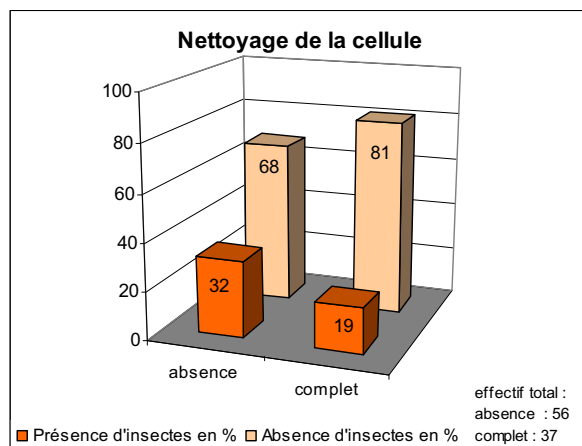
Relation entre présence d'insectes et conduite du stockage

- Il existe une relation entre présence d'insectes et
 - type de stockage (**stock à plat**),
 - **absence de silothermométrie** ou thermométrie mobile



➔ Le stockage à plat et l'absence de silothermométrie fixe sont des situations à risque d'infestation

Relation entre présence d'insectes et conduite du stockage

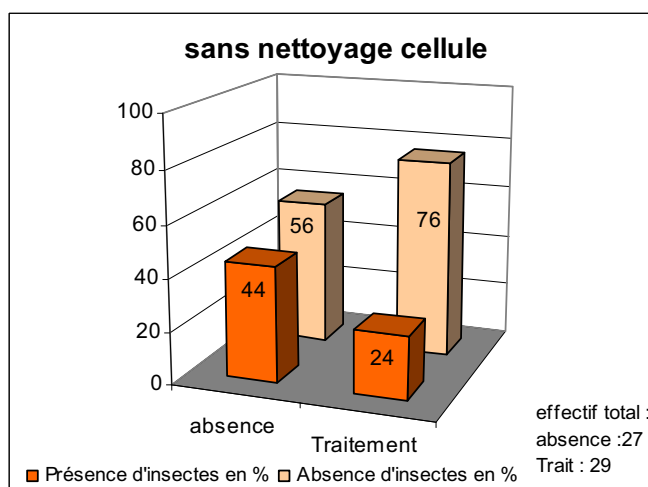


➔ Le nettoyage des cellules vides réduit le taux d'infestation

➔ Le traitement insecticide des cellules vides ne semble pas influencer le taux d'infestation

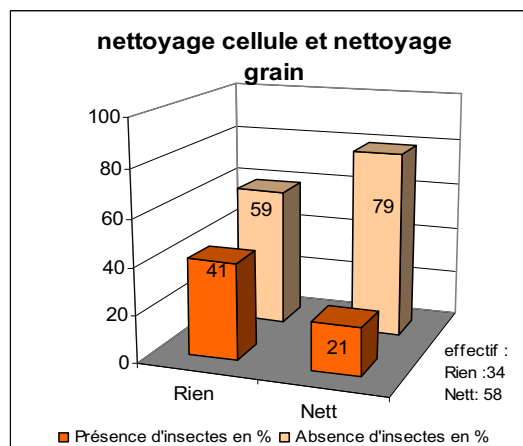
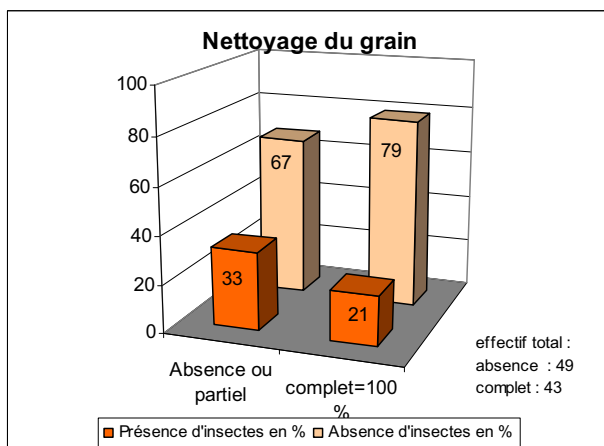
Relation entre présence d'insectes et conduite du stockage

Impact du traitement insecticide des cellules vides



➔ En cas d'absence de nettoyage complet des cellules le traitement insecticide des cellules est recommandé

Relation entre présence d'insectes et conduite du stockage



➔ Le nettoyage des grains réduit le taux d'infestation

➔ Le nettoyage des grains associé au nettoyage des cellules vides réduit le risque d'infestation

Intérêt de poursuivre l'étude en 2011

1. Confirmer les tendances constatées en 2010

- Valider en 2011 les écarts de fréquence constatés pour les charançons (différences par rapport à la référence 1977-1978) et le capucin des grains (absent dans le blé dans l'enquête de référence)
- Augmenter la robustesse de l'analyse statistique discriminante en doublant l'effectif des sites visités (cumul des deux années de résultats)

2. Pouvoir interpréter de nouvelles relations entre pratiques de protection des grains et taux d'infestation

- Maîtrise de la ventilation de refroidissement et faible risque d'infestation par les insectes
- Intégrer les outils de surveillance continue de la présence d'une infestation (pièges à insectes)
- Définir des itinéraires types de bonnes pratiques de préservation des grains avec ou sans traitement avec des insecticides de stockage

Remerciements :

Cette première enquête nationale a été réalisée sous la direction de FranceAgriMer

Les remerciements s'adressent en premier lieu aux établissements ou collecteurs qui nous ont accueilli pour les prélèvements et ont donné de leur temps pour répondre aux nombreuses questions qui leur ont été posées

Ont contribué à la réalisation de cette première année d'enquête « EcoprotectGrain »

- Laboratoire FranceAgriMer de La Rochelle (mise au point méthodologique, logistique de recueil et conditionnement des échantillons, réalisation questionnaire chefs de silos, centralisation des données et analyses des échantillons)
- Personnel FranceAgriMer en Région (réalisation de l'enquête technique auprès des OS, prélèvements et expédition échantillons)
- Unité structuration des données de MEP FranceAgriMer pour analyses statistiques
- Unité INRA-MycSA Villenave d'Ornon (analyse présence insectes dans échantillons, incubation des échantillons, identification et comptage)

Projet CasDAR « EcoProtectGrain » : Amélioration des performances de la ventilation de refroidissement des stocks de grains par la mise au point d'un outil d'autodiagnostic intégrant situation géographique et caractéristiques du matériel

Julien Binet⁽¹⁾, André Le Bras⁽¹⁾, Etienne Losser⁽¹⁾ et Bruno Barrier-Guillot⁽¹⁾

(1) ARVALIS - Institut du Végétal, Pôle Qualité Sanitaire et Stockage, 91720 Boigneville

- mèl : b.barrier-guillot@arvalisinstitutduvegetal.fr

Résumé

La ventilation est la meilleure méthode pour refroidir les céréales stockées et, donc, conserver leurs qualités sanitaires et technologiques, tout en permettant une approche de lutte préventive contre les insectes. Les climats, variés sur le territoire français, et le type de stockage (à plat, cellules de grande hauteur, ...) conditionnent le dimensionnement du système de ventilation. Associé à d'autres spécialistes du stockage des grains dans le cadre du projet CasDAR « EcoProtectgrain », ARVALIS – Institut du végétal a fait le point sur les aspects météorologiques de la ventilation de refroidissement. Il s'agit ici de connaître avec précision les capacités de ventilation de chaque silo, où qu'il soit en France, en s'appuyant sur des données de Météo France de ces 20 dernières années. Cette technique, pour être efficace, nécessite des capacités de ventilation suffisantes, les besoins étant fonction de l'installation et du climat.

Cette étude a permis de produire des cartes de durées de ventilation disponibles en France, pour réaliser une ventilation de refroidissement en 3 paliers de températures (20°C, 12°C et 5°C). Le résultat est une série de cartes à caractère pédagogique, qui met en évidence les contraintes régionales pour conduire correctement une ventilation de refroidissement. Ces cartes mettent en évidence un fort gradient Sud – Nord en été et un gradient Ouest – Est en hiver.

L'outil d'autodiagnostic conçu est innovant : repartant des fondamentaux de la thermodynamique, il permet à partir d'une simple série de mesures métriques sur le silo et sur l'installation de ventilation, et de mesures de températures d'air ambiant et d'air circulant dans les gaines de ventilation de connaître le nombre d'heures nécessaires à la réalisation de chaque palier de refroidissement. Cette durée est ensuite comparée au nombre d'heures disponibles en exploitant les données météorologiques de la cartographie, et valide ou non le dimensionnement de l'installation de ventilation. Cet outil d'autodiagnostic des installations de ventilation est simple à mettre en œuvre, il ne demande pas de compétence particulière, tout en gardant une bonne fiabilité. Il donne des résultats différents si l'on prend en compte ou pas le réchauffage de l'air par le ventilateur, qui dans certaines situations est très important. Cet outil, dont la finalisation est cofinancée par FranceAgriMer, sera proposé prochainement par ARVALIS-Institut du végétal, aux organismes collecteurs.

Mots clés : Céréales, Stockage, Ventilation, Cartographie, outil d'autodiagnostic, insectes

Projet CASDAR “EcoprotectGrain” 2010-2012

Amélioration des performances de la ventilation de refroidissement des stocks de grains par la mise au point d'un outil d'autodiagnostic intégrant situation géographique et caractéristiques du matériel

J. Binet, A. Lebras, E. Losser & B. Barrier-Guillot



Ventilation de refroidissement des stocks de grains

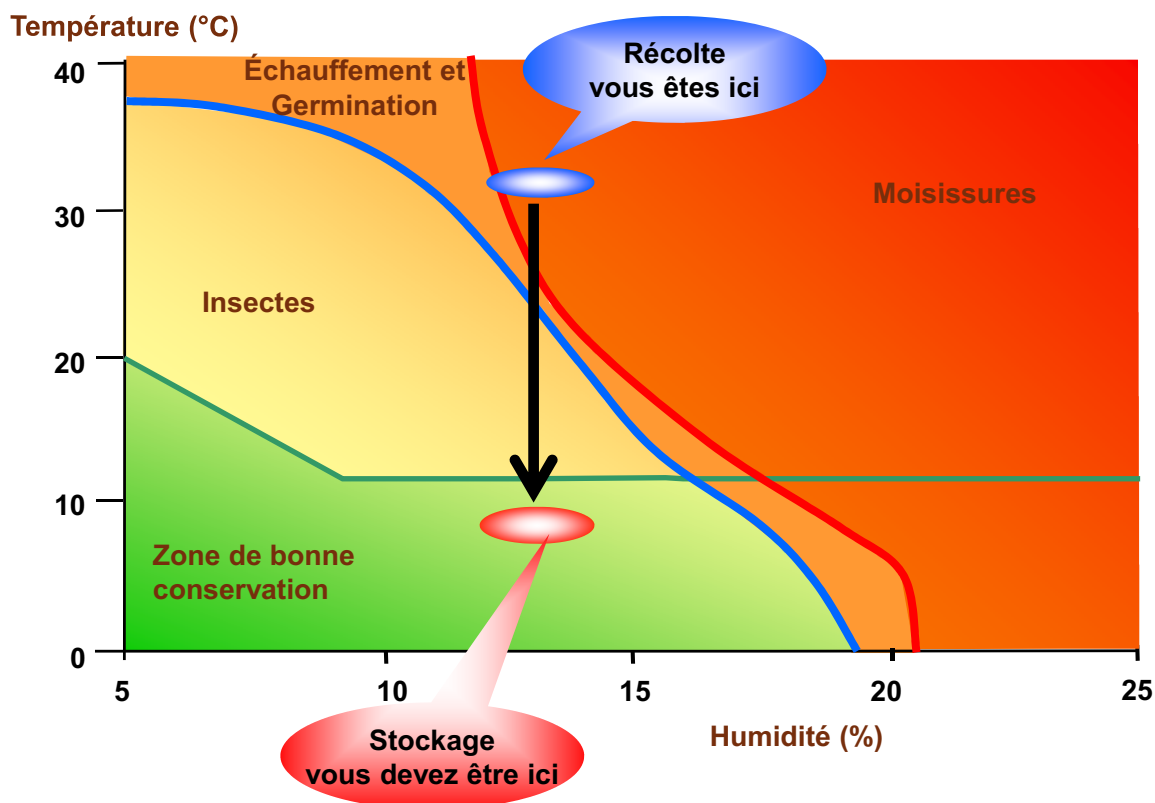
- Introduction
- Mise à jour de la cartographie des disponibilité
de refroidissement en France
- Création d'un outil d'autodiagnostic des
installations de ventilation
- Conclusion

La ventilation de refroidissement : une nécessité

- Assurer une bonne conservation des grains
- Préserver les qualités sanitaires et technologiques
- Contexte réglementaire : diminution du nombre de matières actives insecticides disponibles
- Lutte préventive contre les insectes

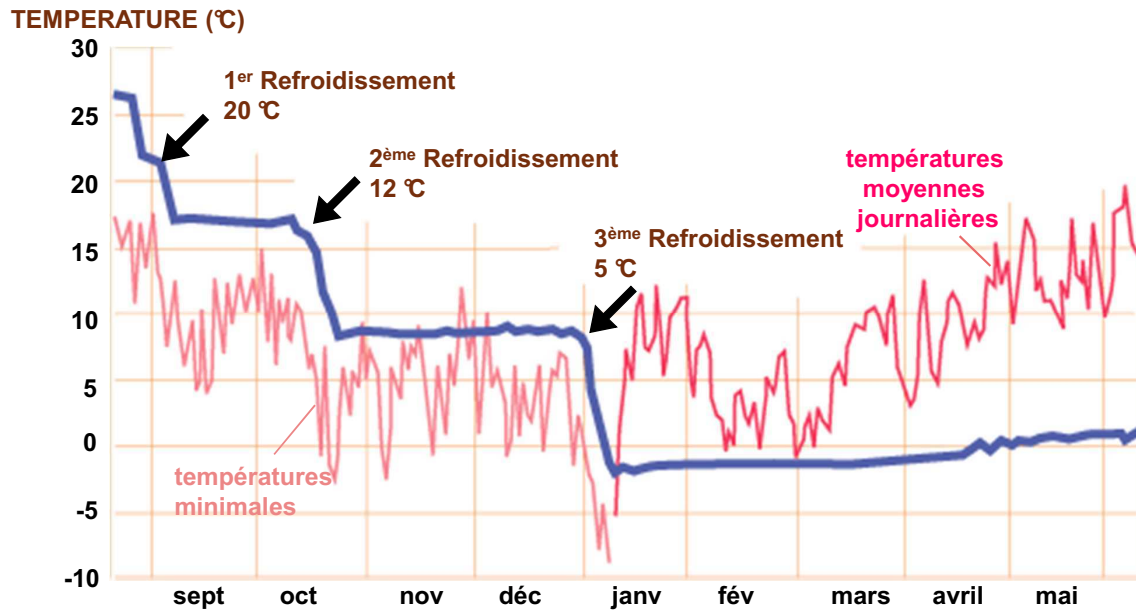
3

Une zone limitée de bonne conservation



4

Principe de ventilation par refroidissement



5

Est-ce possible d'atteindre ces paliers ?

- Gros effort de formation des chefs de silo à la ventilation de refroidissement
- Mais, quelles sont les performances des outils de ventilation existants pour les objectifs envisagés ?
- Les conditions climatiques permettent-elles d'atteindre ces paliers à coup sûr ?
- **Objectif : Mettre à jour la cartographie des disponibilités de refroidissement**

6

Quelques grandeurs clés...

- **La dose spécifique** : volume d'air ramené au volume de grain ventilé qu'il faut appliquer pour réaliser complètement un palier donné. Elle s'exprime en m^3 d'air / m^3 de grain
Ex. pour un blé à 15% d'humidité
 - 1^{er} palier : $1000 \text{ m}^3/\text{m}^3$
 - 2^{ème} palier : $1300 \text{ m}^3/\text{m}^3$
 - 3^{ème} palier : $1700 \text{ m}^3/\text{m}^3$
- **Le débit spécifique** : débit horaire du ventilateur par m^3 de grain, Il s'exprime en m^3 d'air / heure / m^3 de grain
- Le rapport **dose spécifique / débit spécifique** donne **la durée nécessaire** de réalisation des différents paliers (en heures).

7

Hypothèses de l'étude...

Débits spécifiques retenus par type de silo :

Débit spécifique (a priori)	Type de silo
4 m^3 d'air / h / m^3 de grain	Silos de grande hauteur
8 m^3 d'air / h / m^3 de grain	Silos de moyenne à grande taille
12 m^3 d'air / h / m^3 de grain	Silos de moyenne taille
16 m^3 d'air / h / m^3 de grain	Silos en ventilation – vidange

Débits spécifiques retenus par type de silo :

1 ^{er} palier (20°C)	2 ^{ème} palier (12°C)	3 ^{ème} palier (5°C)
1er juillet - 31 Août	21 septembre - 20 novembre	1er décembre - 28 février
62 jours	61 jours	90 jours

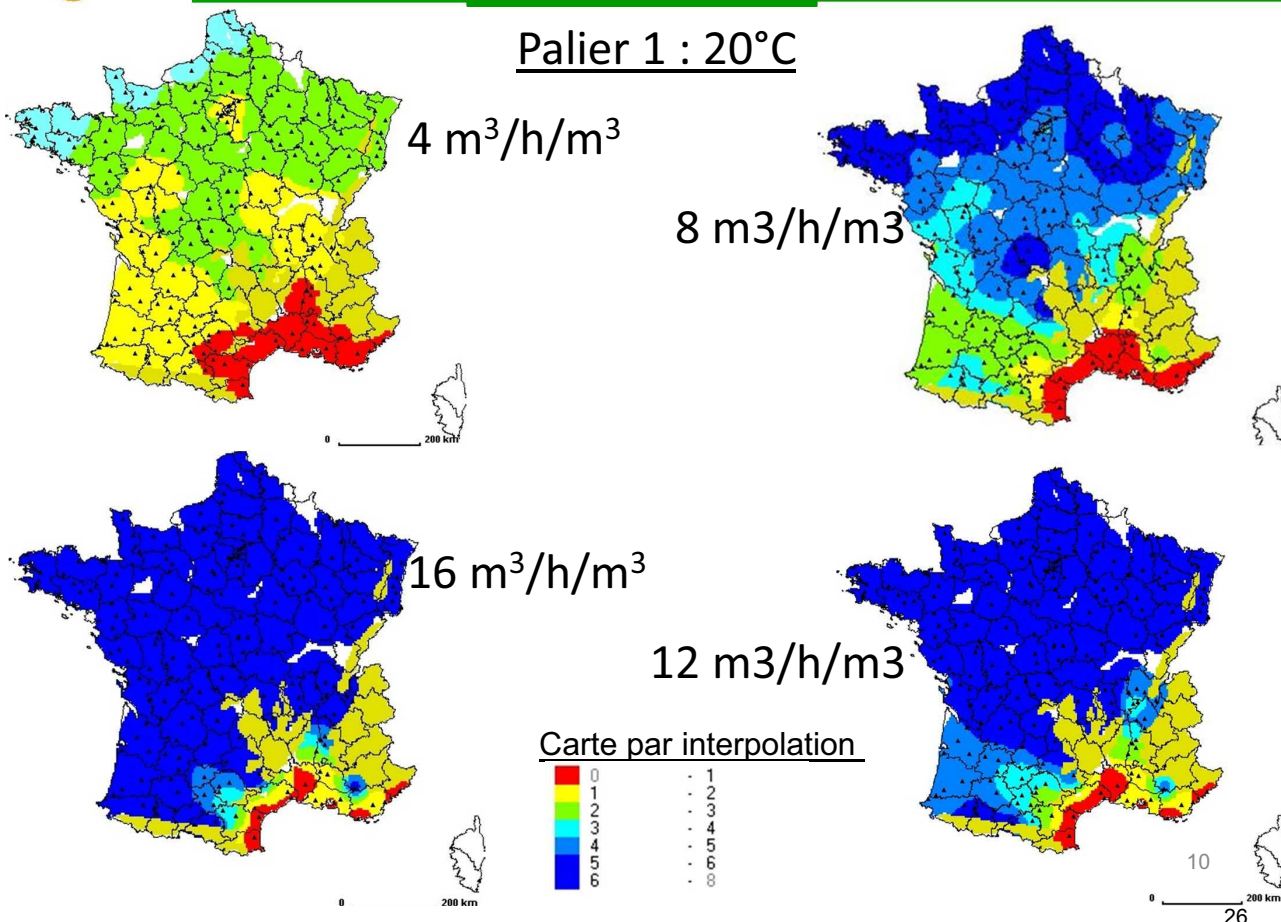
8

Objectif : Développer la protection raisonnée des céréales stockées

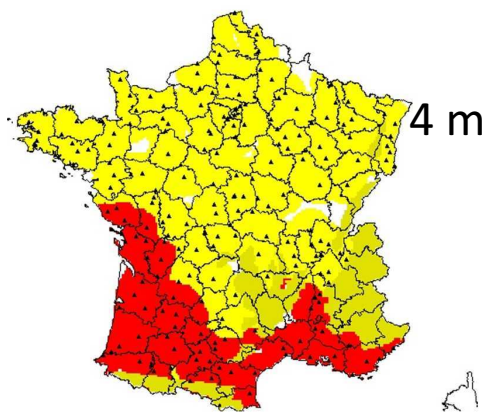
- Réalisation d'une synthèse sur l'influence de la localisation géographique de l'organisme stockeur
- Réaliser des cartes plus fines en terme de résolution et d'information que celles réalisées précédemment
 - Raisonnées sur un nombre d'heures disponibles par palier
 - Menées sur des données de 203 stations météo de 1989 à 2009
 - Adaptées aux exemples types de ventilation
- **Variable de sortie : nombre de fois que le palier va être réalisable dans 95% des cas (sans prise en compte du réchauffage de l'air)**

9

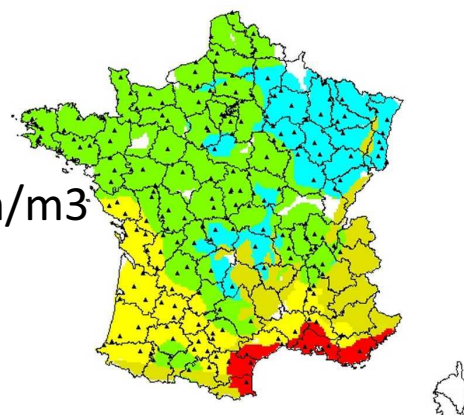
Palier 1 : 20°C



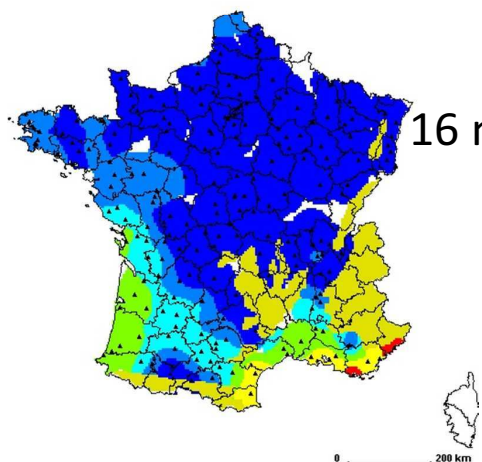
Palier 2 : 12°C



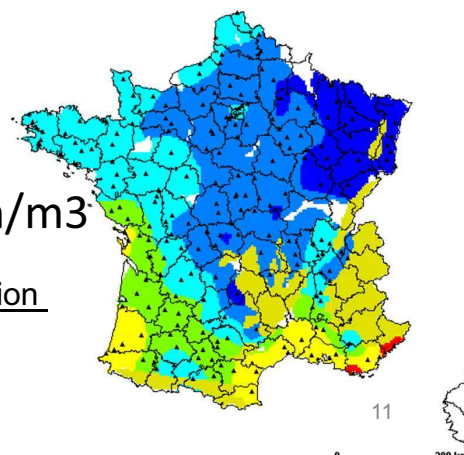
4 m³/h/m³



8 m³/h/m³

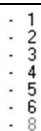
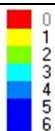


16 m³/h/m³



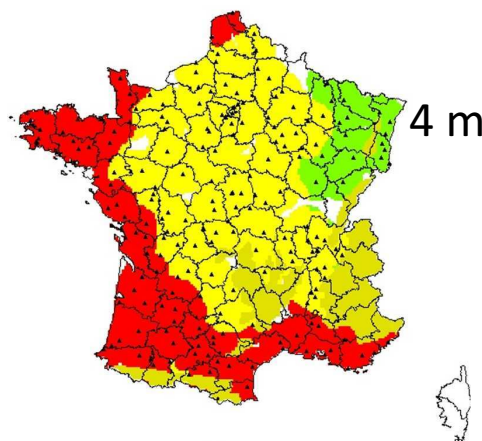
12 m³/h/m³

Carte par interpolation

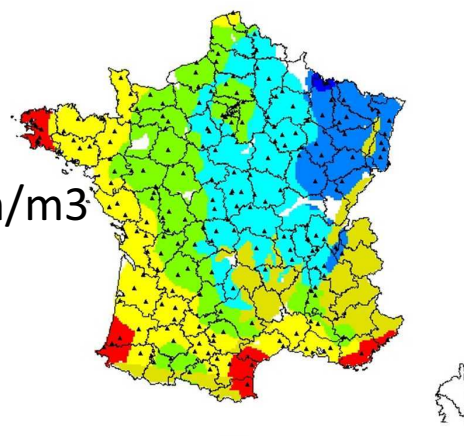


11

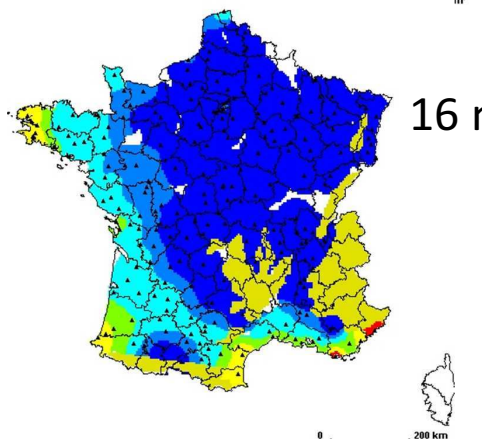
Palier 3 : 5°C



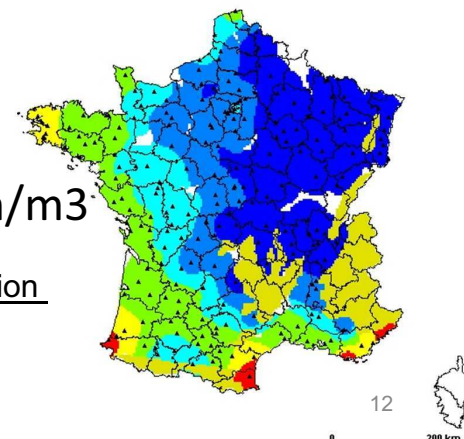
4 m³/h/m³



8 m³/h/m³

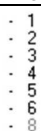
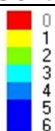


16 m³/h/m³



12 m³/h/m³

Carte par interpolation



12

27

Objectif : Développer la protection raisonnée des céréales stockées

➤ **Bilan de la cartographie**

- Mise à jour selon dernières données climatiques
- Gain de précision
- Mise en évidence de gradients géographiques
- Mise en évidence de l'influence du type de silo
- Variable de sortie explicite et pédagogique
- Projection possibles selon scénarios climatiques

- Mais ne tient pas compte du réchauffage de l'air par le ventilateur

13

Conception d'un outil de diagnostic des installations de ventilation de refroidissement des stocks de grains en organismes stockeurs

14

Objectifs de l'outil

- Fournir à l'utilisateur des données aérauliques et climatiques spécifiques à son installation et sa localisation en France métropolitaine
- Etre précis en restant simple d'utilisation
 - Simples mesures de dimensions et de températures
 - Vérification de ces estimations

15

L'outil de diagnostic des installations de ventilation de refroidissement

- **Objectif** : permettre à un opérateur d'évaluer seul les capacités de ventilation de son installation : simplicité, fiabilité, précision
- **Méthode** :
 - 1) Utilisation des lois de la thermodynamique : Comparaison des pressions/débits mesurés et calculés à partir de mesures de températures
 - 2) Déduction du temps nécessaire à la réalisation de chacun des paliers
 - 3) Exploitation de la base de données de la cartographie pour déterminer la durée de ventilation disponible par palier
- **Résultat** : comparaison temps nécessaire et temps disponible par palier

16

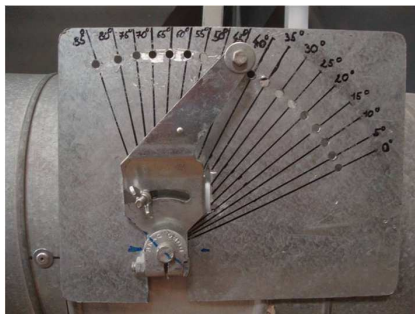
Principe de l'outil



17

Relation températures – pressions totales

- **Objectif** : vérifier la précision de la relation dans le cadre de la ventilation des céréales
- **Expérimentation** : Création d'un banc d'essai de ventilateur qui permet de mettre en charge un ventilateur et de faire des mesures pression / températures



- **Bilan** : Mesures indirectes de la pression totale par mesures de température(s) **fidèles** dans la zone de fonctionnement normal du ventilateur

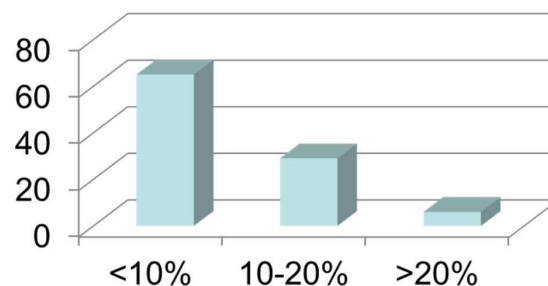
18

Relation températures - débit

- **Objectif** : vérifier que la valeur de débit calculée est satisfaisante
- **Mesures** : Tests en silos : 20 situations
 - Comparaison des valeurs de débit calculées avec les débits mesurés avec une différence acceptable inférieure ou égale à 20%

- **Bilan** : Mesure indirecte du débit acceptable dans 94% des situations

Classes de résultats (%)



19

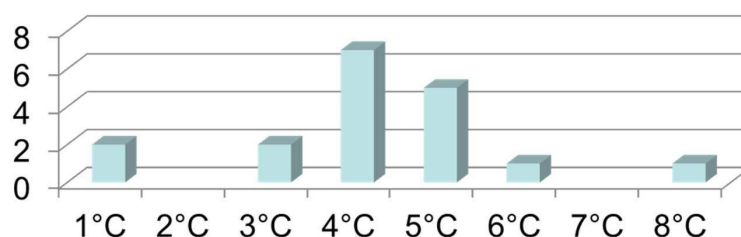
Prise en compte du réchauffage de l'air...

- **Définition** : Phénomène physique propre à la ventilation. Le ventilateur comprimant l'air, le réchauffe.

De l'ordre d'1°C en stockage à la ferme, il peut atteindre 8-10°C avec des ventilateurs haute pression !

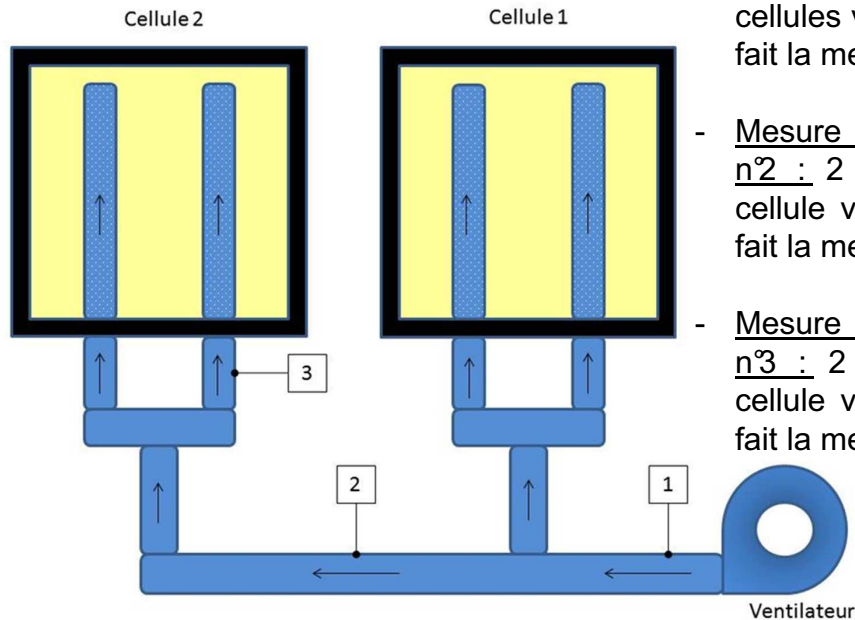
Un thermomètre placé dans la gaine de ventilation le mesure aisément.

Nb silos / Réchauffage de l'air



20

Mise en œuvre de l'outil...



- Mesure de température au point n°1 : 2 cellules en ventilation, 2 cellules ventilées par la gaine où se fait la mesure de température.
- Mesure de température au point n°2 : 2 cellules en ventilation, 1 cellule ventilée par la gaine où se fait la mesure de température.
- Mesure de température au point n°3 : 2 cellule en ventilation, 1/2 cellule ventilée par la gaine où se fait la mesure de température.

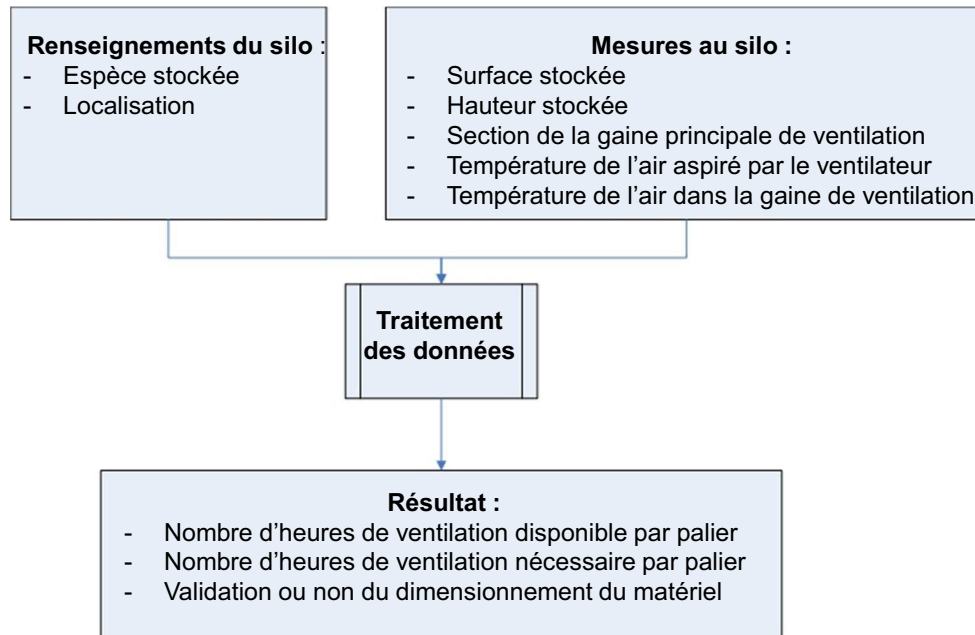
21

Contraintes de l'outil...

- Mise en œuvre sur une seule espèce à la fois
- Si plusieurs cellules en ventilation, nécessité d'avoir des cellules identiques et remplies de manière équivalente
- Nécessité d'avoir des grilles de ventilations propres
- Disposer d'un thermomètre précis au 1/10^{ème} de degré près

22

Test de l'outil dans sa globalité



23

Bilan et perspectives

Un outil novateur d'autodiagnostic des installations de ventilation :

- Outil capable de déterminer l'aptitude d'une installation à réaliser une ventilation de refroidissement en trois paliers
- Outil qui ne nécessite que des mesures métriques et de températures
- Outil rapide à mettre en œuvre

Perspectives :

- Élaboration d'une interface informatique ergonomique de l'outil
- Mise à disposition de l'outil en collaboration avec FranceAgriMer

24

Fixation de LMR et évaluation à priori du risque pour le consommateur (focus sur les produits de traitement des céréales post-récolte)

Gaëlle Vial, Eric Truchot, Claude Vergnet

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses),
Direction des produits réglementés - 253 avenue du Général Leclerc - 94701 Maisons-Alfort cedex
- mël : gaelle.vial@anses.fr, eric.truchot@anses.fr, claudette.vergnet@anses.fr

Résumé

Fixation de LMR : aspects réglementaires

Un nouveau cadre législatif concernant les résidus de pesticides s'applique au niveau européen depuis le 1^{er} septembre 2008 : le Règlement (CE) No 396/2005. Il synthétise un ensemble de directives déjà existantes et fournit un cadre plus clair et plus efficace pour la fixation du niveau des limites maximales applicables aux résidus de pesticides (LMR) établies dans ou sur les denrées alimentaires. L'objectif principal de ce règlement est de permettre la transparence la plus complète vis à vis du niveau des LMR afin que le citoyen soit informé des dispositions prises en matière de sécurité et de santé du consommateur au sein de l'Union Européenne.

Le second objectif de ce règlement est de mettre en place un système global harmonisé concernant les points suivants :

La liste des denrées sur lesquelles sont fixées des LMR

Le niveau des LMR dans ces denrées

Les contrôles effectués sur le respect de ces LMR

Ces objectifs sont liés à 7 annexes, également publiées sous forme de règlements.

- Le premier point, qui concerne l'Annexe I s'est traduit dans deux règlements (178/2006 puis 600/2010), établissant une liste des « denrées alimentaires et aliments pour animaux dont la teneur en résidus de pesticides est soumise à des limites maximales ». D'un point de vue pratique, on est passé d'une base de 174 denrées avant 2008 à 383 denrées aujourd'hui, 316 d'origine végétale et 67 d'origine animale.
- Le second point s'est traduit par la publication des annexes II, III et IV, qui sont régulièrement mises à jour au fur et à mesure des modifications de LMR. L'ensemble des LMR en vigueur au niveau européen est consultable sur le site http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm.
- Pour les denrées consommées essentiellement sous forme transformée, l'annexe VI, non encore publiée, est destinée à définir des facteurs de transformation liant le niveau de résidu dans la denrée brute à celui attendu dans la denrée transformée.
- Le dernier point concerne l'harmonisation des contrôles effectués au sein de l'UE sur le respect des LMR. Il définit le cadre général et fixe les objectifs des programmes communautaires de surveillance. Il harmonise également le mode de présentation des résultats des plans communautaires ainsi que les règles générales sur les sanctions éventuelles.

Evaluation a priori du risque pour le consommateur

Afin de garantir la sécurité du consommateur, il est nécessaire d'évaluer les risques liés aux substances actives et aux produits phytosanitaires *avant* leur mise sur le marché. Après application, les produits phytosanitaires évoluent quantitativement et qualitativement au cours du temps.

- Il est essentiel dans un premier temps de fixer une définition du résidu dans les produits végétaux et éventuellement dans les produits animaux et les produits transformés.
- Ensuite des études où le pesticide est appliqué strictement selon la bonne pratique agricole (BPA) préconisée sont réalisées en conditions pratiques. Les résidus consécutifs à cette application sont analysés en laboratoire. La quantité de substance active ou de ses produits de transformation/dégradation présente dans le végétal à la récolte dépend de plusieurs paramètres. Il s'agit par exemple, de la nature du produit utilisé mais aussi d'un certain nombre de conditions extérieures comme le climat, les conditions d'utilisation, la dose et plus particulièrement le délai avant récolte.
- Les résidus de pesticides présents dans les végétaux traités et consommés par les animaux peuvent se retrouver dans les tissus animaux. Le niveau potentiel d'exposition de l'animal aux résidus est étudié et des études supplémentaires sont éventuellement conduites afin d'estimer le niveau de résidu pouvant être retrouvé dans les produits d'origine animale.
- On vérifie enfin que les niveaux de résidus retrouvés n'entraînent pas de risques pour la santé du consommateur, tant à court terme qu'à long terme.
- Les résultats des différentes expérimentations vont également être utilisés pour fixer les LMR. La LMR est avant tout une norme agronomique et un dépassement de LMR n'est pas obligatoirement synonyme d'un risque pour le consommateur.

Les procédures d'évaluation du risque sont utilisées *a priori*, préalablement à la mise sur le marché d'un produit phytosanitaire, elles sont également utilisées *a posteriori* pour vérifier que la population n'est effectivement pas soumise à un « risque résidu ».

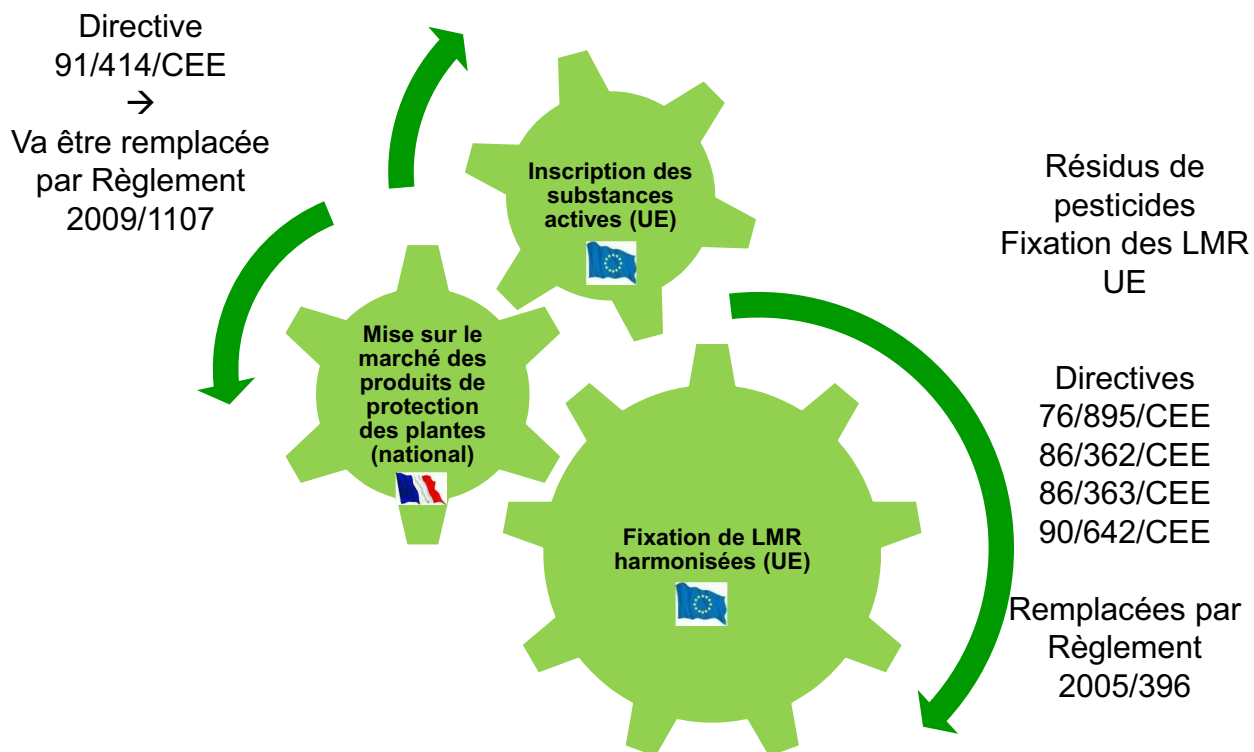
L'ensemble des procédures nécessaires pour l'évaluation du risque *a priori* pour le consommateur et la fixation de LMR sont disponibles sous http://ec.europa.eu/food/plant/protection/pesticides/index_en.htm.

FIXATION DE LMR ET ÉVALUATION *A PRIORI* DU RISQUE POUR LE CONSOMMATEUR

Gaëlle VIAL, ANSES- Direction des Produits Réglementés



CADRE LEGISLATIF



Assurance d'une protection élevée des consommateurs : Règlement 2002/178

MISE SUR LE MARCHÉ DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

EVALUATION DES DOSSIERS SELON LA DIRECTIVE 91/414/CEE

- Identité de la molécule (composition, spécifications)
- Propriétés physico-chimiques
- Méthodes d'analyse
- Toxicologie et santé du travailleur
- Résidus dans les aliments et sécurité du consommateur
- Devenir et comportement dans l'environnement
- Ecotoxicologie
- (Données sur l'efficacité)

+ Révision décennale de l'ensemble de ces données

DIRECTIVE 91/414/CEE

- **Deux niveaux de compétences dans la procédure d'homologation :**
 - Compétence **européenne** pour la **substance active**
(l'inscription d'une substance à l'Annexe 1 dépend de l'ensemble des États Membres)
 - Compétence **nationale (après évaluation zonale)**
pour la **spécialité commerciale** (chaque État Membre est libre d'homologuer ou non une spécialité sur son territoire)

COMPÉTENCE EUROPÉENNE SUR LES SUBSTANCES ACTIVES

- Les valeurs toxicologiques d'une substance active (DJA – ARfD)
- Les Limites Maximales en Résidus (LMR) pour les différents usages d'une substance active

sont adoptées de manière unique et commune par l'ensemble des pays de l'UE

- Liste « positive » des molécules autorisées unique
- DJA, ARfD et LMR uniques

European data base

http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm

Adresse http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.detail

Beta-Cyfluthrin

Status under Directive 91/414/EEC

Status: **Included**

Legislation: **03/31/EC**

Date of inclusion: 01/01/2004

Rapporteur Member State: DE

Remarks:

Category: IN

Review Report 

Expiration of inclusion: 31/12/2013

N° Cipac: 482

Authorisations at national level

Authorised in: AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, UK

In progress for:

Toxicological information

Substance:	ADI:	Source:	ARfD:	Source:	AOEL:
Beta-Cyfluthrin	0.003	Dir 03/31	0.02	Dir 03/31	0.02

EU - Maximum Residue Levels (Reg. (EC) No 396/2005) (MRLs)

Legislation: **Cyfluthrin**
Reg. (EC) No 839/2008
Reg. (EC) No 149/2008

Annexes: **Cyfluthrin**
Annex II
Annex IIIB

DC SANCO 2008 - Page generated in 0.482 seconds

COMPÉTENCE NATIONALE SUR LES PREPARATIONS

Au niveau français, depuis septembre 2006 :

transfert de l'évaluation des dossiers à l'Afssa-DiVE → Anses-DPR

- Origine : Loi d'Orientation Agricole de janvier 2006 et décret n° 2006-1177 du 22 septembre 2006
- Mission : Évaluer les produits phytopharmaceutiques, adjuvants, matières fertilisantes et supports de culture
 - Instruire les dossiers d'AMM et toutes les demandes associées
 - Donner un avis au Ministère chargé de l'Agriculture, qui prend la décision
 - Assurer la publicité des avis et des décisions d'AMM
 - Gérer la banque de données des AMM des produits phytopharmaceutiques, des matières fertilisantes et supports de culture

LIMITES MAXIMALES EN RESIDUS (LMR)

RÈGLEMENT (CE) 2005/396 DU 23/02/05 (JOUE 16/03/05)

Une évaluation européenne harmonisée et transparente garantissant la sécurité du consommateur européen.

Objectifs :

- Lister produits végétaux et animaux auxquels s'appliquent les LMR
- Publier des LMR applicables à tous les E.M. de l'U.E.
- Préciser les règles de contrôle des résidus U.E.

RÈGLEMENT (CE) n°2005/396

- Les évolutions marquantes pour une meilleure protection des consommateurs :
 - Prise en compte d'une plus grande partie de produits agricoles destinés à l'alimentation humaine et animale : nouvelles listes des denrées
 - Couverture de l'ensemble des substances utilisées en agriculture à l'intérieur et à l'extérieur de l'Europe
 - LMR par défaut de 0.01 mg/kg en l'absence d'autorisation sur la culture
 - Sécurité de tous les groupes de consommateur
 - Adultes, bébés, enfants, végétariens,
 - Régimes alimentaires spécifiques aux habitudes alimentaires des états membres
 - Réévaluation permanente des LMR en fonction
 - Niveau de risque pour le consommateur
 - Statut réglementaire de la substance (inscription ou non inscription sur la liste positive européenne)

RÈGLEMENT (CE) n° 2005/396

- Les évolutions marquantes pour une meilleure protection des consommateurs
- Transparence et excellence de l'évaluation :
le rôle central de l'Autorité européenne de sécurité des aliments
- Coordination et publication des évaluations des données sur les substances actives
 - Nouvelles demandes de LMR
 - Plans de surveillance et de contrôle des LMR communautaires coordonnés
 - Disponibilité d'une base de données des LMR européennes
- Evaluations des demandes de LMR
 - Evaluation et **décision européenne** avant autorisation
 - LMR compatible avec la pratique agricole dans les différents états membres
 - En garantissant la sécurité du consommateur**

RÈGLEMENT (CE) n° 2005/396

- Annexe I : Liste des produits végétaux et animaux
- Annexe II : LMR harmonisées existantes
- Annexe III : LMR provisoires des s.a. dont l'inscription à l'annexe I de la directive 91/414 est encore en cours
- Annexe IV : s.a. ne nécessitant pas de LMR
- Annexe V : LQ applicables par défaut (0.01 mg/kg...)
- **Annexe VI : Facteurs de transfert (produits transformés)**
- Annexe VII : Dérogation fumigation

Annexe I du règlement 2005/396 (Règlement 600/2010)

383 denrées
(316 végétaux,
67 animaux)

(174 dans les
directives de
1986, 1990)

	A	B	C	D	E	F	G
	Code	Groups to which the MRLs apply	Examples of products	Related varieties or other products included		Scientific Name	Parts of the products to which the MRLs apply
3	100000	I. FRUIT; FRESH, DRIED OR UNCOOKED,					Whole product
4	110000	(i) CITRUS FRUIT					Whole product
5	110020		Grapefruit and pomelos	Shaddocks, sweeties, tangelo, ugli and		<i>Citrus paradisi</i> Macf	
6							
7							
8							
9	110030		Oranges	Bergamot, bitter orange, chinotto and other hybrids		<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	
10							
11							
12	110040		Lemons			<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f	
13	110050		Limes			<i>Citrus aurantifolia</i> Swingle	
14	110060		Mandarins	Clementines, tangerine and other hybrids		<i>Citrus reticulata</i> blanco	
15							
16	110990		Others				
17	120000	(ii) TREE NUTS					Whole product after removal shell (except chestnut)
18	120010		Almonds			<i>Prunus dulcis</i> (mill.)	

Annexe II du règlement 2005/396

• Compilation des LMR publiées dans les Directives:

- | | |
|--------------|-------------------|
| - 76/895/CEE | Fruits et Légumes |
| - 86/362/CEE | Céréales |
| - 86/363/CEE | Produits animaux |
| - 90/642/CEE | Fruits et Légumes |

(Regroupe les LMR harmonisées des s.a. incluses/non incluses)

Base de données européenne sur les LMR sous :

http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm

Annexe III du règlement 2005/396

- Compilation des LMR provisoires harmonisées des substances actives en cours d'évaluation

Publication désormais sous forme de règlement
Harmonisation finalisée depuis le 01/09/2008

(Règlements : 2008/149 , 2008/839, 2009/256, 2009/822, 2009/1050, 2009/1097, 2010/304, 2010/459, 2010/459, 2010/750, 2010/765, 2010/893)

Point sur Annexe VI

- 1^{ère} réunion : septembre 2009
- Idée aujourd'hui:
 1. Etablir une liste « type » de process à considérer, et des extrapolations possibles (base OCDE)
 2. Fixer des FT « par défaut » pour des process « simples », basés sur teneur en MS (dessication) ou en huile (huiles)
 3. Proposer des FT « par défaut » basé sur les données d'études « mass balance » disponibles
 4. Proposer de « vrais » FT par s.a. suivant données disponibles (EFSA)
 5. Objectif : draft mi/fin 2011.

ÉVALUATION DE LA PARTIE « RÉSIDU » D'UN DOSSIER

FIXATION DES LMR

Évaluation d'un dossier « résidu / LMR »

Etudes	Plantes	Animaux	Process	Rotation
1 - Métabolisme «QUALITATIF»	Métabolisme Plantes (5 groupes)	Métabolisme chèvre/poule	Hydrolyse	Cultures de rotation
Définition résidu	dans la plante	Produits animaux	Produits transformés	Cultures suivantes
	Stabilité des résidus au stockage			
2 - Essais «QUANTITATIF»	Essais résidus	Etude d'alimentation	Etude de transformation	Etude de rotation
Propositions / conformités	LMR plante	LMR animaux	Facteur de transfert	LMR cult. suivantes
3 - Risque consommateur	Les LMR proposées conduisent / données d'exposition PRIMo : - à un AJMT/AJEI < DJA - à un ACTEI < ARfD			

FIXATION DES LMR

Chaque LMR résulte d'un usage et de bonnes pratiques agricoles associées

1. Définition du résidu

- Métabolisme plante
- Métabolisme animaux d'élevage
- Rotations culturales
- Devenir lors des transformations industrielles/prép. domestiques

2. Identification de la Bonne Pratique Agricole critique

- Dose appliquée, nombre d'applications, intervalle entre application, délai avant récolte, cumul éventuel de pratiques

3. Essais à la BPA critique

- Dans les conditions de la pratique agricole critique, différentes régions, différentes saisons, en nombre suffisant
- Exploitation de la population des résultats obtenus, caractérisation de la distribution => proposition d'une valeur de LMR

FIXATION DES LMR

- **LMR = valeur permettant à un producteur, respectant les bonnes pratiques agricoles définies, de délivrer des denrées conformes**
- **Proposition de LMR pour chaque usage revendiqué à partir des essais réalisés sur chaque culture**
- **Évaluation du risque pour le consommateur de ces propositions de LMR = confrontation des propositions de LMR aux données de consommation et aux valeurs toxicologiques de référence**

Modèle « PRIMo » Pesticide Residue Intake Model = Base de l'évaluation du risque consommateur

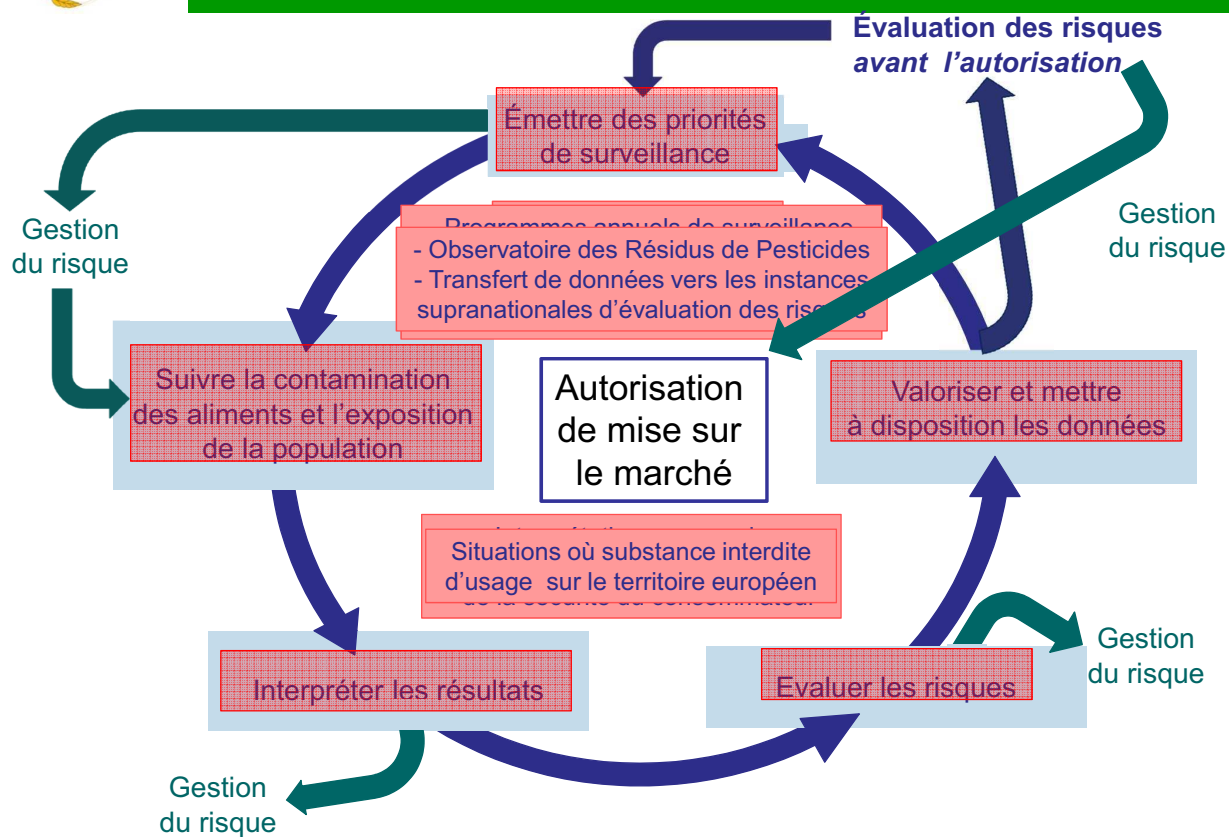
- Outil d'évaluation du risque chronique et aigu
- PRIMo n'est pas un nouveau modèle, mais une combinaison des modèles nationaux et internationaux disponibles



CONCLUSION

Limites Maximales en Résidu:

- **Valeur liée à des usages agronomiques**
 - une dose, un nombre d'applications, un DAR, BPAC susceptible d'évoluer
- **Donnée permettant d'évaluer le risque pour le consommateur**
 - évaluation à partir d'un ensemble de LMR
 - évaluation sur la base de régimes alimentaires qui évoluent
- **Outil « transparent » pour la protection du consommateur et les échanges internationaux**



Caractérisation *a posteriori* du risque alimentaire lié aux résidus de pesticides : cas des substances actives utilisées en post-récolte en France

Alexandre Nougadère ⁽¹⁾, Olivier Briand ⁽¹⁾, Eric Truchot ⁽²⁾, Claude Vergnet ⁽²⁾, Jean-Luc Volatier ⁽¹⁾, Jean-Charles Leblanc ⁽¹⁾

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses),

(1) Direction de l'évaluation des risques

- mël : alexandre.nougadere@anses.fr

(2) Direction des produits réglementés

- mël : eric.truchot@anses.fr

Résumé

Dans l'Union Européenne, l'évaluation, l'autorisation, la mise sur le marché et le contrôle post-homologation (*a posteriori*) des produits phytosanitaires (notamment la surveillance des résidus de pesticides dans les aliments) sont harmonisés par les règlements (CE) n°1107/2009 et 396/2005. Ce cadre réglementaire vise à garantir la sécurité sanitaire des aliments pour les consommateurs européens.

En France, les Directions de l'évaluation des risques et des produits réglementés de l'Anses travaillent en lien étroit avec les Directions ministérielles en charge de la surveillance des résidus de pesticides, pour évaluer l'exposition alimentaire et le risque *a posteriori* pour les consommateurs, à partir de méthodes et d'indicateurs standardisés au niveau international ou développés par l'Anses. Basés sur des données de consommation individuelles et sur les niveaux résiduels (théoriques ou résultats des programmes de surveillance des administrations), ces indicateurs sont mis à jour annuellement pour près de 500 substances actives susceptibles d'être présentes dans les aliments. Les calculs d'exposition tiennent compte de l'ensemble du régime alimentaire de chaque sous-groupe de population (adultes, enfants). L'Anses contribue ainsi à l'orientation des plans de surveillance par la publication annuelle d'avis relatifs aux combinaisons substance/aliment prioritaires en termes de surveillance.

Concernant les céréales et oléagineux, trois types de résidus de substances actives phytosanitaires sont susceptibles d'être détectés dans les grains commercialisés : (a) substances utilisées au champ ; (b) substances utilisées pour le traitement des grains récoltés ; (c) substances utilisées pour le traitement des locaux de stockage vides.

Compte tenu de délais pouvant être courts entre les traitements et la consommation, les substances utilisées en post-récolte des grandes cultures doivent faire l'objet d'une surveillance spécifique, en vue de prévenir et de maîtriser les risques sanitaires chroniques et aigus pour les consommateurs.

Parmi 76 substances actives détectées en Europe en 2008 dans les céréales brutes (grains de riz...) et semi-transformées (farines, semoules...), quinze sont autorisées en France pour le traitement des grains récoltés ou des locaux de stockage. Au niveau national, 11 substances actives ont été détectées cette même année dans les céréales ou oléagineux par la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF). Six de ces substances étaient autorisées en 2008 comme insecticides des grains de céréales récoltés et des locaux de stockage (pyrimiphos-méthyl, chlorpyrifos-méthyl, deltaméthrine, malathion, dichlorvos et bifenthrine).

Les estimations les plus réalistes de l'exposition chronique - via le calcul de l'apport journalier estimé (AJE) à partir des résultats de ces plans de surveillance - montrent qu'aucune de ces six substances actives ne présente de risque chronique pour les consommateurs français. La probabilité de dépassement de la dose journalière admissible (DJA) est nulle pour les adultes et les enfants. De même, ces substances ne présentent pas de risque aigu (aucun

dépassement de la dose de référence aiguë (ARfD) par l'apport court terme estimatif pour les adultes et les enfants), à l'exception du dichlorvos pour lequel on ne peut conclure en l'absence d'ARfD validée au niveau européen.

Certains insecticides autorisés pour la fumigation des locaux de stockage pleins (phosphore d'aluminium et de magnésium, fluorure de sulfuryl) ne sont à ce jour pas recherchés en France. Concernant les phosphures, les résultats d'estimations théoriques récentes montrent une absence de risque chronique et aigu. Concernant le fluorure de sulfuryl, il existe une probabilité très faible (<1%) de dépassement de la DJA chez les enfants. Ce risque possible ne peut être écarté en l'absence de données résiduelles nationales qui permettraient d'affiner l'estimation par le calcul de l'AJE. Par conséquent, il est recommandé d'intégrer la recherche de cette substance dans le cadre des plans de surveillance nationaux correspondants.

Les résultats de ces appréciations quantitatives du risque peuvent évoluer rapidement selon l'avancée des connaissances scientifiques (notamment toxicologiques). Enfin, l'Agence rappelle que certaines des substances actives considérées sont également autorisées pour d'autres usages et donc susceptibles de contribuer à l'exposition globale des populations aux résidus de pesticides (insecticides ménagers, antiparasitaires vétérinaires...).

Mots clés : céréales, oléagineux, post-récolte, sécurité sanitaire, résidus de pesticides, usages autorisés, évaluation de l'exposition, caractérisation du risque.

Références :

ANSES, 2010, Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire relatif au programme 2011 de surveillance des résidus de pesticides dans les aliments, Saisine n°2010-SA-0110, 22 p.

EFSA, 2010, 2008 Annual report on pesticide residues according to Article 32 of Regulation (EC) No 396/2005. 162 p. + annexes.

Nougadère A., Reninger J.C., Volatier J.L., Leblanc J.C., 2011, Chronic dietary risk characterization for pesticide residues: A ranking and scoring method integrating agricultural uses and food contamination data. *Food Chem. Toxicol.* **49**(7) : 1484-1510.

Caractérisation du risque alimentaire lié aux résidus de pesticides : cas des substances actives utilisées en post-récolte en France

Alexandre Nougadère

Observatoire des Résidus de Pesticides (ORP)

Direction de l'Évaluation des Risques (DER)



Quels résidus de substances actives phytosanitaires peuvent contaminer les grains de céréales et oléagineux en France ?

■ Substances actives phytosanitaires inscrites à l'annexe 1 (Directive 91/414/CEE) et utilisées :

➤ au **stade de la culture** pour protéger les végétaux contre les organismes nuisibles au champ

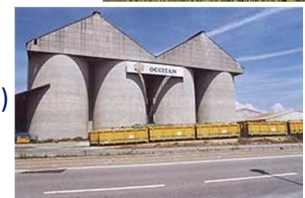
➤ au **stade « post-récolte »** pour le **traitement des grains de céréales récoltés**

(ex. : pyrimiphos-méthyl, chlorpyrifos-méthyl, malathion, deltaméthrine, cyperméthrine, phosphures d'aluminium et de magnésium, fluorure de sulfuryl...)



➤ pour le **traitement des locaux de stockage**

(ex. : phosphures, fipronil, imidaclopride, pyréthrine...)



■ **Résidus de pesticides** : substances actives, métabolites et produits de dégradation (WHO, 1997)

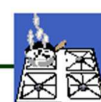
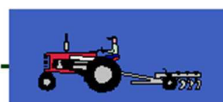
Pour chaque substance active, la **définition du résidu** est spécifique à :

➤ **la surveillance et au contrôle** selon le règlement (CE) n°396/2005 (ex. : pour le malathion, il s'agit de la somme du malathion et de son métabolite malaoxon, exprimée en malathion)

➤ **l'évaluation du risque** selon les conclusions des instances d'évaluation (ex. : somme du malathion, malaoxon, diméthyl-malathion, acides mono- et di- carboxyliques (malathion), exprimée en malathion)

3 voies d'exposition humaine aux résidus de pesticides :

- voie cutanée
- voie respiratoire
- alimentation



L'évaluation du risque pour le consommateur lié aux résidus de pesticides est réalisée à 2 niveaux

Evaluation *a priori*

(pré-homologation)

EFSA ↔ ANSES / DPR



- Evaluation des **substances actives** et des dossiers de demande d'autorisation de mise sur le marché (AMM) de **produits phytosanitaires** (évaluation de l'efficacité et des risques environnementaux et sanitaires)

- Evaluations préalables à une décision d'inscription (ou de non-inscription) d'une substance active à l'Annexe 1 du Règlement (CE) 1107/2009 (liste de substances actives autorisées en Europe) ou à une AMM pour une spécialité phytosanitaire.

Evaluation *a posteriori*

(post-homologation)

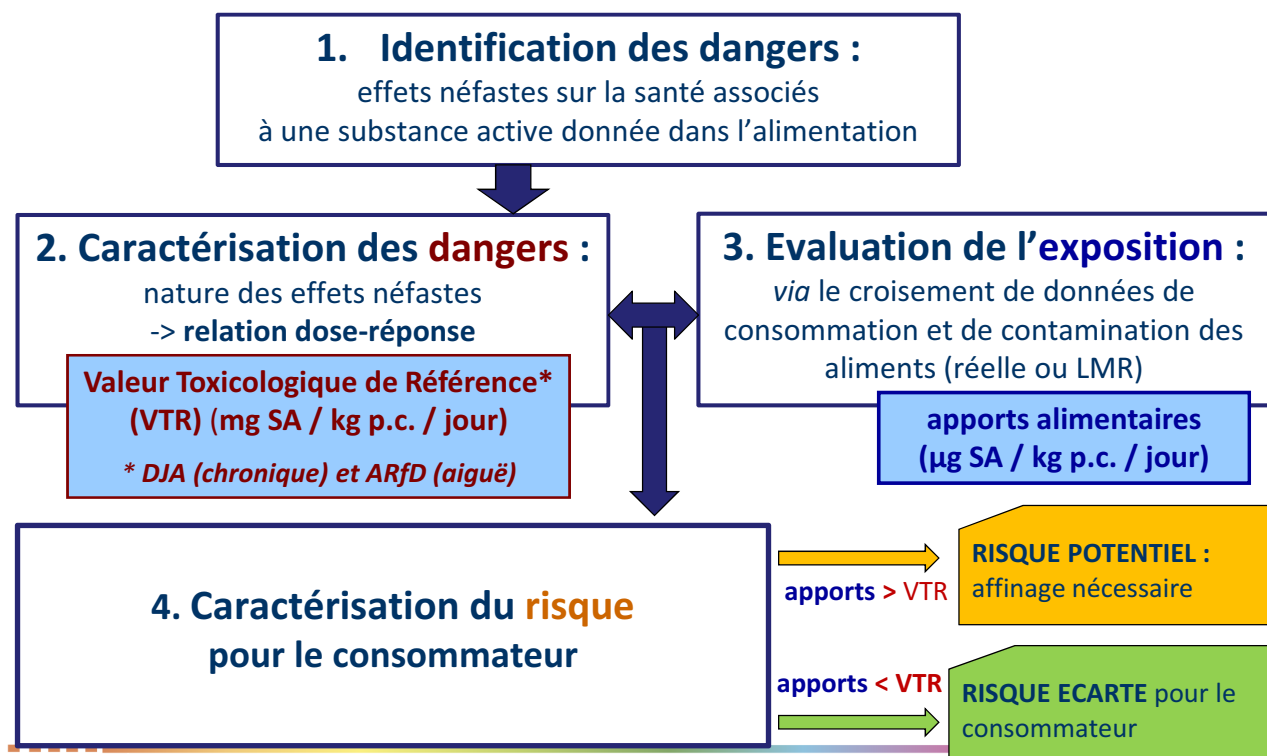
EFSA ↔ ANSES / DER

- Calcul des **expositions** aux résidus de pesticides à partir :
 - d'études sur les **consommations alimentaires**
 - d'études et données sur les **utilisations agricoles**
 - des **résultats des plans de surveillance** des administrations et d'**études spécifiques** (ex : EAT).



- **Caractérisation du risque alimentaire** lié aux utilisations actuelles et passées (substances retirées et polluants organiques persistants)

Les étapes de l'évaluation des risques alimentaires



Estimation de l'exposition du consommateur

Principe fondamental

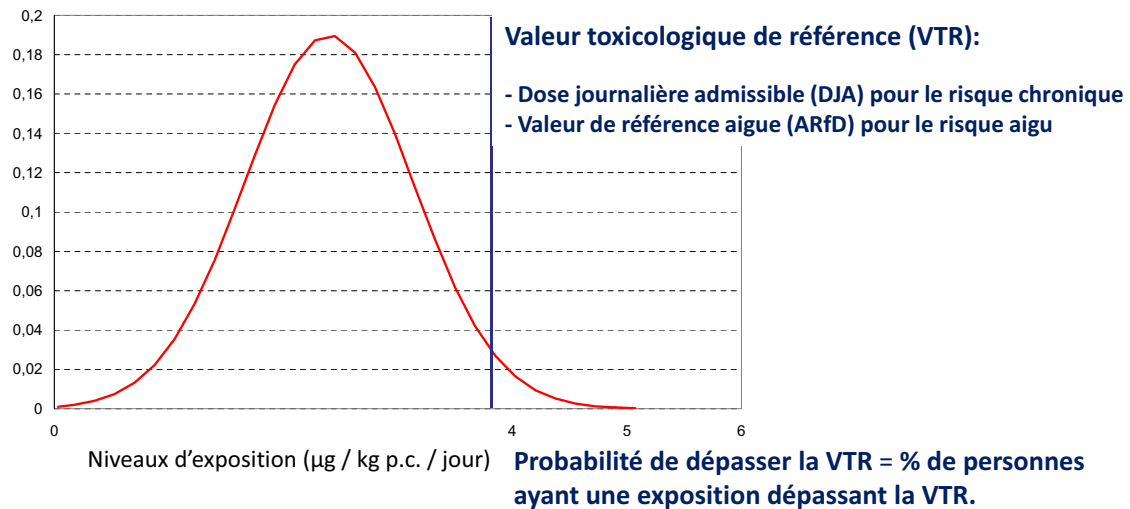
Quantité apportée par chaque aliment	Quantité consommée	Niveau résiduel	
	= 141,9	x 0,0093	Exposition chronique - Consommation moyenne - Contamination moyenne observée dans chaque aliment Exposition aiguë - Consommation un jour donné - Un aliment très fortement contaminé (97,5 ^{ème} percentile de contamination observée) . Contamination moyenne des autres aliments
+ 	= 198,4	x 0,0009	
+ 	= 191,5	x 0,0076	
+ 	= 541,4	x 0,0025	
+ 	= 315,0	x 0,0007	

Apports totaux = exposition par l'ensemble du régime alimentaire

Par personne, on multiplie la **consommation** de chaque aliment par son **niveau résiduel** (LMR ou teneurs mesurées), on somme les apports, puis on divise par le poids corporel.

Caractérisation du risque alimentaire

✓ Calcul réalisé au niveau individuel puis distribution des expositions par population étudiée



Une substance est considérée comme prioritaire en terme de surveillance si la probabilité de dépasser la VTR n'est pas nulle (IC=95%)

Principales contraintes pour évaluer l'exposition alimentaire aux résidus de pesticides

- **Diversité des habitudes de consommation :**
au sein de la population, aux différentes périodes de la vie
- **Multiplicité des molécules :** 1264 substances actives dont 399 autorisées
(inscrites à l'Annexe 1 de la Dir. 91/414/CEE au 03/05/2011)
- **Ubiquité dans les aliments :** denrées d'origine végétale, animales et eaux de consommation



Nécessité de hiérarchiser les pesticides à surveiller dans l'alimentation pour fixer des priorités de surveillance *a posteriori*

Exposition alimentaire chronique : hiérarchisation des substances actives pour la surveillance *a posteriori*

ETAPE 1 : AJMT (Apport Journalier Maximum Théorique)
+ critères environnementaux (POP)

-> **liste exhaustive** de substances prioritaires *

ETAPE 2 : AJMT corrigé selon utilisations réelles de pesticides

-> **liste affinée** de substances prioritaires utilisées en France *

ETAPE 3 : AJE (Apport Journalier Estimé)

-> **liste affinée** de substances prioritaires détectées dans les aliments *

* et identification des aliments contributeurs

Approche maximaliste

Niveau de contamination fixé à la norme (LMR)

Approche maximaliste ajustée

en fonction des utilisations agricoles (enquêtes) et des autorisations d'usage

Approche plus réaliste

Prise en compte de la contamination réelle des aliments à partir des résultats :

- des plans de surveillance des administrations
- d'études spécifiques (ex : Etude de l'Alimentation Totale)

Plus d'information nécessaire

ETAPE 1 : calcul de l'Apport Journalier Maximum Théorique (AJMT)

AJMT : quantité maximale théorique d'une substance donnée qu'un individu est susceptible d'ingérer quotidiennement tout au long de sa vie (en µg SA / kg p.c. /jour) (WHO, 1997)

$$AJMT_p = \sum_{a \in A_p} C_a LMR_{p,a}$$

A_p la liste des aliments pour lesquels une LMR est établie pour le pesticide p ,
 C_a la quantité d'aliment a consommée,
 $LMR_{p,a}$ du pesticide p dans l'aliment a .

Données de consommation individuelles et nationales :

- étude INCA2 (2006-2007 : 4079 personnes enquêtées / 1 semaine)

Données résiduelles théoriques (hypothèse de contamination) :

- toutes les cultures sont traitées
- aucune dégradation du pesticide n'a lieu entre le traitement et la consommation
- **niveau résiduel** fixé à la LMR

➤ **AJMT calculé pour 424 SA ayant une DJA et au moins une LMR (190 aliments « bruts »)**

➡ **55 substances dont AJMT moyen > DJA (enfants et/ou adultes) (Nougadère et al. 2011)**



ETAPE 2 : AJMT corrigé en fonction des utilisations agricoles réelles

Prise en compte des utilisations de pesticides et des niveaux d'importation des aliments

Ajustement du niveau résiduel théorique par denrée :

2 situations :

1/ pour la part de denrée consommée produite sur le territoire :

- si pesticide non utilisé -> absence de résidus
- si pesticide utilisé -> LMR européenne ou par défaut 0,01 mg/kg

2/ pour la part de denrée consommée issue d'importations ⁽¹⁾ :

- LMR européenne ou par défaut 0,01 mg / kg

⁽¹⁾ *moyenne des importations sur les 2 à 5 dernières années* (Sources : SCEES, Eurostat, CTIFL)



42 SA avec AJMT corrigé moyen > DJA (Nougadère et al., 2011)

ETAPE 3 : calcul de l'apport journalier estimé (AJE)

METHODE :

Aliments contaminés aux **niveaux moyens mesurés** dans le cadre des programmes de surveillance et de contrôle des administrations (Cf. verso) (ANSES, 2010a)

Pour les résultats détectés : estimation du niveau d'exposition entre **2 bornes** (GEMS/Food, 1995) :

- une **borne basse** (scénario « optimiste ») :
 - résultats non détectés = 0
 - traces = limite de détection (LOD)
- une **borne haute** (scénario « protecteur ») :
 - résultats non détectés = LOD
 - traces = limite de quantification (LOQ)

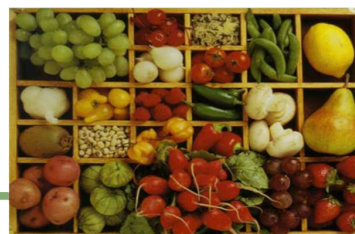
1/ Probabilité (IC=95%) de dépasser la DJA = % individus dont AJE > DJA

2/ Calcul des AJE moyens et p95 (% DJA) sur bornes basse et haute
(enfants et adultes séparément)



Programmes de surveillance et de contrôle des administrations : analyses de résidus dans les aliments bruts ou semi-transformés et dans les eaux destinées à la consommation humaine

- **Contrôle de la conformité des produits et des bonnes pratiques**
- Vérification du respect des LMRs et des usages autorisés
- Résultats d'analyse utilisés par l'Anses pour l'estimation de l'exposition alimentaire
- **Réalisation annuelle par les Directions Générales de la :**
 - Santé (DGS) => **eaux de consommation**
 - Concurrence, Consommation et Répression des Fraudes (DGCCRF) :
pour les **denrées végétales** (analyses à la commercialisation)
 - Agriculture (DGAL) pour les **denrées animales et végétales*** (*analyses à la production)



Risque aigu : calcul de l'Apport Court Terme Estimatif (ACTE)

- Selon les lignes directrices internationales, l'exposition liée à une contamination extrême est étudiée distinctement pour chaque aliment (WHO, 1997).
- L'exposition aiguë est estimée pour les combinaisons *pesticide-aliment* pour lesquelles :
 - un résidu a été quantifié au moins une fois en 2008
 - il existe une dose de référence aiguë (Acute Reference Dose, ARfD)
 - l'aliment est consommé par au moins un individu de l'étude INCA2 (ANSES, 2010)
- **Hypothèse de calcul :**
 - Calcul effectué par individu, comme pour le risque chronique
 - **97,5^{ème} percentile de contamination** (résultats des programmes 2008 des administrations)
 - Les autres denrées sont considérées comme étant contaminées à un niveau moyen
- **L'exposition individuelle est comparée à l'ARfD.** La probabilité de dépasser l'ARfD est estimée pour chaque sous-groupe de population pertinent au regard du risque aigu : enfants de 3 à 6 ans, de 7 à 10 ans, de 11 à 14 et les adultes (ANSES, 2010)

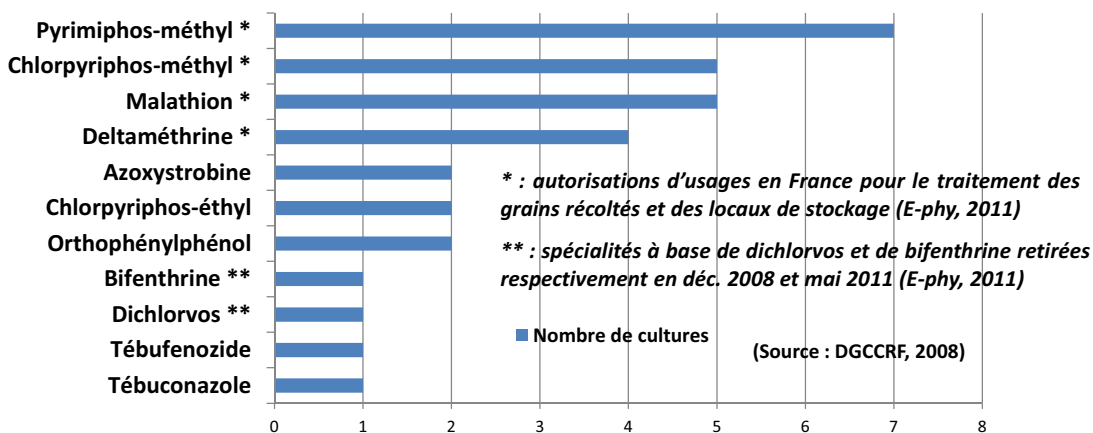
Résultat des programmes de surveillance des 27 Etats membres et du programme coordonné européen 2008

(Source : EFSA, 2010)

- Céréales, tout usage confondu (applications aériennes, post-récolte...) :
 - 76 substances actives détectées dans les aliments bruts ou semi-transformés dont **15 autorisées pour le traitement des grains récoltés ou des locaux de stockage en France**
 - principales substances détectées :
 - **utilisées en « post-récolte »** : pyrimiphos-méthyl, chlorpyriphos-méthyl, malathion, deltaméthrine (et son synergiste pipéronyl butoxyde), phosphine (fumigation) ...
 - **utilisées en cours de culture** : bromures, carbendazime, chlorméquat, mépiquat, glyphosate, tricyclazoles, tébufenozide...
 - 1,5% de dépassements de LMR (sur 3931 échantillons analysés) (ex : carbendazime/riz)
 - **Aucun risque sanitaire** n'est mis en évidence par l'Efsa pour ces substances

Résultat des programmes de surveillance nationaux 2008 (céréales et oléagineux)

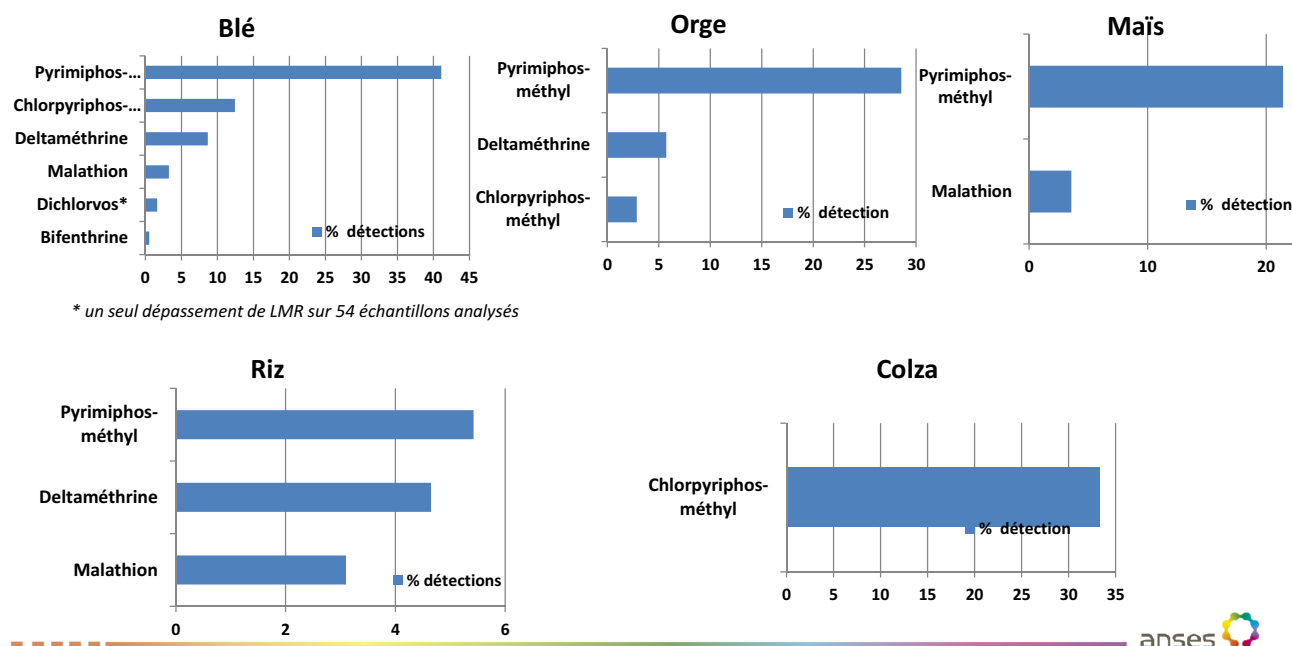
Substances actives détectées dans des aliments bruts (grains de riz...) ou semi-transformés (farines de blé, semoules...)



- 11 substances actives détectées en 2008 dont **4 toujours autorisées en 2011** comme insecticides des grains récoltés et des locaux de stockage en France

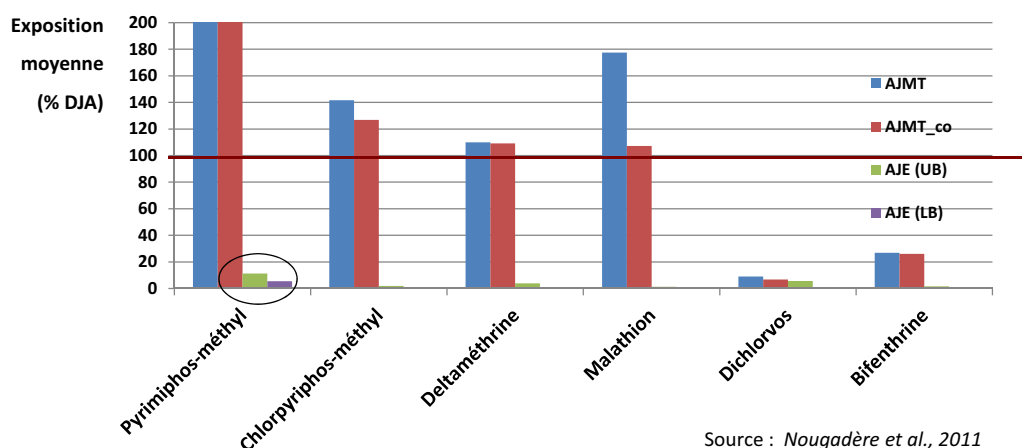
Résultat des programmes de surveillance nationaux 2008 : fréquences de détection par culture et par substance

- 6 insecticides détectés dans des produits semi-transformés (farines, semoule...) (DGCCRF, 2008)



Résultats pour l'exposition alimentaire chronique

(exemple : exposition des enfants de 3 à 17 ans)



➤ Sur 6 insecticides détectés, 4 présentent un risque théorique (AJMT corrigé > DJA) pouvant être écarté après affinage de l'évaluation (aucun dépassement de DJA par l'AJE et par aucun individu).

➤ Avec l'estimation la plus réaliste, la moyenne d'exposition (AJE_LB) se situe entre 0,1% (bifenthrine) et 5,5% (pyrimiphos-méthyl) de la DJA pour les enfants.

➤ La probabilité de dépassement de la DJA (IC=95%) est nulle pour les enfants et les adultes, quelle que soit l'hypothèse de contamination considérée (LB et UB).

Résultats pour l'exposition alimentaire aiguë

- **Aucune céréale ni oléagineux ne présente de dépassement de la valeur de référence aiguë (ARfD)** pour l'ensemble des substances actives utilisées en grandes cultures, y compris pour les substances utilisées pour le traitement des grains récoltés et la désinsectisation des locaux de stockage (ANSES, 2010).
- Parmi les substances autorisées pour le traitement des grains récoltés, **seule la cyperméthrine présente un risque aigu non nul pour les consommateurs, uniquement pour certains légumes** (ex. : tomates, aubergines, laitues) (ANSES, 2010).
- **Risque aigu non caractérisé pour le dichlorvos par absence d'ARfD validée** (mais substance non inscrite à l'annexe 1 en 2007 = retrait communautaire).

Des développements analytiques recommandés en France pour certains insecticides utilisés comme fumigants

- Des développements analytiques sont attendus pour permettre une estimation de l'exposition affinée (AJE) pour certains insecticides utilisés par fumigation des locaux de stockage des grains récoltés (substances actuellement non recherchées en France)
- Substances autorisées en Europe pour le traitement des grains récoltés (fumigation) :
 - phosphore d'aluminium et de magnésium (phosphures et phosphine)
 - fluorure de sulfuryl
- EFSA : les résultats du modèle européen PRIMO basé sur le calcul de l'AJMT montre une absence de risque chronique et aigu au stade de l'évaluation *a priori* (EFSA, 2008)
- ANSES :
 - **Phosphines et phosphures** : aucun dépassement théorique de la DJA de l'Efsa (0,01 mg/kg pc/j) par l'AJMT (Nougadère et al., 2011).
 - **Fluorure de sulfuryl** : probabilité non nulle de dépassement de la DJA par l'AJMT (ANSES, 2010a)

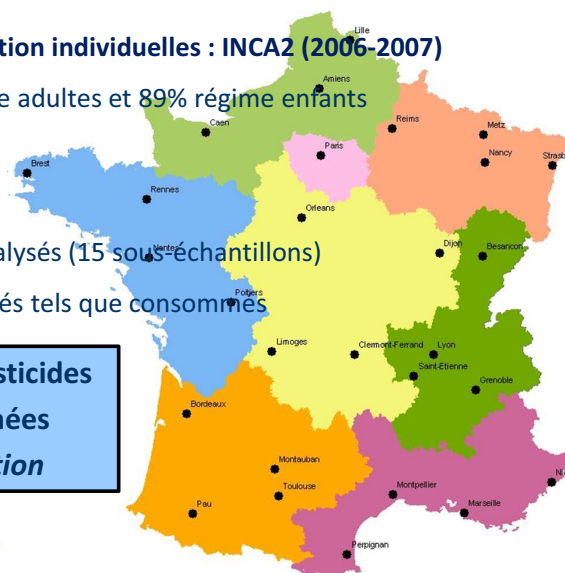
Seconde Etude de l'Alimentation Totale (EAT2) (2006-2011)

- 5 ans après l'EAT1, l'ANSES conduit la première EAT française sur les résidus de pesticides dans les **aliments tels que consommés** (transformés/cuisinés)
- *Eléments traces et minéraux, contaminants de l'environnement, phytoestrogènes, additifs, acrylamide, mycotoxines et **résidus de pesticides (283 substances actives)***

Résidus de pesticides :

- ✓ **Nouvelles données de consommation individuelles : INCA2 (2006-2007)**
- ✓ **194 aliments** couvrant 88 % régime adultes et 89% régime enfants
- ✓ **8 grandes régions** (36 villes)
- ✓ **2 vagues saisonnières** par région
- ✓ **1 235 échantillons** composites analysés (15 sous-échantillons)
- ✓ **20 000 produits** achetés et préparés tels que consommés

150 000 résultats d'analyses pesticides
283 substances actives recherchées
=> Rapport en cours de publication



Conclusions et Perspectives

- Le risque lié à l'exposition chronique ou aiguë aux résidus de substances actives actuellement autorisées en traitement de post-récolte en France (grandes cultures) ne présente à ce jour pas un problème de santé publique, compte tenu des niveaux résiduels observés au stade de la commercialisation (farines...)
- Ces résultats seront comparés à ceux de la première étude de l'alimentation totale (EAT2) française sur les résidus de pesticides menée par l'Anses (2006-2011) (en cours de publication)
- Une meilleure prise en compte de sous-groupes de populations via l'étude de l'alimentation totale infantile (2010-2013)



- Des développements méthodologiques pour l'évaluation des expositions combinées (programme de recherche "Périclès")
- Vers une évaluation intégrant différentes sources d'exposition (programme national de biomonitoring actuellement en cours)

Merci de votre attention !

Pour aller plus loin...

- **ANSES, 2010a**, Avis de l'ANSES relatif au programme 2011 de surveillance des résidus de pesticides dans les aliments, saisine n°2010-SA-110, 22 p.
- **ANSES, 2010b**, Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France. Synthèse et recommandations du comité d'orientation et de perspectives scientifiques de l'ORP. Rapport Scientifique. P. 354.
- **EFSA, 2008**, Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance aluminium phosphide, EFSA Scientific Report (2008) **182**, 1-78
- **EFSA, 2010**, 2008 Annual Report on Pesticide Residues according to Article 32 of Regulation (EC) No 396/2005, EFSA Journal 2010; **8**(6):1646
- **Ménard C., Héraud F., Nougadère A., Volatier J.L., Leblanc J.C., 2008**, Relevance of integrating Agricultural Practices in Pesticide Dietary Intake Indicator, *Food Chem. Toxicol.*, **46**(10) : 3240-3253.
- **Nougadère A., Reninger J.C., Volatier J.L., Leblanc J.C., 2011**, Chronic dietary risk characterization for pesticide residues: A ranking and scoring method integrating agricultural uses and food contamination data, *Food Chem. Toxicol.*, **49**(7) : 1484-1510.
- **Site internet de l'ANSES** : www.anses.fr
- **WHO, 1990**, The Public health impact of pesticides used in agriculture. WHO, Genève
- **WHO, 1997**, Guidelines for predicting dietary intake of pesticides residues (revised). Prepared by the Global Environment Monitoring System - Food Contamination Monitoring and Assessment Programme (GEMS/Food) in collaboration with the Codex Committee on Pesticide Residues. WHO, Geneva (CH), 33 p.

Détermination des facteurs de transfert des résidus de pesticides des céréales traitées aux produits transformés par une approche expérimentale *a priori*

Francis Fleurat-Lessard

INRA UR 1264 Mycologie et Sécurité des Aliments - 71, avenue Edouard Bourleaux – BP n° 81, 33883 Villenave d'Ornon Cedex, France
- mèl : francis.fleurat-lessard@bordeaux.inra.fr

Résumé

Pour satisfaire aux exigences de qualité sanitaire du marché des céréales, les organismes stockeurs doivent en permanence gérer les risques d'infestation par les insectes granivores : à la mise sur le marché des lots de grains, l'absence d'insectes vivants est la norme commerciale universelle. Les défauts de qualité sanitaire des lots de grains commercialisés (comme la présence d'insectes vivants) sont souvent utilisés pour obtenir des réfections pour non-respect des cahiers des charges de l'acheteur ou peuvent être à l'origine de litiges commerciaux, même si cette présence n'occasionne pas de perte de qualité vraiment significative dans l'absolu. Les espèces d'insectes les plus dangereuses pour les grains stockés et les plus difficiles à combattre sont celles dont le développement a lieu à l'intérieur du grain, comme les charançons (*Sitophilus* spp.), le capucin (*Rhizopertha dominica*) et l'alucite du maïs et du riz (*Sitotroga cerealella*). Les stades juvéniles de ces espèces (œufs, larves, nymphes et adultes pré-émergents) sont logés à l'intérieur du grain et sont transportés avec le lot de grain, sans possibilité de séparation des grains infestés du reste des grains sains. La méthode de lutte contre les insectes nuisibles aux stocks de céréales la plus répandue en France est l'application d'insecticides liquides sur les grains. L'analyse de l'ensemble des résidus de pesticides dans les céréales brutes avant transformation en aliment montre que les résidus de substances actives autorisées en traitement des grains après la récolte sont les plus fréquemment rencontrés (cf. données de l'observatoire national des résidus de pesticides). Les substances actives formulées sont autorisées à une dose maximale d'application (= dose « homologuée ») qui est en relation directe avec la limite maximum de résidus (**LMR sur grain**), qui garantit le respect de la dose journalière tolérable (**DJT**), critère de base de la prévention des risques pour la santé du consommateur final, tenant compte de la somme des LMR de la même substance active sur l'ensemble des produits alimentaires de base susceptibles d'en contenir (cf. présentations précédentes de l'Anses). Actuellement, les matières actives autorisées pour ces traitements sont persistantes et leurs résidus vont se retrouver dans les produits céréaliers transformés.

Le questionnement abordé par nos recherches (de 1997 à 2006) a été celui du devenir des résidus de pesticides au moment de la transformation des céréales traitées après récolte : **que deviennent les résidus des grains dans les produits transformés, jusqu'à l'aliment prêt à consommer ?** Des expérimentations (traitement des grains, conservation en conditions contrôlées de température et d'humidité des grains, puis transformation par voie sèche (meunerie, semoulerie de blé dur ou de maïs) ou par voie humide (malterie-brasserie) ont été réalisées avec les objectifs suivants : a) Modéliser les profils de dégradation des résidus et la rémanence des effets insecticides selon les conditions de stockage des grains traités ; b) Etablir des bilans de répartition des résidus dans les produits de transformation, pour chaque procédé et chaque type de céréale ; c) Déterminer, à partir de ces bilans, les « facteurs de transfert » des teneurs en résidus du grain aux différents produits de transformation « standard » pour chaque céréale.

Les résultats marquants correspondant aux deux premiers objectifs (publiés dans des périodiques scientifiques) ont été les suivants : a) Les conditions de conservation des grains

traités influencent la vitesse de dégradation des résidus et la durée de l'efficacité insecticide ; b) Les profils de dégradation des teneurs en résidus pendant le stockage des grains traités ont pu être modélisés en fonction de la température et de la teneur en eau du grain pour prédire l'évolution des teneurs avec la durée de conservation des lots de grains traités ; c) la durée de conservation des grains traités avant la transformation a influencé significativement les bilans de répartition des résidus dans les produits de 1^{ère} transformation.

Pour le 3^{ème} objectif, les facteurs de transfert (Ft) des résidus du grain aux produits transformés ont été déterminés à partir des analyses réalisées sur les grains avant fractionnement et sur les produits transformés pour les quatre céréales majeures, obtenus selon le procédé « standard ». Pour le blé panifiable (variété BPS), avec les deux **insecticides organo-phosphorés (OP)**, le Ft de la **farine blanche**, est voisin de 0,10 (**dilution de 10 fois la concentration dans le grain avant mouture**), alors que **les sons concentrent fortement** (Ft moyen aux environs de 3, soit **3 fois la teneur dans le grain avant mouture**). Le Ft pour le pain de farine blanche ou le pain complet (farine blanche + farine de brosse à son + 20% de son) est différent pour le **chlorpyrifos-méthyle (CPM)** ($Ft = 0$ et 0,04 respectivement) et pour le **pyrimiphos-méthyle (PMM)** ($Ft = 0,06$ et 0,42 respectivement) tout en restant largement inférieur à 1 (limite dilution / concentration). Dans une expérience complémentaire (*à l'échelle laboratoire, non extrapolable à des conditions industrielles*), nous avons observé deux **facteurs de modulation du bilan de répartition** des résidus dans les produits de mouture : a) la durée de stockage après traitement du grain et b) la température et la teneur en eau du grain traité pendant la conservation après le traitement. Ainsi, à basse température et teneur en eau (15°C, 13% Te), **le facteur de concentration dans le son se situe à 2,50 et 3,18 pour CPM et PMM, respectivement** et passe à 5,15 et 6,78 pour un grain traité conservé à 30°C et 15,5% Te. De la même façon, les produits de mouture obtenus avec du grain trituré peu de temps après le traitement (5 à 7 j) sont davantage « contaminés » par les résidus que lorsque le grain est transformé plusieurs mois après le traitement. Dans le cas de grains traités par des **pyréthrinoides** et le synergiste (**butoxyde de piperonyl**), les Ft des résidus dans les sons et les farines sont **supérieurs à ceux déterminés avec les organo-phosphorés**. Ainsi, pour la **deltaméthrine**, le Ft de la farine blanche et des sons a été évalué à 0,25 et 3,71 respectivement et celui de la **cyperméthrine** à 0,40 et 4,55 respectivement. Les Ft pour le pain complet dépassent 0,5 (0,56) pour la deltaméthrine (données Bayer Crop Science). Il n'y a pas de données publiées pour le pain avec la cyperméthrine. Le **Ft du pipéronyl butoxyde (pbo)**, qui est employé en tant que synergiste des pyréthrines naturelles, a été calculé à partir de données d'études publiées (JMPR – *Codex Alimentarius*). Les niveaux des Ft pour les différents produits de transformation du blé sont **comparables à ceux des substances actives auxquelles le pbo est associé** : 0,3 ; 3,5 et 0,6 pour farine blanche, son et pain complet, respectivement. Dans certaines études, les résidus de pbo sont retrouvés dans le pain complet à une teneur qui peut s'approcher de la teneur dans le grain d'origine ($Ft = 0,9$).

Pour le **blé dur**, qui a fait l'objet d'une étude spécifique pour le pyrimiphos-méthyle en semoulerie pilote, les Ft ont été observés comme suit : 0,21 ; 3,47 et 0,2 pour la semoule fine, les sons et la farine de blé dur, respectivement. Les données d'une étude antérieure avec le CPM ont révélé des Ft inférieurs à ceux du PMM (0,08 ; 1,82 et 0,09 respectivement). Pour la deltaméthrine, les données de la littérature montrent un Ft équivalent au PMM pour le son ($Ft = 3,74$) et inférieur pour la farine et pour la semoule ($Ft = 0,2$ et 0,01 respectivement).

Pour les produits du **fractionnement par voie sèche du maïs** (grits, sons, farine), les Ft pour les deux OP sont inférieurs à ceux observés pour les produits du blé tendre ($Ft = 0,15$; 1,01 et 0,40 pour CPM et, $Ft = 0,07$; 1,46 et 0,18 pour PMM, respectivement).

Pour les produits de transformation de l'**orge de brasserie**, les résidus d'OP ou de deltaméthrine n'ont été retrouvés que dans le malt et paraissent complètement dégradés dans les produits de la brasserie (moût et bière). Le Ft de la deltaméthrine pour le malt a été observé à 0,65 contre 0,07 pour les deux OP.

L'ensemble des données sur les facteurs de transfert fait actuellement l'objet d'un **échange d'expertise et de mise en commun des données avec les partenaires du RMT Quasaprove** en charge de l'analyse, la prévention et la gestion des risques résidus de pesticides (Anses, DGAI ...). Ces données devraient alimenter la contribution de la France pour « compléter » **l'Annexe VI de la Directive européenne CE 91-414** (Règlement (CE) 396-2005) : facteurs de transfert (dilution, concentration, transformation ...).

Mots clés : Résidus insecticides, céréale stockée, transformation des grains, facteur de transfert, produit transformé, farine, son, semoule, pain.

Détermination des facteurs de transfert des résidus de pesticides des céréales traitées aux produits transformés par une approche expérimentale *a priori*

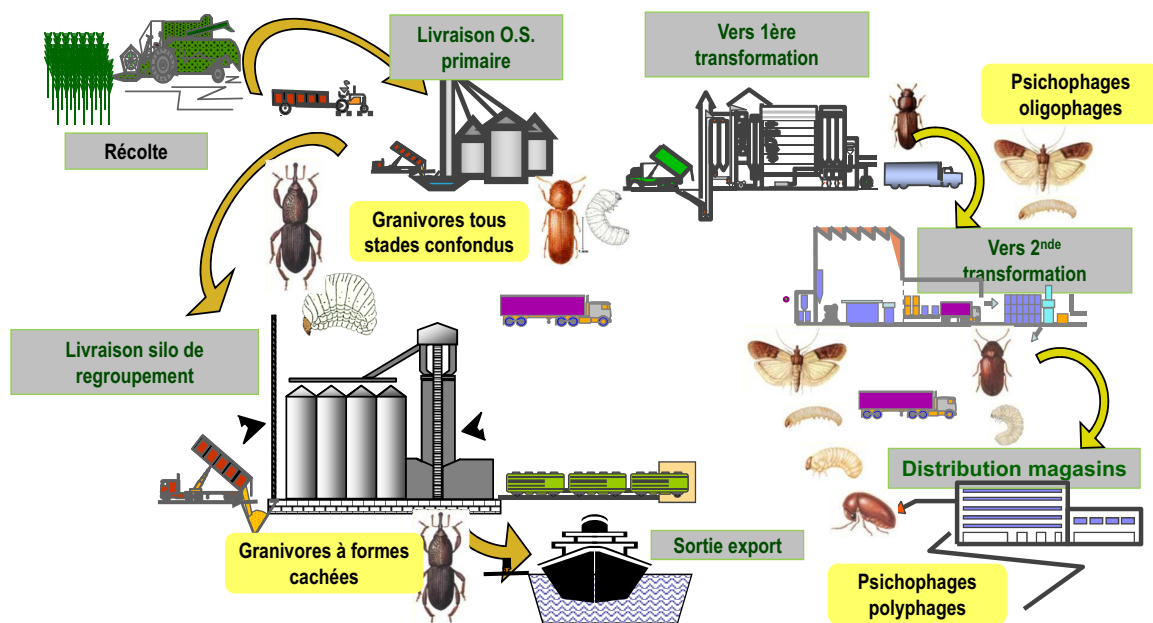
Francis FLEURAT-LESSARD - UR MycSA-Bordeaux



Plan de la présentation

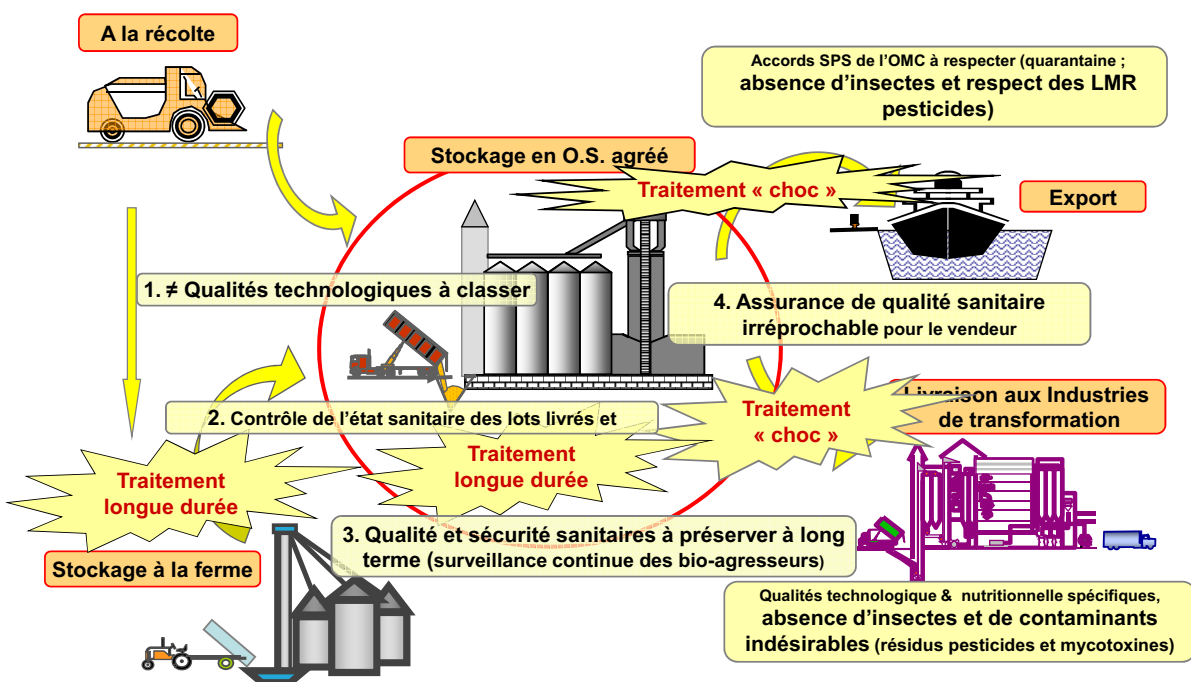
- ➡ 1. – Introduction et **contexte de la protection des grains contre les insectes** après récolte - Devenir des résidus de pesticides à la transformation en aliments
- ↓ 2. – Recherches initiales sur les **facteurs de modulation des profils de dégradation des résidus** après le traitement des grains : modéliser pour prédire et comparer
- ↓ 3. – **Valorisation des résultats de la recherche** : détermination des facteurs de transfert (*Ft*) pour l'application de la LMR du grain aux produits transformés
- ↓ 4. – **Détermination des *Ft*** des résidus de pesticides autorisés aux produits transformés **pour les 4 espèces céréalières majeures**
- ↓ 5. – Les développements attendus de ces nouvelles données en **contribution à la réglementation européenne** (prévention des résidus pesticides dans les aliments)

1.1 - Contexte de la protection contre les insectes après récolte



Points marquants : Les espèces granivores les plus dangereuses sont celles dont le développement a lieu à l'intérieur du grain : charançons et capucin. Les défauts de qualité sanitaire sont souvent utilisés pour obtenir des réactions pour non respect des cahiers des charges des vendeurs

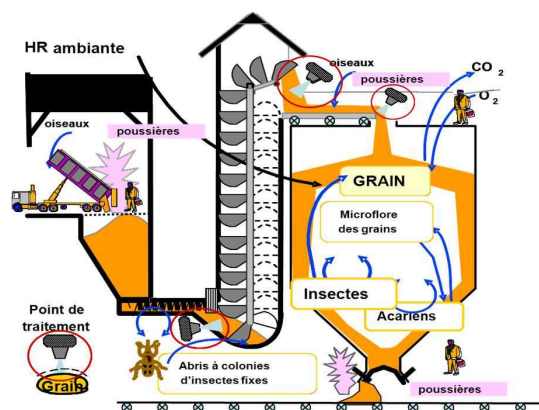
1.1 - La protection des stocks et des flux de céréales contre les insectes : le traitement des grains par des insecticides liquides, solution la plus utilisée en France



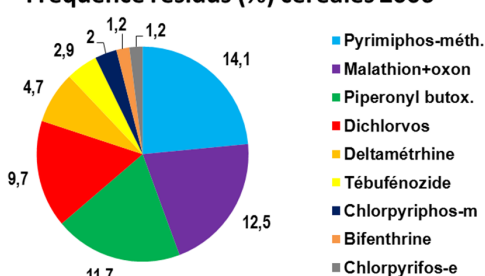
Les pesticides autorisés étant persistants, ils vont se retrouver dans les produits céréaliers transformés

1.2 – Traitement des grains avec des insecticides et persistance des résidus dans la chaîne alimentaire

- ❑ La **pulvérisation d'insecticide** sur les grains en cours de manutention est la **mesure de lutte** contre les insectes des céréales stockées **la plus pratiquée en France**
- ❑ Les substances actives autorisées pour cet usage sont des produits organiques de synthèse issus de deux familles chimiques : les **organo-phosphorés** et les **pyréthrinoides** (incluant les **pyréthrines naturelles**) (diapo suivante)
- ❑ L'analyse de l'ensemble des résidus de pesticides dans les céréales brutes montre que les résidus de **substances actives autorisées en traitement des grains post-récolte** sont les **plus fréquemment rencontrés** (ex. : résultats du plan de surveillance des résidus de pesticides sur céréales en 2006)



Fréquence résidus (%) céréales 2006



1.2_{bis} – Les substances actives insecticides autorisés en pulvérisation sur les grains

Substance active (s.a.)	LMR grain mg/kg	Dose maxi g s.a./tonne	DJA mg/kg pds. corp.
Insecticide liquide			
Pyrimiphos-méthyl (ex. <i>Pirigrain</i>)	5	4.0	0.004
Chlorpyriphos-méthyl (ex. <i>Nuvagrain</i>)	3	2.5	0.01
Deltaméthrine* (ex. <i>K-obiol</i>)	2 (+ 20 pbo)	1.0	0.01
Cyperméthrine (<i>Talisma</i>)	2 (+ 20 pbo)	1.67	0.05
Pyréthrine naturelle* (ex. <i>Badineb bio</i>)	3 (+ 20 pbo)	3 (+20 pbo)	0.04
Butoxyde de pipéronyl (pbo = synergiste)	20	20	0.03
Fumigant			
Phosphure d'aluminium ou magnésium (ex. : <i>Phostoxin</i> et <i>Magtoxin</i>)	0.1	1 à 3	0.019

* : Synergisée à 1 pour 3 à 10 de butoxyde de pipéronyl (pbo)

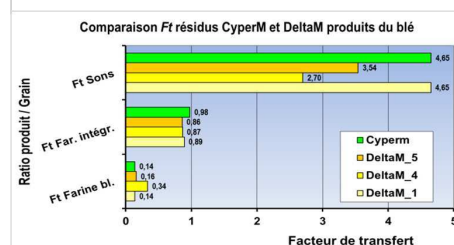
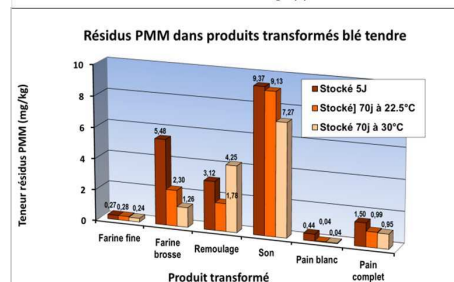
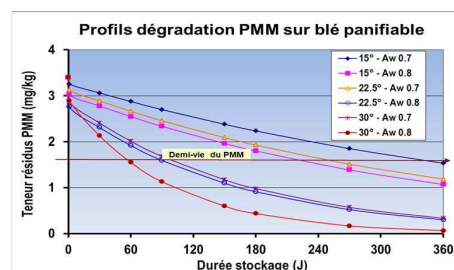
Les **substances actives formulées** sont autorisés à une **dose maximale d'application** (= **dose homologuée**) compatible avec la **limite maximum de résidus** de cette substance active (**LMR grain**) tolérée, tout en garantissant le **respect de la DJA**, critère en relation avec la **santé du consommateur** (tenant compte de la somme des LMR sur l'ensemble des aliments pouvant contenir des résidus de cette substance active)

Suite de la présentation

1. – Introduction et contexte de la protection contre les insectes après récolte
- Devenir des résidus de pesticides à la transformation des grains en aliments
2. – Recherches initiales sur les **facteurs de modulation des profils de dégradation des résidus** après le traitement des grains : modéliser pour prédire et comparer
3. – Valorisation des résultats de la recherche : détermination des facteurs de transfert (F_t) pour l'application de la LMR du grain aux produits transformés
4. – Détermination des F_t des résidus de pesticides autorisés en traitement du grain aux produits transformés des 4 espèces céréalières majeures
5. – Les développements attendus de ces nouvelles données sur la nouvelle réglementation européenne (résidus de pesticides dans les aliments)

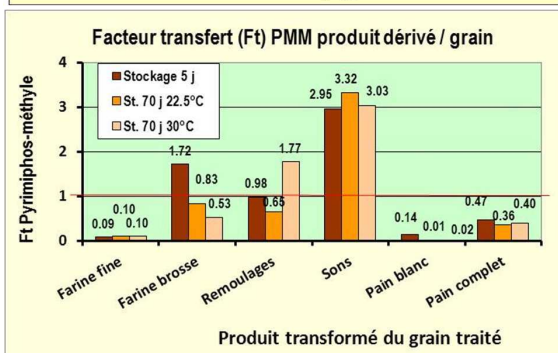
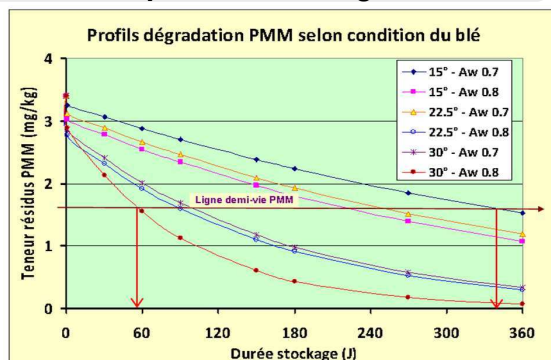
2.1 - Questionnement abordé par nos recherches :

1. - **Modéliser les profils de dégradation** des résidus et de la rémanence de l'effet insecticide selon les conditions de conservation du grain **pour prédire** le niveau des résidus en fonction du temps
2. – Etablir des « profils-types » de **distribution des résidus d'insecticides** dans les produits transformés, **pour chaque céréale et procédé de transformation** associé, par des études de laboratoire ou en atelier pilote pour les **mettre en comparaison**
3. – Dédire du schéma de distribution établi pour chaque céréale les « **facteurs de transfert** » des résidus du grain aux différents produits transformés, ainsi que les principaux **facteurs de variation**



2.2 – Résultats marquants obtenus à partir des modèles de dégradation et de la perte d'efficacité insecticide des résidus d'insecticides de protection des grains

- La pénétration des résidus à l'intérieur des tissus du grain est lente et dépend des propriétés de la substance active et de l'espèce de céréale (pénétration plus rapide dans le grain blé tendre que dans le grain des autres céréales (blé dur, maïs et orge de brasserie))
- En conditions de température et teneur en eau du grain contrôlées et fixes, la **vitesse de dégradation des résidus** peut être modélisée à partir de ces deux paramètres physico-chimiques et **permettre la prévision des teneurs en résidus d'OP pendant le stockage après traitement** (Fleurat-Lessard *et al.*, 1998)
- Les travaux menés de 1999 à 2005 sur le devenir des résidus de pesticides au moment de la transformation du grain traité montrent que **les résidus se distribuent de façon différente dans les produits de 1^{ère} transformation selon la durée de conservation du grain traité avant mouture** (Fleurat-Lessard *et al.*, 2002).



Fleurat-Lessard *et al.*, 2000. Rapport d'étude sur le devenir des organo-phosphorés au cours du stockage de différentes céréales (IRTAC coord.)

Suite de la présentation



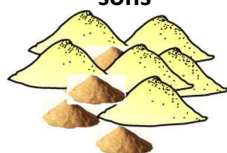
1. – Introduction et contexte de la protection contre les insectes après récolte
- Devenir des résidus de pesticides à la transformation des grains en aliments
2. – Recherches initiales sur les facteurs de modulation des profils de dégradation des résidus après le traitement des grains : modéliser pour prédire et comparer
3. – Valorisation des résultats de la recherche : détermination des facteurs de transfert (*Ft*) pour l'application de la LMR du grain aux produits transformés
4. – Détermination des *Ft* des résidus de pesticides autorisés en traitement du grain aux produits transformés des 4 espèces céréalières majeures
5. – Les développements attendus de ces nouvelles données sur la nouvelle réglementation européenne (résidus de pesticides dans les aliments)

3. – Valorisation des résultats de la recherche : détermination des facteurs de transfert (F_t) pour l'application de la LMR du grain aux produits transformés

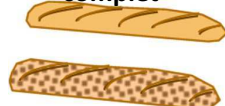
3.1 – Application de la LMR aux « produits transformés » des céréales en grain : mode de calcul du facteur de transfert (F_t)

Exemple de la transformation du blé panifiable

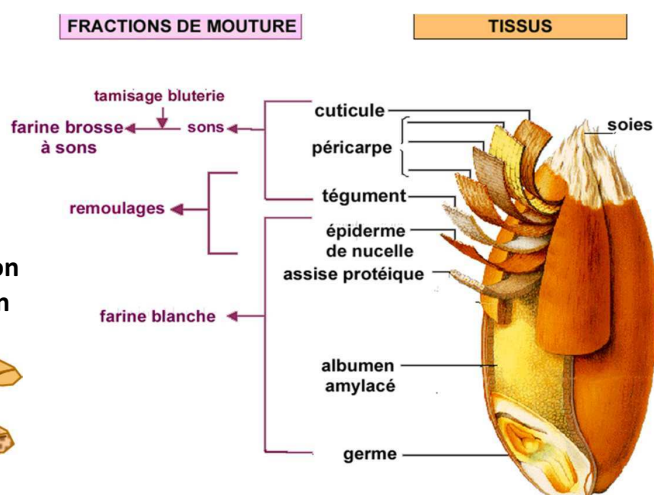
1^{ère} transformation
farines, remoulages et sons



2nde transformation
pain blanc et pain complet



Formule de calcul du F_t :
[résidus dans produit transformé] / [résidus dans grain]



4. – Détermination des F_t des résidus de pesticides autorisés en traitement du grain aux produits transformés des 4 espèces céréalières majeures

4.1 – Mode opératoire des études sur le devenir des résidus au cours du stockage, puis de la transformation

4.2 - Détermination des facteurs de transfert (F_t) pour les produits transformés du blé tendre – a) Cas des organo-phosphorés

4.3 – Détermination des facteurs de transfert (F_t) pour les produits transformés du blé tendre – b) Cas des pyréthrinoides

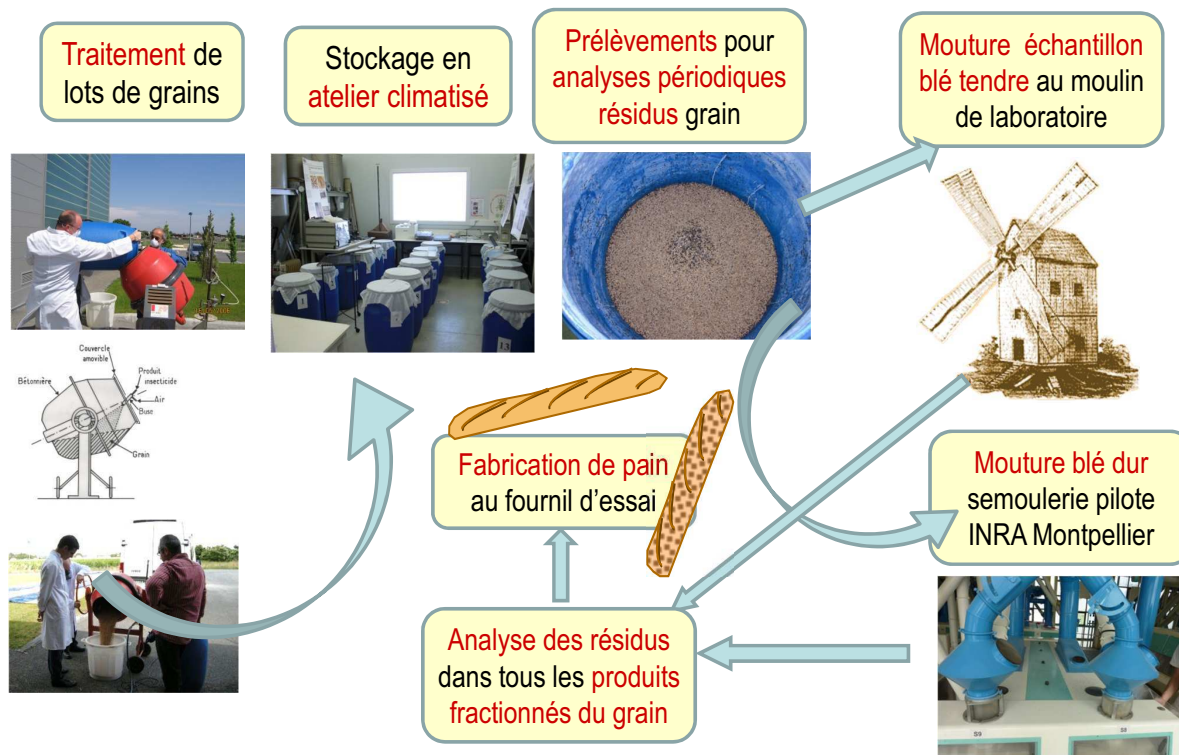
4.4 – Etude du cas particulier du butoxyde de piperonyl sur blé tendre (à partir d'une revue de la littérature scientifique)

4.5 – Détermination des facteurs de transfert pour les produits du maïs

4.6 – Détermination des facteurs de transfert pour les produits du blé dur

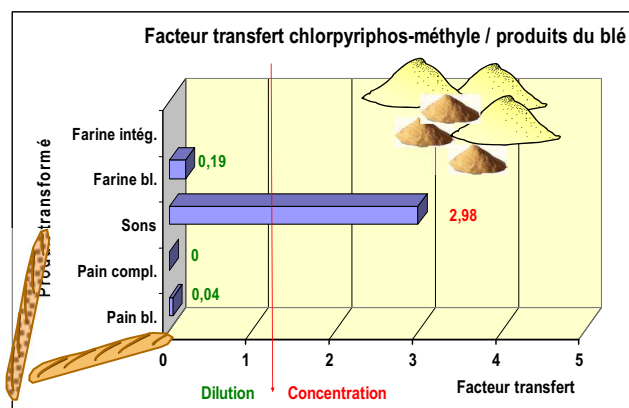
4.7 – Détermination du facteur de transfert de l'orge de brasserie au malt

4.1 Mode opératoire des études sur le devenir des résidus au cours du stockage, puis de la transformation – Exemple des blés

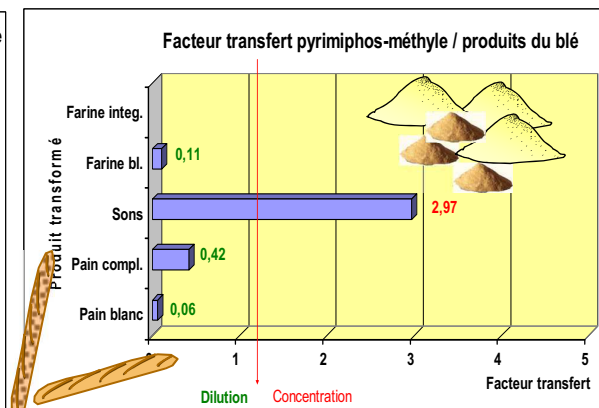


4.2 – Détermination des facteurs de transfert (Ft) pour les produits transformés du blé tendre – a) Cas des organo-phosphorés

Chlorpyriphos-méthyle (CPM)



Pyrimiphos-méthyle (PMM)



Pain compl. : Pain de farine complète ; **Pain bl.** : Pain de farine blanche uniquement ; **Farine intégr.** : farine complète (Far. bl. + Far. brosse + Remoulages + 20 % Sons) ; **Farine bl.** : farine blanche (fine)

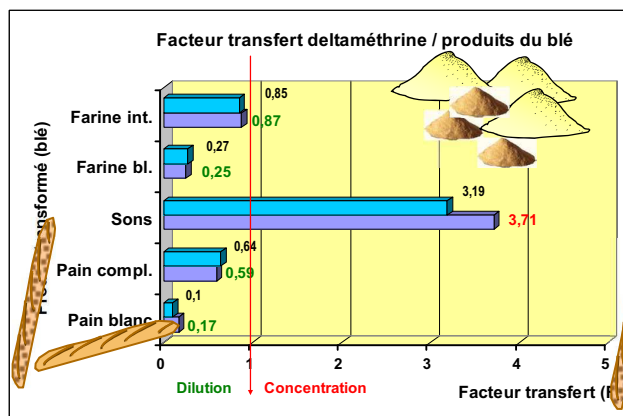
Rend^d fractions de mouture : (moulin Brabender Quadrumat senior) : Farine blanche : 74-76 % ; Sons : 18 à 22% ; Remoulages : 4 à 6%

Références :

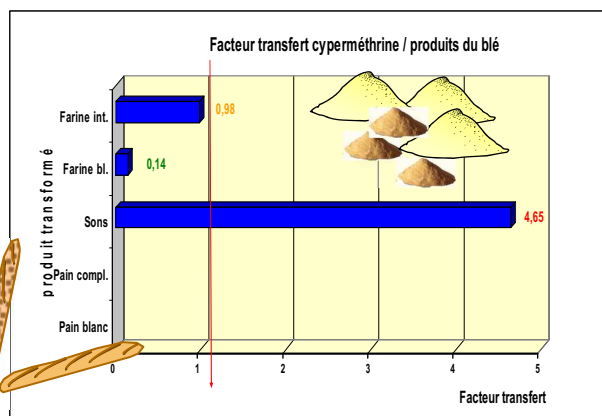
Fleurat-Lessard et al., 2000. Rapport final d'étude du devenir des organo-phosphorés dans les grains et produits dérivés (IRTAC coord.), 92 p.

4.3 – Détermination des **facteurs de transfert (Ft)** pour les produits transformés du **blé tendre** – b) Cas des **pyréthrinoides**

Deltaméthrine



Cyperméthrine



Cyperméthrine : dernier pyréthrinoidé homologué en 2009 pour le traitement du blé et de l'orge

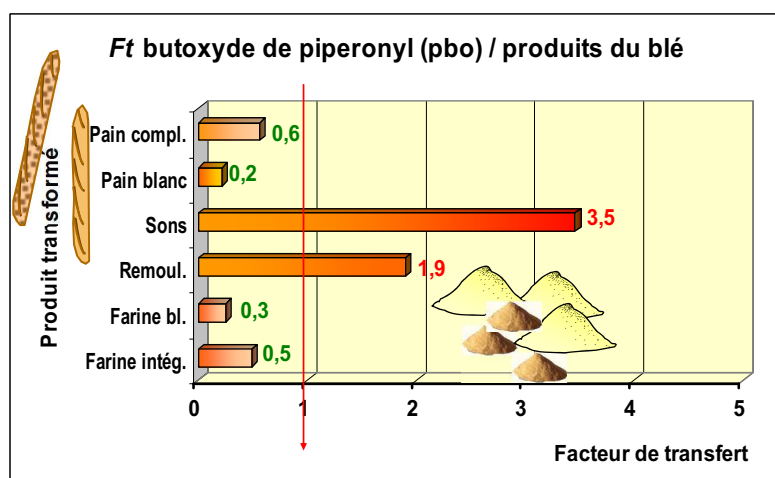
La **deltaméthrine** est retrouvée à des teneurs plus élevées que les OP dans les sons et dans le pain complet. Elle est moins volatile que les OP et elle a tendance à rester fixée dans les couches périphériques de l'enveloppe du grain (le péricarpe ou le son). Les produits transformés qui contiennent tout ou partie du péricarpe du grain sont les plus concentrés.

Le comportement des résidus de **Cyperméthrine** suit la même tendance que les résidus de deltaméthrine, mais les données manquent pour le pain complet

Références :

Cognard, 2010. Cognard, 2010. Deltamethrin residues through the food chain industries. *Proc. 10th IWCSPP*, Estoril juin-juillet 2010, pp. 825-826.

4.4 – Etude du cas particulier du **butoxyde de piperonyl** sur blé tendre = synergiste des pyréthrinoides et pyréthres



Les facteurs de transfert du **butoxyde de piperonyl** pour les différents produits transformés du blé sont au même niveau que ceux des autres substances actives. Mais comme la LMR du pbo est très élevée comparée à celles des pyréthres ou des pyréthrinoides auxquels il est associé, les résidus de pbo sont fréquemment rencontrés à des doses élevées dans les produits transformés du blé (y compris dans les produits des céréales de l'agriculture biologique du fait que le pbo est « toléré » en tant que synergiste des pyréthrinoides naturels).

Le PBO est retrouvé dans le pain complet à une teneur qui peut s'approcher de la teneur du grain d'origine (*valeur supérieure extrême observée pour Ft pain complet : 0,90*)

Références :

Turnbull and Ardley, 1987. Determination of piperonyl butoxide residues on wheat, and derived fraction of bread (rapport Wellcome, Australie).
De Wilde, 1990. Deltamethrin and PBO residues persistence in cereal processed food. *Rapport interne Roussel-Uclaf*, Paris.

4.5 – Détermination des facteurs de transfert pour les produits du maïs - Etude expérimentale sur la distribution des résidus dans les produits transformés

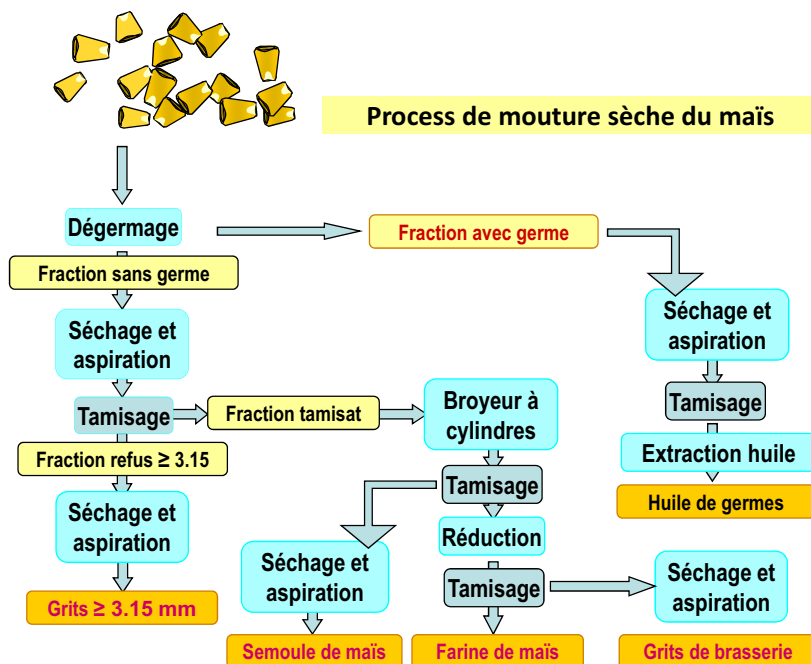
Fractionnement du maïs :

Produits de 1^{ère} transformation = mouture sèche du grain humidifié

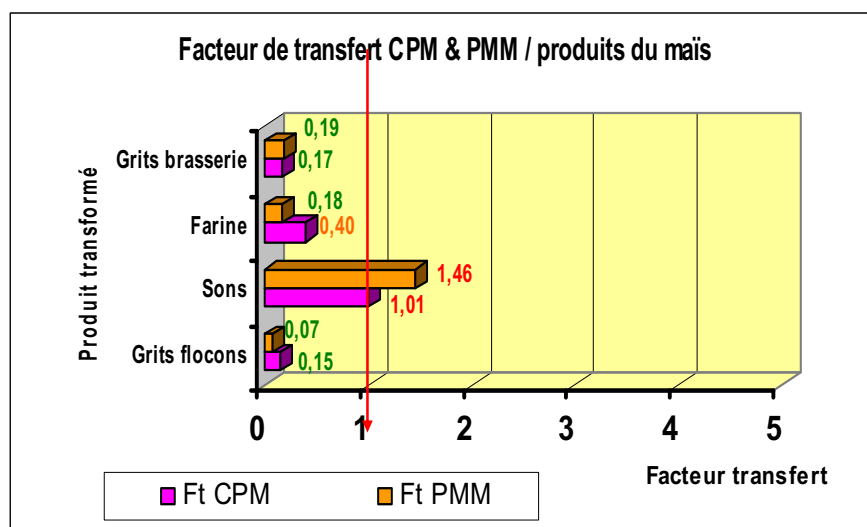
Produits de mouture étudiés :

- Grits ≥ 3.15 mm (12%)
- Grits < 3.15 mm (38%)
- Farine de maïs (5%)
- Son et remoulages (11%)
- Semoule de maïs (20%)
- Germe de maïs (14%)

Réalisation : AGPM (Arvalis Institut du Végétal), Station de recherche expérimentale sur le maïs, Pau-Montardon



4.5_{bis} – Détermination des facteurs de transfert pour les produits du maïs - Cas des organo-phosphorés (uniquement)



Deltaméthrine = pas d'étude sur les facteurs de transfert disponible avec les produits transformés du maïs

Certaines données utilisées dans le calcul du Ft moyen des résidus de PMM sont d'origine américaine (USA, 2003)

Références :

Fleurat-Lessard et al., 2000. Rapport d'étude du devenir des organo-phosphorés au cours du stockage de différentes céréales (IRTAC coord.), 92 p.

4.6 – Détermination des facteurs de transfert pour les produits transformés du **blé dur**

Produits de fractionnement du blé dur
Produits de 1^{ère} transformation = mouture

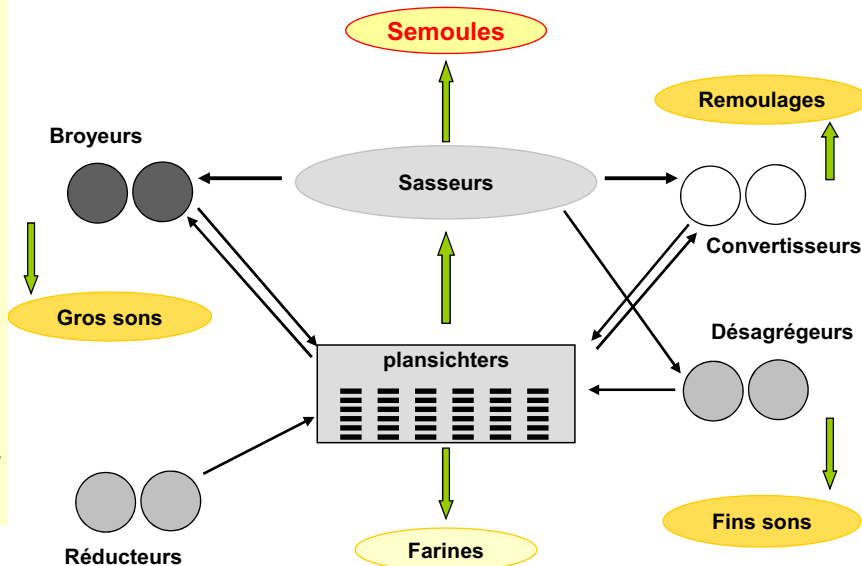
Produits de mouture étudiés

(rendement %) :

- **Semoules** (67.5 à 74.2%)
- **Farines** (7.5 à 9.2%)
- **Remoulages** (2.1 à 5.1)
- **sons** (gros + fins) (15.2 à 18.2)

Les variations de rendement des différentes fractions de mouture sont à associer à : 1/ la structure différente des deux variétés de blé dur étudiées (primadur et ardente) et 2/ des durées de conservation différentes des grains traités avant leur fractionnement (7/8 j ou 127 j)

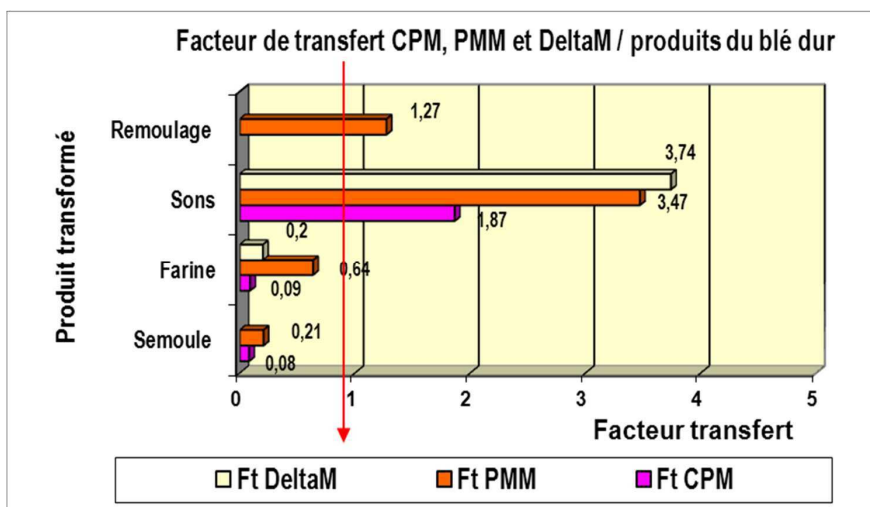
Principe de la mouture du blé dur (Feillet, 2000)



4.6_{bis} – Détermination expérimentale *a priori* des Ft pour les produits transformés du **blé dur** – Cas des **OP** et de la **deltaméthrine***

Résultats obtenus dans le cadre du projet INRA/IRTAC/CFSI « Procédés de transformation et valeur semoulière du blé dur » 2000-2002 – et études INRA / IRTAC/ partenaires privés, 1998-2001 « détermination rapide des résidus de pesticides OP dans les céréales en grain »

Les données avec la deltaméthrine proviennent de l'analyse bibliographique



Références :

Fleurat-Lessard et al., 2007. Effects of processing on distribution of PMM residues in durum wheat milling fractions. *J Stored Prod. Res* 43: 384-395
 *Cognard, 2010. Cognard, 2010. Deltamethrin residues through the food chain industries. *Proc. 10th IWCSPP*, Estoril juin-juillet 2010, pp. 825-826.

4.7 – Evaluation expérimentale a priori du Ft pour le principal produit transformé de l'orge de brasserie : le malt

Cas de l'orge de brasserie :

Produits de 1^{ère} transformation = malt

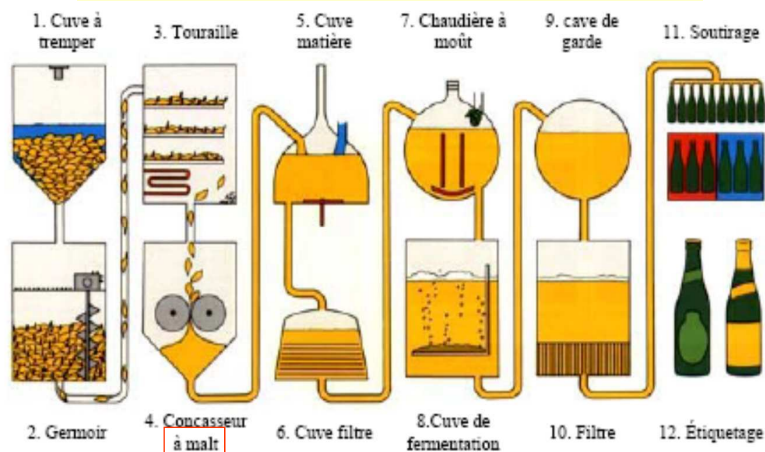
Produit transformé étudié :

- **Malt**

(provenant d'orge fraîchement traitée avec CPM, PMM et DeltaM)

Expérience de maltage en petit pilote effectué par l'IFBM (Vandoeuvre les Nancy)

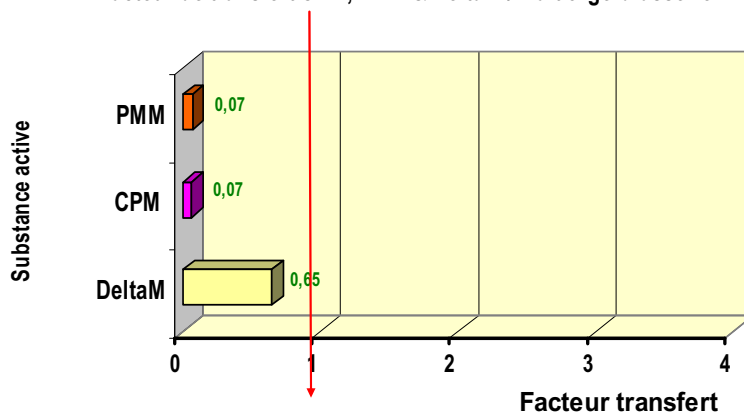
Processus de maltage et de fabrication de la bière



4.7_{bis} – Facteurs de transfert d'insecticides (DeltaM, CPM et PMM) du grain d'orge au principal produit de transformation (malt)

Seuls les résidus de deltaméthrine sont significativement quantifiables au niveau du malt, après la germination de l'orge. Il n'y a plus de résidus quantifiables (quelle que soit la s.a.), ni dans le moût, ni dans la bière.

Facteur de transfert CPM, PMM & DeltaM / malt orge brasserie



Références :

Fleurat-Lessard *et al.*, 2000. Rapport final d'étude du devenir des organo-phosphorés dans les grains et produits dérivés (IRTAC coord.), 92 p.
Cognard, 2010. Deltaméthrin residues through the food chain industries. *Proc. 10th IWCSPP*, Estoril juin-juillet 2010, pp. 825-826.

5.1 – Bilan scientifique et technique des études des facteurs de transfert des résidus du grain aux produits transformés

1. **L'ancienneté de l'application de l'insecticide sur le grain et les conditions de stockage du grain après le traitement** (température et teneur en eau) sont les deux facteurs de variation du facteur de transfert des résidus du grain vers les produits de première et de 2nde transformation.
2. **Les sons concentrent** fortement les résidus avec un **Ft** qui peut varier dans de larges limites : par exemple, de 2 à 7 pour les résidus de CPM dans le blé tendre dans le cas d'un traitement ancien (4 mois de stockage du grain traité avant mouture)
3. **Les organo-phosphorés et le pyréthrinioïde ont un facteur de transfert significativement différent dans la transformation de l'orge en malt**, mais ce **Ft** reste inférieur à 1.
4. Le **synergiste des pyréthrines (pbo)** a un **comportement similaire** à celui des s.a. actuellement en usage en protection des grains stockés
5. **Les aliments à base de céréales et enrichis en sons** devraient faire l'objet d'une surveillance particulière car ils **concentrent les résidus de 3 fois en moyenne** ; cette valeur moyenne recouvrant des écarts importants selon les conditions de conservation des grains avant mouture

5.2 – **Echange d'expertise et mutualisation des savoirs** sur les résidus de pesticides dans les produits des céréales **favorisés par le RMT 'Quasaprove'**

1. La majorité des **données présentées** sont **issues de projets de recherches intégrées** financés, soit sur ressources propres INRA (de l'équipe d'entomophysiologie de l'INRA de Bordeaux), soit sur ressources externes sur projets « ministères » (AQS, par ex.) **en partenariat avec les acteurs de l'ensemble des filières céréales** (le plus souvent avec une coordination assurée par l'IRTAC).
2. Actuellement ces recherches se poursuivent dans le projet intégré soutenu par le CASDAR (MAAP-DGER) « EcoprotectGrain » (*voir présentations de la matinée*)
3. La nécessité d'alimenter la nouvelle **Annexe VI de la Directive Européenne « pesticides »** par les **Facteurs de transfert** des résidus de pesticides des produits agricoles bruts aux produits transformés jusqu'à l'aliment finalement consommé, renforce l'intérêt de cette base de données, validée par des publications sur des **substances actives insecticides de protection des céréales post-récolte** (et dont la **France** est le **premier utilisateur européen**).

5.3 – Poursuite des actions de mutualisation des connaissances au sein du RMT Quasaprove : quelle sera la **suite donnée à ces travaux** ?

Les annexes du nouveau Règlement CE 396/2005

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

Cette **base de données** sera naturellement **mise à disposition de l'ANSES et de la DGAL** pour servir l'élaboration de la réglementation européenne en cours de construction

- Annexe I** : liste de produits auxquels les LMR s'appliquent (denrées ou cultures)
- Annexe II** : liste de LMR harmonisées (**définitives**)
- Annexe III** : liste de LMR non harmonisées (**temporaires ou provisoires** ; ex. : méthoprene, nicotine, phosphine et phosphides, spinosad, pyréthrines, ...)
- Annexe IV** : liste de **substances sans LMR requise** (ex. extrait d'ail, kieselguhr, essence de girofle, citronnelle, acides gras, ...)
- 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
- Annexe VI** : facteurs de transfert (dilution, concentration, transformation)
- Annexe VII** : liste des exceptions générales (sous dérogation)

Règlement [178/2006] remplacé par Rég. 600/2010

Règlements 149/2008 & 839/2008

Règlements à venir (2011 ?)

Règlement 260/2006

Remerciements : IRTAC, ministère de l'Agriculture et de la Pêche (DGER), INRA et ministère de la Recherche, partenaires des associations, sociétés et entreprises privées ayant soutenu les projets intégrés qui ont fourni la majeure partie des données présentées ...

Merci de votre attention

- Si vous avez des questions ...

Devenir des résidus de pesticides pour le traitement insecticide de l'orge de brasserie au cours des procédés de malterie et brasserie

Patrick Boivin

IFBM – 7, rue du Bois de la Champelle - BP 267 - 54512 Vandoeuvre-lès-Nancy
- mèl : patrick.boivin@ifbm-qualtech.com

Résumé

La filière bière est très vigilante à l'utilisation de produits phytopharmaceutiques sur orge de brasserie.

Il a été démontré que l'utilisation de certains produits pouvait altérer la qualité de l'orge, les procédés de maltage et brassage, et la qualité du produit fini. Pour garantir la qualité de la bière, une méthode d'expérimentation pour l'étude des effets non intentionnels sur la qualité de la bière a été établie en France en 1996 et révisée en 2000. Cette méthode a été élaborée par l'ensemble des partenaires de la filière bière. A cette méthode, a été ajouté le suivi des résidus du champ à la bière, provenant de l'expérimentation CEB. Il a été montré que si des résidus étaient encore présents sur l'orge, ils étaient éliminés lors du calibrage, nettoyage de l'orge, dans les effluents issus de la trempe et dans les drêches au cours du brassage. Aucun résidu d'insecticide de stockage n'a été détecté dans la bière.

Cette évaluation de toutes les spécialités phytopharmaceutiques permet de retenir sur la liste des produits phytopharmaceutiques recommandés sur orge de brasserie uniquement celles qui n'ont aucun impact sur la qualité finale de la bière et qui ont une bonne protection de l'orge au champ et au stockage.

Devenir des résidus de pesticides pour le traitement insecticide de l'orge de brasserie au cours des procédés de malterie et brasserie

Patrick BOIVIN, IFBM



iFBM

Activités

- R&D
- Qualification orge et blé
- Qualification des produits phytopharmaceutiques
- Circuits interlaboratoires
- Formation
- Laboratoires d'analyses



Qualtech
EXPERTISE AT YOUR SERVICE

A. Bio. C
Laboratoire professionnel de votre qualité

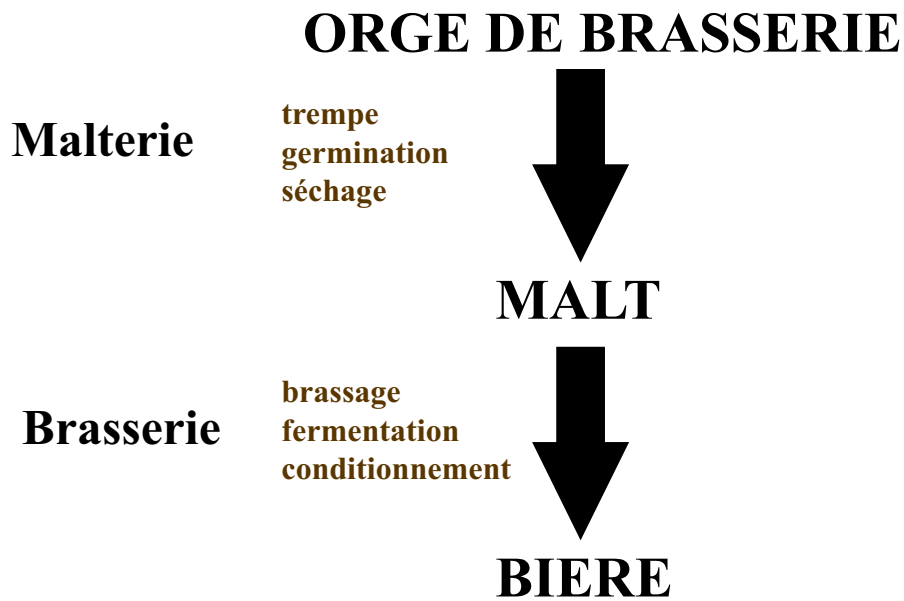
ACCREDITATION
ISO 9001 : 2000
cofrac
ESSAIS

ISO 9001 : 2000
BVL

BPL

AGROBIO

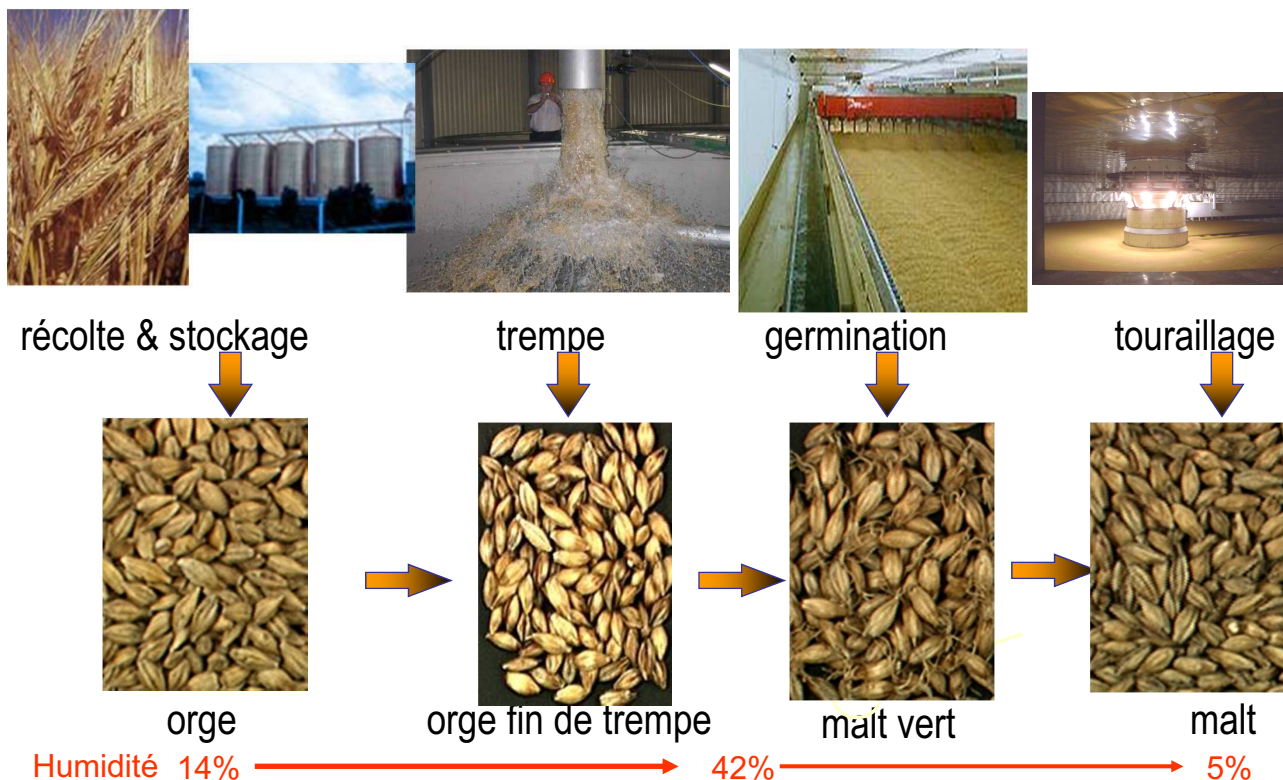
Fabrication de la bière



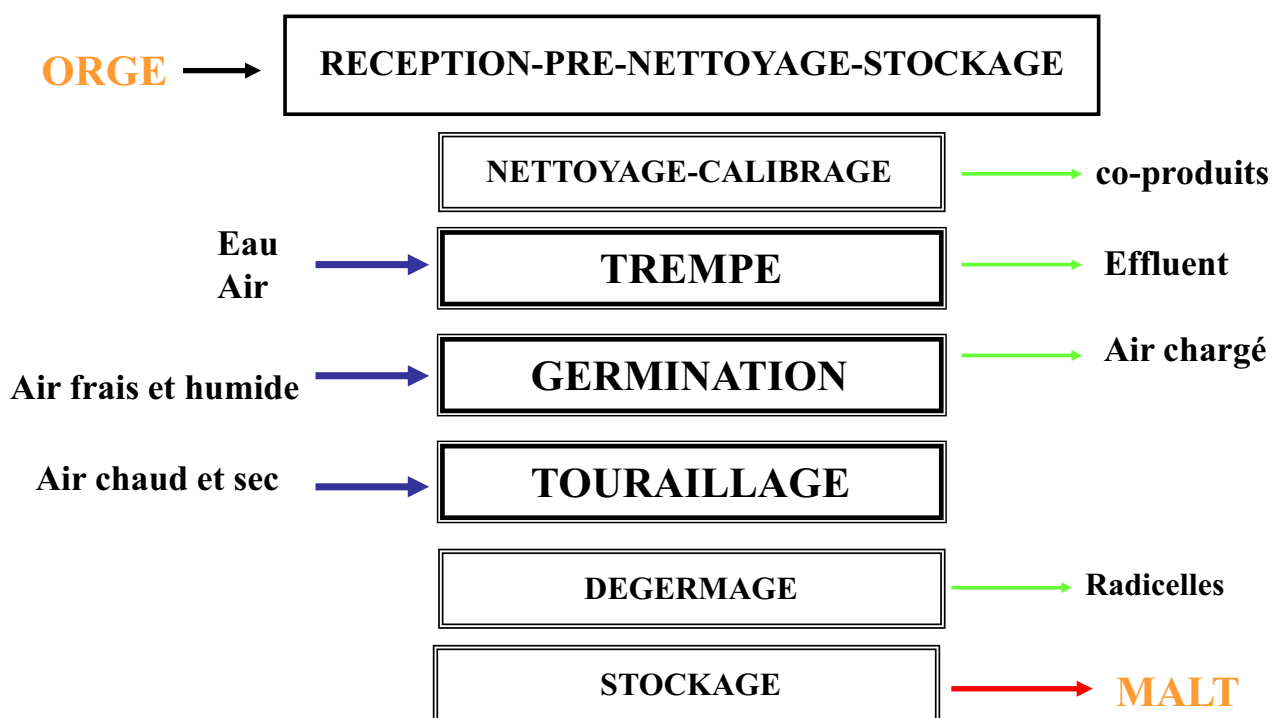
Filière Bière Française

- ▶ Orge
 - Leader en production et exportation d'orge de brasserie
 - Seul producteur et exportateur mondial d'orge de brasserie Hiver
 - 10-12% des bières mondiales fabriquées à partir d'orge cultivée en France
- Malt
 - Premier exportateur mondial de malt (30% des échanges)
 - Les sociétés françaises, leader du marché mondial (1^{er} ; 2^{ème} ; 5^{ème})
 - Nouvelles constructions et augmentation de capacité en France
- Bière
 - Production mondiale de 1.85 milliard d'hl en 2010 (+35% en 10 ans)
 - Premiers Brasseurs mondiaux sont sur le marché français (comité de qualification) et approvisionnent de leur brasserie de malt d'orge française

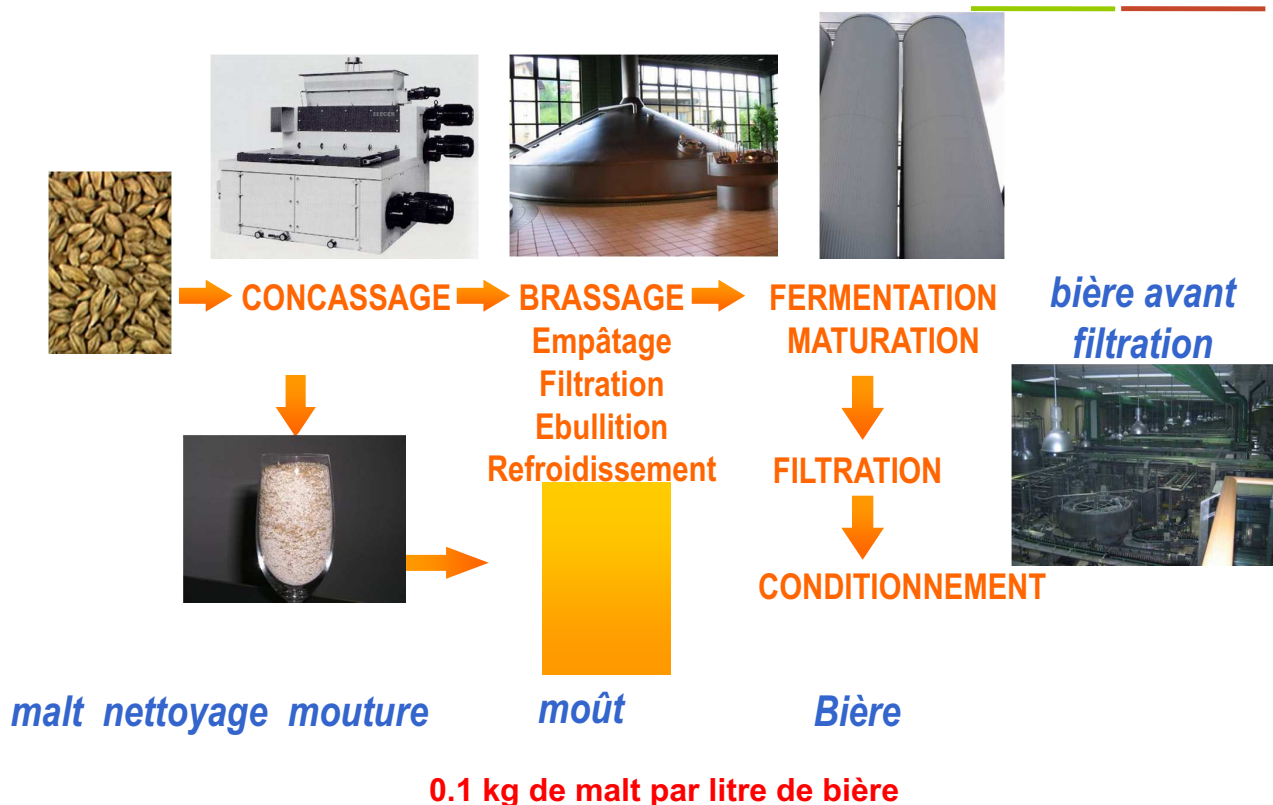
Maltage



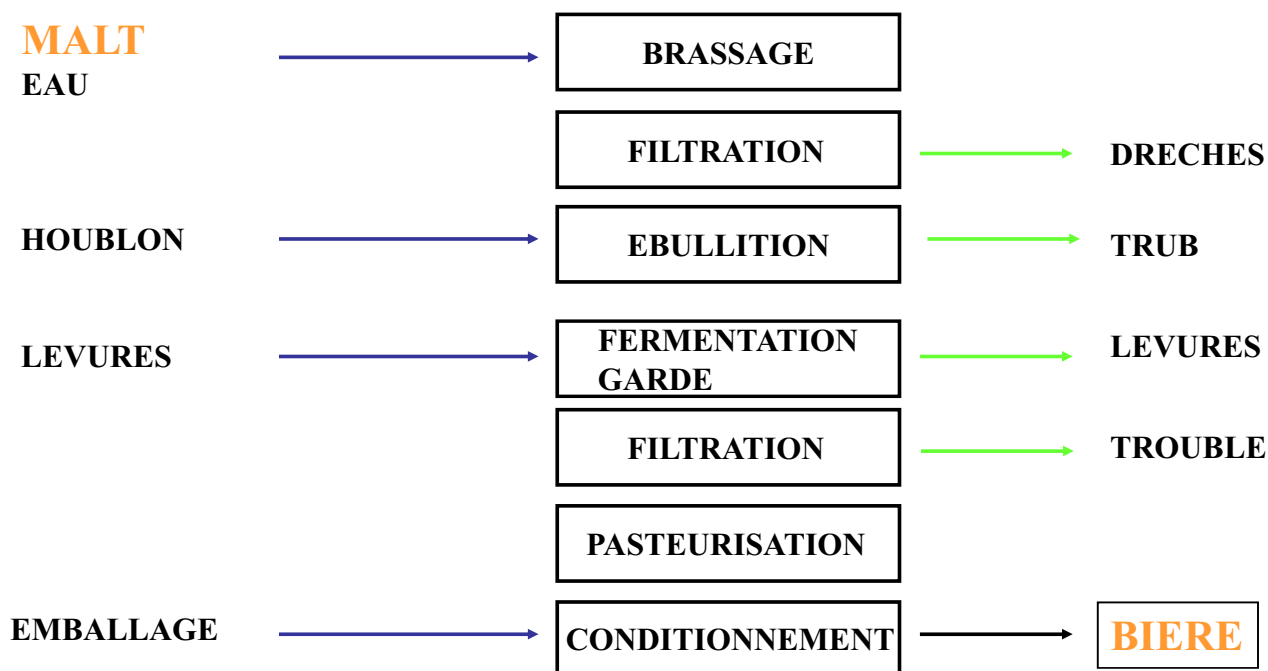
Maltage



Fabrication de la bière



Fabrication de la bière



Étude des effets non intentionnels des produits phytopharmaceutiques

- Résidus dans l'orge, malt et bière
 - > LMR européenne, japonaise ou autres pays
 - Malt et bière?
- Effet sur la qualité de l'orge, du malt et de la bière
- Effet sur les procédés
- Dégradation au cours du procédé en molécules + toxiques

Méthode CEB N°185

Siège social et secrétariat
6 boulevard de la Bastille
75012 Paris
Tél. : 01.43.44.89.64



ASSOCIATION NATIONALE DE PROTECTION DES PLANTES

COMMISSION DES ESSAIS BIOLOGIQUES

METHODE D'EXPERIMENTATION POUR L'ETUDE DES EFFETS NON INTENTIONNELS DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES SUR L'ELABORATION ET LA QUALITE DU MALT ET DE LA BIERE

METHODE N°185

1^{ère} édition 1996

Révision 2000

La méthode ci-après a été établie par les membres de la commission " produits phytopharmaceutiques " de la filière bière et par les membres de la Commission des Essais Biologiques de l'Association Française de Protection des Plantes.

Cette méthode pourra être révisée, par les commissions, compte tenu de l'évolution des méthodes d'expérimentation, des techniques agricoles, des connaissances sur la qualité et la transformation de l'orge de brasserie.

Dans son état actuel, elle doit être considérée comme une méthode recommandée pour étudier les propriétés d'une préparation.

Si l'étude entreprise est destinée à la constitution d'un dossier biologique d'homologation, cette méthode doit impérativement être appliquée (décision de la commission des produits antiparasitaires à usage agricole et des produits assimilés du 14.06.1989). L'absence de réalisation de certaines études de cette méthode doit être techniquement justifiée.

Pour sa bonne compréhension et sa mise en œuvre, il convient de se reporter aux méthodes générales et divers documents techniques, en particulier à la dernière édition du document sur les préparations de référence, publiés par la Commission des Essais Biologiques (CEB).

Responsable : G. VINCENT

Rapporteur : P. BOIVIN

Texte élaboré avec le concours de : A. BAVIERE, A. BLANCHARD, A. CAEKAERT, P. CAGNIEUL, J.L. DELATTE, J.M. KOHL, D. MAUNY, R. WALTER.

iFBM Système de qualification des produits phytopharmaceutiques: Qualité



iFBM Système de qualification des produits phytopharmaceutiques: Résidus

- Orge
- Malt
- Radicelles
- Moût
- Drêches
- Trub
- Levures
- Bière

Réalisation des essais

- Partie champ ou stockage
 - BPE ou BPL
- Partie Transformation, analyses et résidus
 - IFBM: BPL/ audit technique annuel



Système de qualification des produits phytopharmaceutiques

- Comité Technologique
 - Brasseurs: Ab-Inbev, Heineken, Carlsberg
 - Malteurs/Agronomes: Axereal, Cargill, Malteroup, Soufflet
 - IUPP
 - IFBM
- Dossier Technologique
 - Partie essais champ ou stockage
 - Partie procédés et analyses
 - Partie résidus

LISTE DES SPECIALITES PHYTOPHARMACEUTIQUES RECOMMANDEES SUR ORGE DE BRASSERIE

Cette liste a été élaborée par Malteurs de France et Brasseurs de France

Version N°12Bis Juillet- 2010

Les spécialités inscrites dans cette liste ont fait l'objet d'une étude « MÉTHODE D'EXPÉRIMENTATION POUR L'ÉTUDE DES EFFETS NON INTENTIONNELS DES PRÉPARATIONS PHYTOPHARMACEUTIQUES SUR L'ÉLABORATION ET LA QUALITÉ DU MALT ET DE LA BIÈRE », méthode établie par les membres de la commission " produits phytopharmaceutiques " de la filière bière et par les membres de la Commission des Essais Biologiques de l'Association Française de Protection des Plantes (méthode CEB n° 185). Les études ont été réalisées par IFBM, laboratoire reconnu par la filière orge-malt-bière.

Les spécialités inscrites sur cette liste ont montré leur innocuité vis à vis de la qualité brassicole de l'orge, du malt et de la bière.

Toutes les spécialités inscrites dans cette liste sont autorisées sur orge de brasserie dès lors que les précautions d'usage sont également respectées telles que les périodes d'application, les délais avant récolte, le non-dépassement des doses maximales autorisées, ... (Voir charte de production de l'orge de brasserie publiée par Arvalis & IRTAC)

Insecticides de Stockage

Principe	Substance active 1	Substance active 2	Nom commercial de la spécialité*
Traitements des grains	Cyperméthrine	Piperonyl butoxyde	Talisman ul
Traitements des grains	Deltaméthrine	Piperonyl butoxyde	K-obiol ULV6 / Deltagrain CE 25 PB
Traitements des grains	Chlorpyrifos methyl		Nuvagrain Nebulisation
Traitements des grains	Pirimiphos Methyl		Pirigrain SLD / Pirigrain 50

Avertissement :

Pour éviter de retrouver des résidus à des teneurs supérieures à la limite autorisée, il faut suivre impérativement les recommandations du guide d'application au silo édité par FFCAT.

Devenir des résidus dans la filière bière

	<i>Pyrimiphos methyl</i>	<i>Deltamétrine</i>	<i>Pyperonyl butoxide</i>
orge non calibrée	100%	100%	100%
orge calibrée et nettoyée	50%	50%	50%
malt	2%	50%	6%
moût	0.02%	0%	0%
bière	0%	0%	0%

Devenir des résidus dans la filière bière

- Si résidus présents sur orge
 - Élimination lors du nettoyage et calibrage de l'orge
 - Élimination si soluble dans les eaux de trempage
 - Élimination si insoluble dans les drêches

Liste des produits phytopharmaceutiques recommandés sur orge de brasserie



Haute protection

pour la production et le stockage de l'orge de brasserie



Pas d'effet :

- sur les procédés
- la qualité du malt et de la bière

MERCI DE VOTRE ATTENTION

Transfert de Polluants Organiques Persistants vers l'œuf : Résultats d'études expérimentales et modélisation du transfert à l'échelle de l'animal

Catherine Jondreville⁽¹⁾, Agnès Fournier^(1,2), Angélique Travel⁽²⁾, Cyril Feidt⁽¹⁾

(1) Nancy Université, INRA, UR Animal et Fonctionnalités des Produits Animaux, 2, avenue de la Forêt de Haye, 54500 Villers-lès-Nancy

- mël : catherine.jondreville@ensaia.inpl-nancy.fr

(2) Institut Technique de l'Aviculture, UR Avicole, 37380 Nouzilly

- mël : travel.itavi@tours.inra.fr

Résumé

Les Polluants Organiques Persistants (POP) sont des molécules toxiques, persistantes dans l'environnement et bioaccumulables. Parmi les POP figurent des pesticides (ex lindane), des produits industriels (ex PCB) ou des molécules émises non intentionnellement, par exemple lors de combustion de matière organique (ex dioxines). L'accès de poules pondeuses à un parcours leur permet d'exprimer un comportement inné de recherche de nourriture à l'extérieur. Le sol étant un réservoir de POP, le maintien de la qualité sanitaire des œufs vis-à-vis de la contamination par les POP est moins aisé que lorsque les animaux sont maintenus en claustration. L'évaluation et la limitation du risque de contamination des produits par les POP reposent sur trois volets : 1. La caractérisation du niveau d'exposition, qui requiert la quantification de l'ingestion de sol par les poules pondeuses et l'évaluation des pratiques d'élevage à même de la limiter, 2. La caractérisation de l'impact de la matrice sol sur la biodisponibilité du polluant ingéré, et en particulier l'impact des interactions entre les composants du sol (matière organique, argiles...) et le polluant sur la capacité de la poule à extraire les POP liés au sol dans le tube digestif, et 3. La quantification de l'impact des caractéristiques physiologiques de l'animal, telles que le taux de ponte et l'état d'engraissement, qui modulent les flux de lipides au sein de l'animal, sur le niveau de contamination des œufs. Des résultats d'études expérimentales conduites par l'URAFPA et l'ITAVI montrent que l'ingestion de sol par une poule est susceptible d'atteindre 30 g par jour, si les animaux reçoivent un aliment grossier ou déséquilibré. Les premiers résultats acquis montrent un impact limité du sol sur la capacité de la poule à extraire les PCB qu'il contient, mais ces premiers résultats doivent être complétés par l'étude d'un panel plus large de sols. Enfin, l'élaboration d'un modèle mathématique dynamique de flux de POP à l'échelle de l'animal a permis de montrer que la détérioration des performances de l'animal, comme par exemple celle du taux de ponte, augmente le risque de contamination des œufs.

Mots clés : Œuf, POP, transfert, exposition, biodisponibilité, sol, modélisation

Référence : JONDREVILLE C., FOURNIER A., TRAVEL A., FEIDT C., ROUDAUT B., 2010. Contaminants chimiques organiques des œufs de poules pondeuses : aspects réglementaires, modalités et risques de transfert. INRA Productions Animales, 23, 205-214.



Transfert de Polluants Organiques Persistants vers l'œuf : Résultats d'études expérimentales et modélisation du transfert à l'échelle de l'animal

Catherine Jondreville, Agnès Fournier, Angélique Travel, Cyril Feidt

Polluants Organiques Persistants (POP)

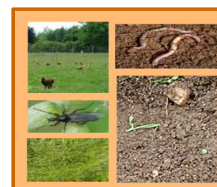
- Propriétés des POPs :
 - Toxicité
 - Persistance dans l'environnement
 - Résistance aux dégradations naturelles
 - Bioaccumulation
 - Accumulation dans les tissus vivants (lipophiles)
 - Accroissement tout au long de la chaîne alimentaire
 - Transport longues distances
 - Eloignement des lieux d'émission

Liste de POP (convention de Stockholm)

2001	2009	En discussion
Pesticides		
Aldrine	Chlordecone	Endosulfan (2011)
Chlordane	α -hexachlorocyclohexane	
DDT	β -hexachlorocyclohexane	
Dieldrine	Lindane (γ -HCH)	
Endrine	Pentachlorobenzene	
Heptachlore		
Hexachlorobenzene		
Mirex		
Toxaphene		
Produits industriels		
Polychlorobiphenyls (PCB)	Hexabromobiphenyl	Hexabromocyclododecane
Hexachlorobenzene	hexa et hepta bromodiphenyl ether	Short-chained chlorinated paraffins
	Pentachlorobenzene	
	Perfluorooctane sulfonic acid	
	Tetra et penta bromodiphenyl ether	
Non intentionnels		
Hexachlorobenzene	Alpha hexachlorocyclohexane	
Dioxines	Bêta hexachlorocyclohexane	
Furanes	Pentachlorobenzene	
PCB		
HAP (protocole d'Aarhus)		

Exposition des animaux en cours d'élevage

- Ingestion :
 - Aliment
 - Accidents : ex PCBs, PCDD/Fs
 - Bâtiment/matériaux d'élevage
 - Retardateurs de flamme (bromés) : PBDE, HBCD
 - Traitements insecticides : toxaphène
 - Environnement (accès à un parcours)
 - Accumulation dans l'environnement
 - Transport sur de longues distances
 - $\Rightarrow$ Tous



- Production de volailles sur parcours
 - Contrôle sanitaire moins aisé

Teneur en dioxines-furanes (pg ITEQ / g MG) d'œufs de poules

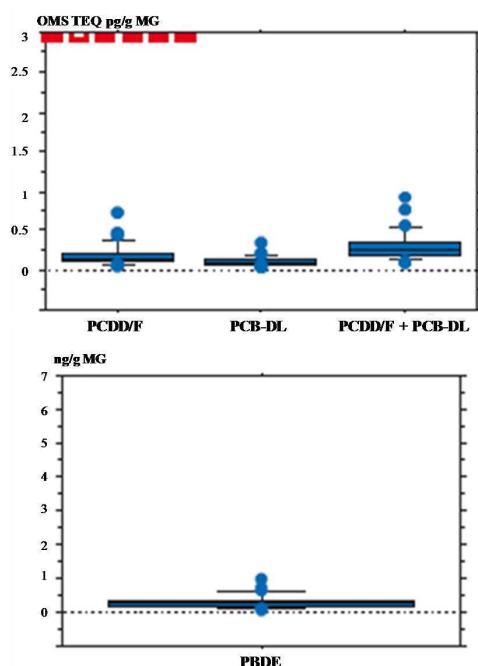
	Claustration	Plein air
Pays-Bas	1,0 - 2,0	0,4 - 8,1
Belgique	1	1,0 - 10
Allemagne	0,5 - 2,3	0,4 - 11,4
Irlande	0,1 - 0,6	0,5 - 2,7
Suisse	1,3	2,9 - 19

Seuil réglementaire :

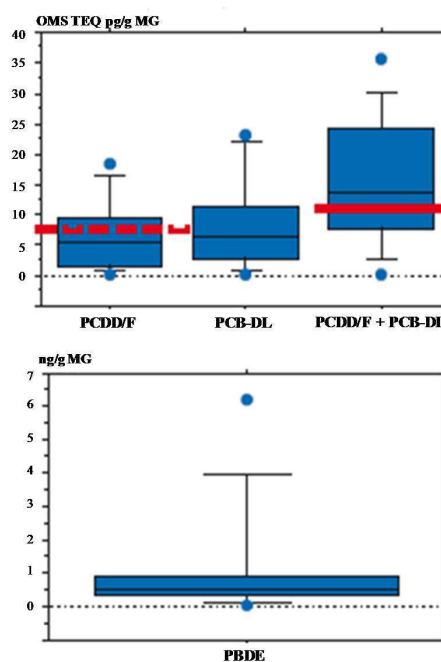
3 pg ITEQ / g MG

D'après Fürst et al. (1993); Schüller et al. (1997); Kijlstra et al. (2004), Pussemier et al. (2004); FSAI (2004)

Elevages professionnels

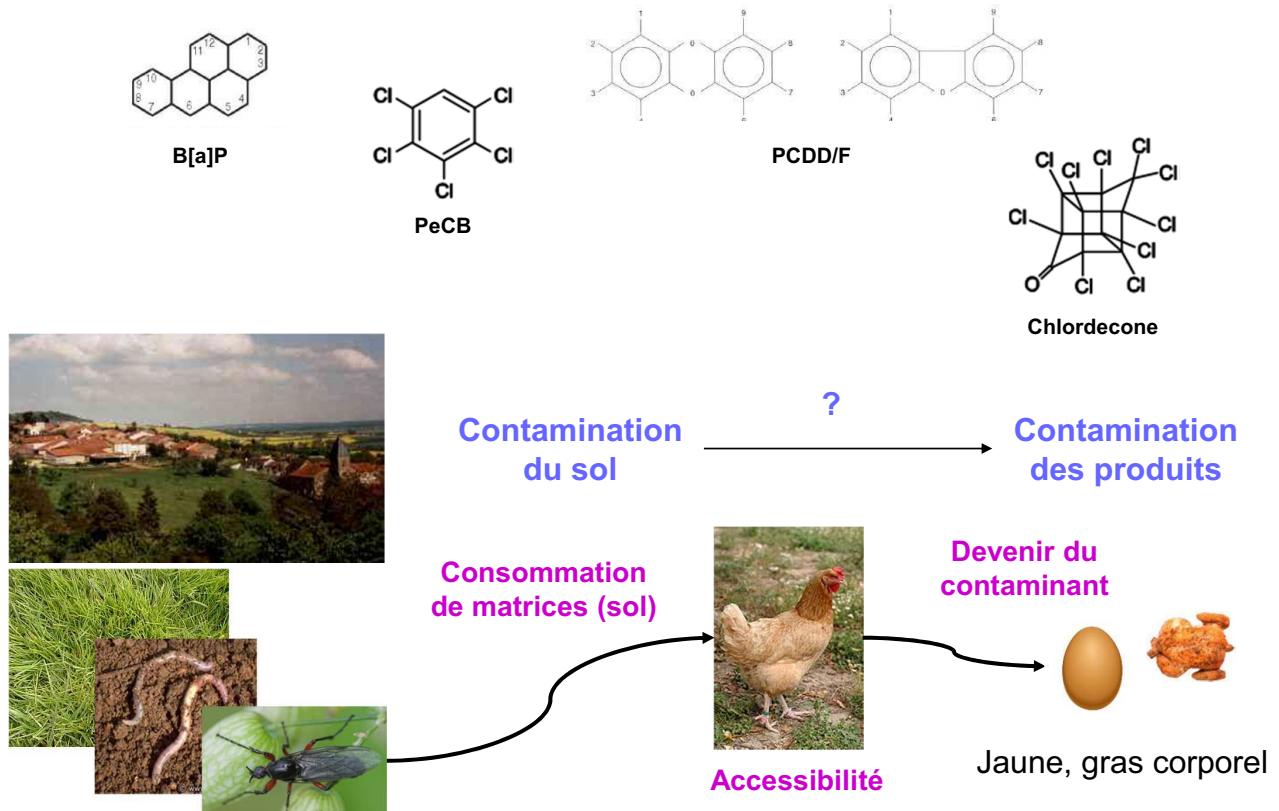


Elevages familiaux



Teneurs en PCDD/F, PCB DL et PBDE des œufs collectés dans 34 élevages professionnels et 10 élevages familiaux (Travel et al., 2008)

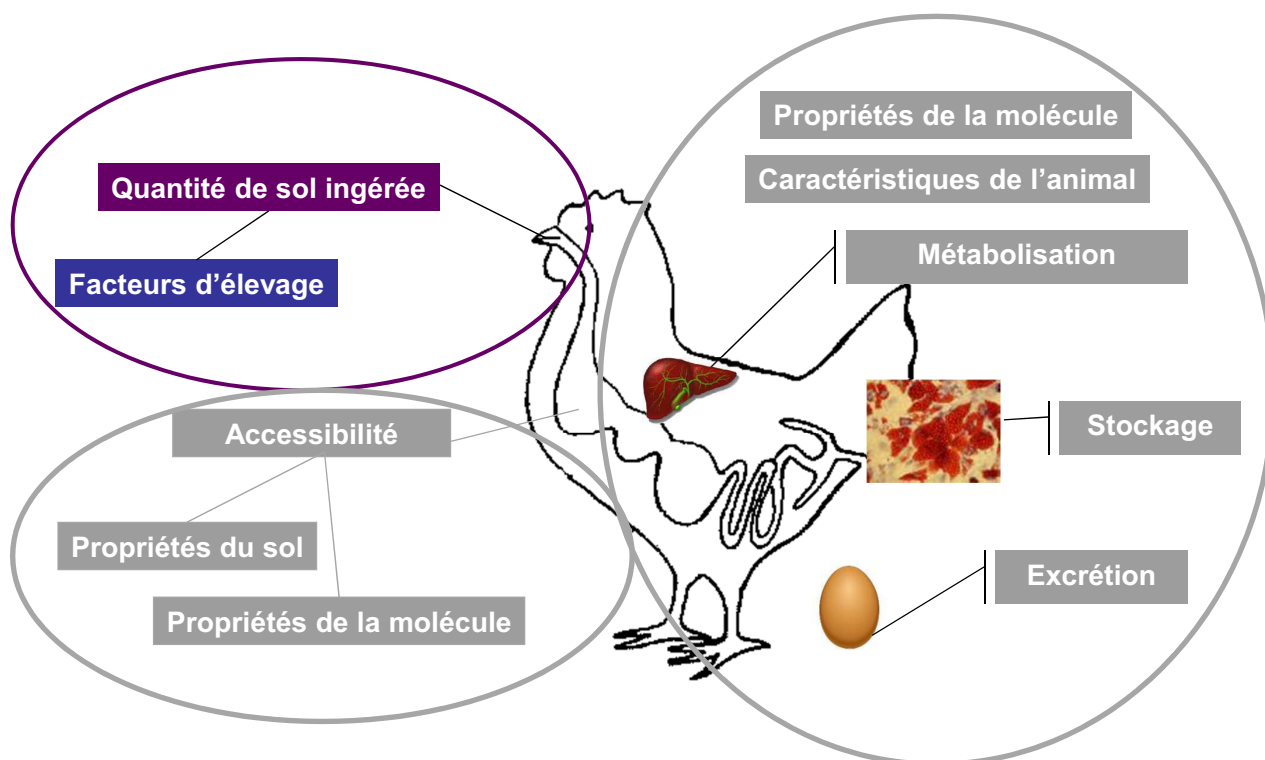
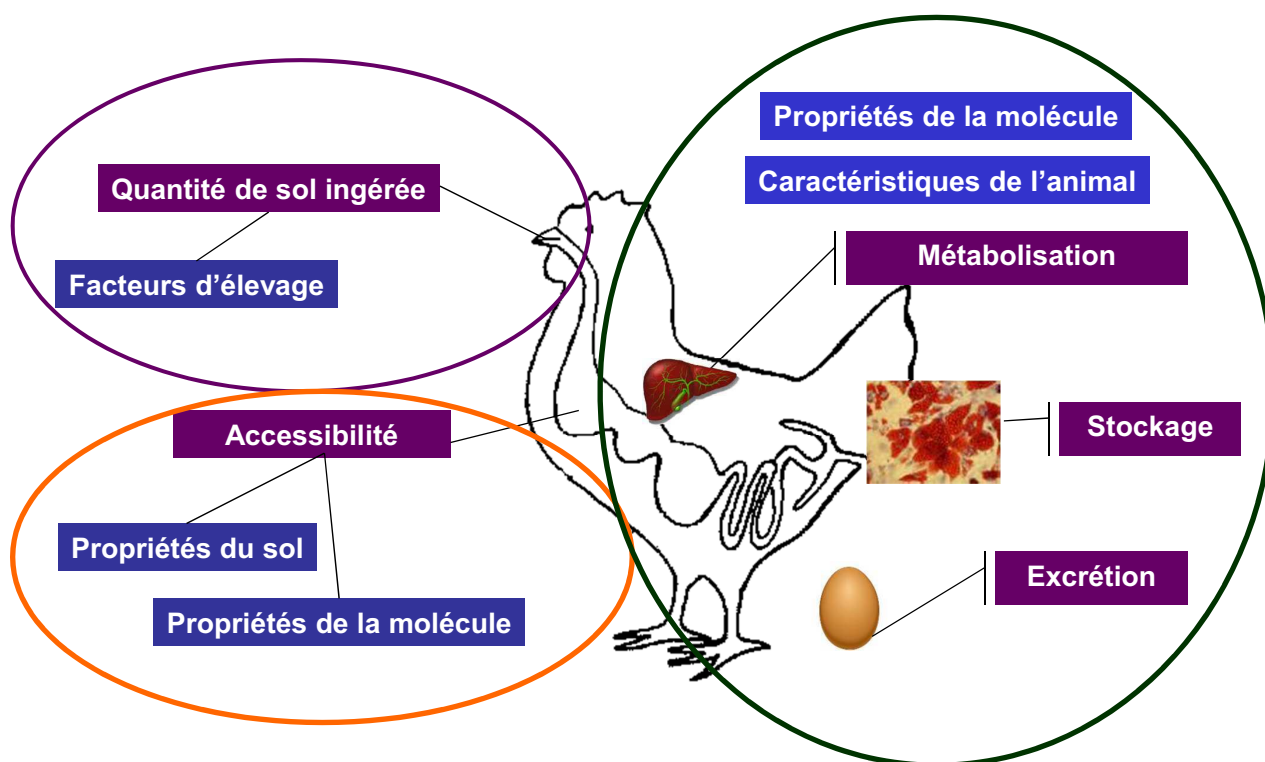
Les valeurs obtenues sont comparées aux valeurs maximales réglementaires (Règlement 466/2001/(CE) de 3 pg OMS-TEQ PCDD/F / gMG et 6 pg OMS-TEQ PCDD/F + PCB-DL / gMG



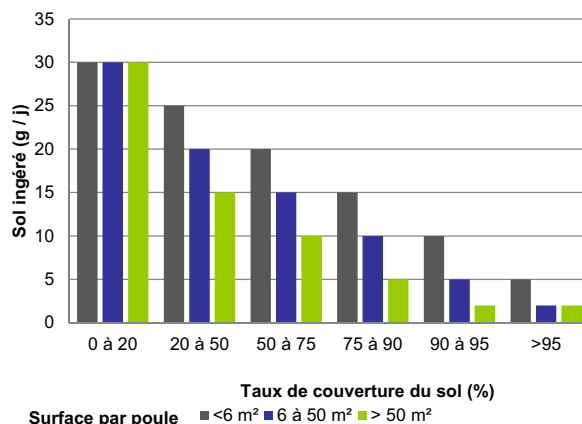
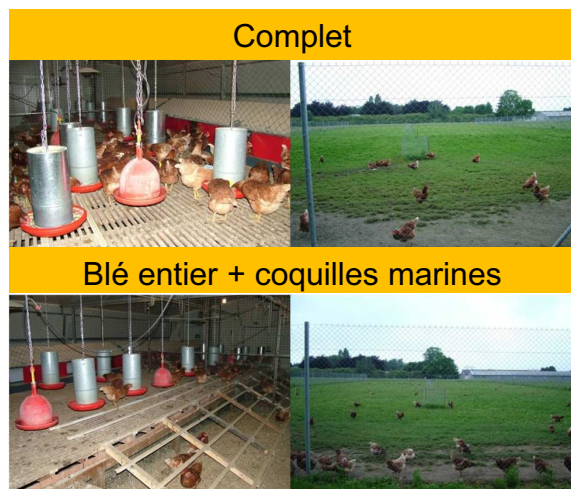
Questions

- Evaluation du risque
 - Exposition
 - Quantité ingérée
 - Facteurs de variation
 - Transfert du polluant ingéré
 - Accessibilité (dans le tube digestif)
 - Rôle du sol et de ses caractéristiques (MO)
 - Transfert vers l'œuf
 - Caractéristiques du polluant
 - Caractéristiques de la poule
 - » taux de ponte, état d'engraissement





Ingestion de sol : 2 à 30 g / jour



Déséquilibre alimentaire / Aliment grossier

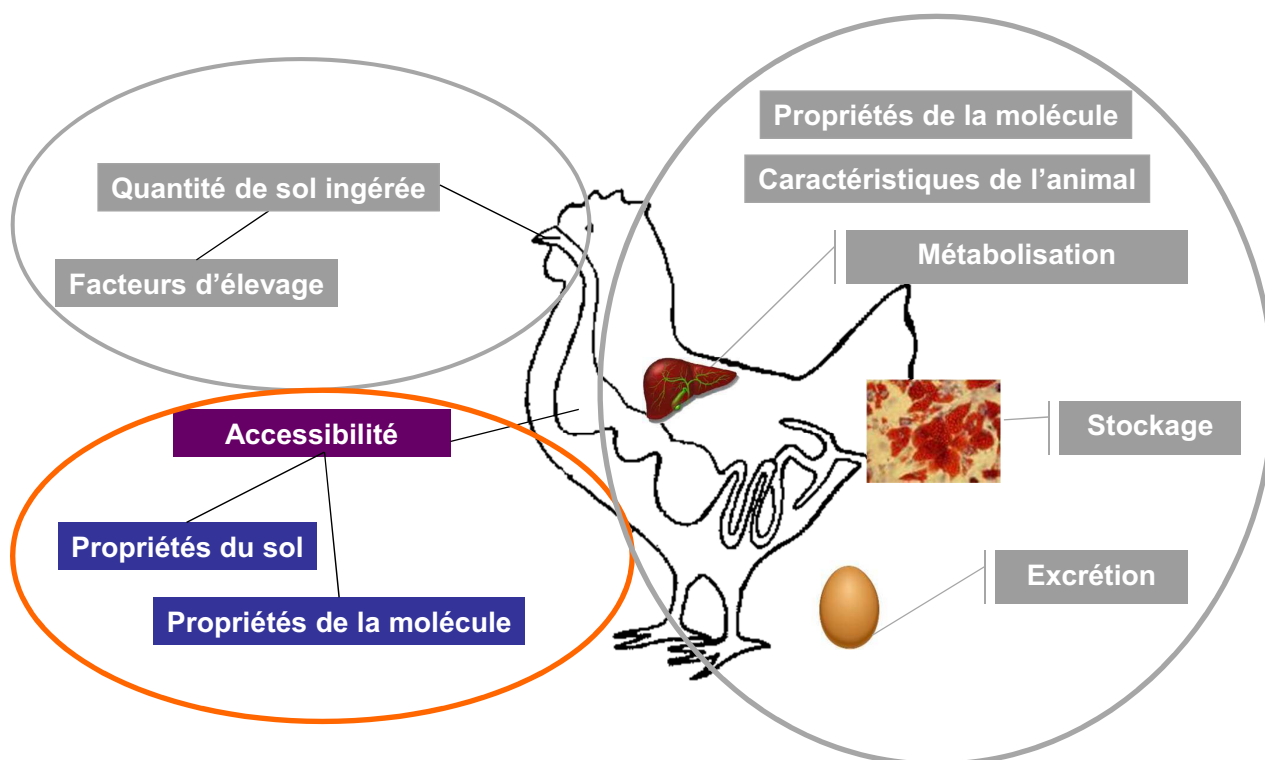
⇒ Comportement exploratoire stimulé
⇒ Ingestion de sol stimulée

Jondreville et al. (2010)

**Dégradation du couvert végétal
+
Densité augmentée**

⇒ Ingestion de sol stimulée

Waegeneers et al. (2009)



Impact du sol sur le transfert (accessibilité)

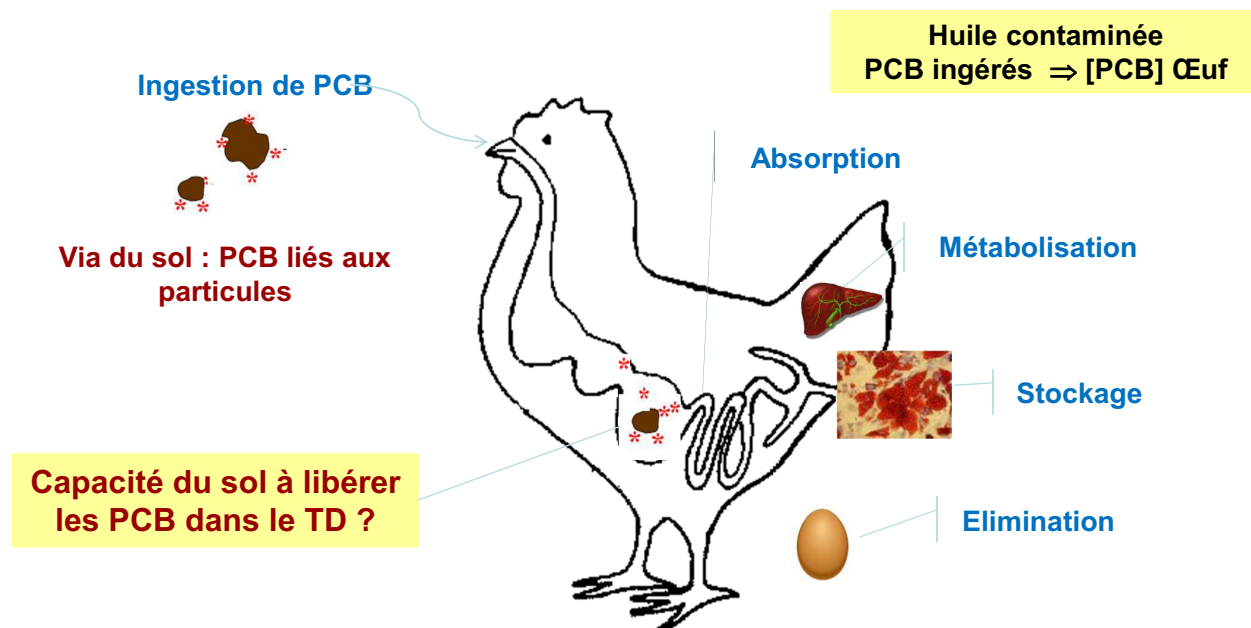
- Ce qu'on dit :
 - Les POP présents dans les sols seraient moins disponibles que lorsqu'ils sont apportés par de l'huile ⇒ Diminution du risque
 - Interactions avec MO, Argiles...
 - Mais : sols industriels (sites et sols pollués - classés) – souvent HAP
- Sols agricoles ?? Autres contaminants ?
- Littérature
 - 1 référence chez la volaille (Van Eijkeren et al., 2006)
 - 2 sols (PCDD/F, PCB DL)
 - La BR est d'environ 50-60% (le sol permet de limiter le risque)
 - Pas d'information sur les propriétés du sol
 - Autres espèces
 - Effet de l'espèce (porc vs rat)....(Budinsky et al., 2009)

Impact du sol sur le transfert (accessibilité)

- Programme
 - Impact du sol sur la biodisponibilité des PCB
 - Sols agricoles
 - MO, argiles...
 - Multiespèces
 - » Poule pondeuse, porc, ruminant

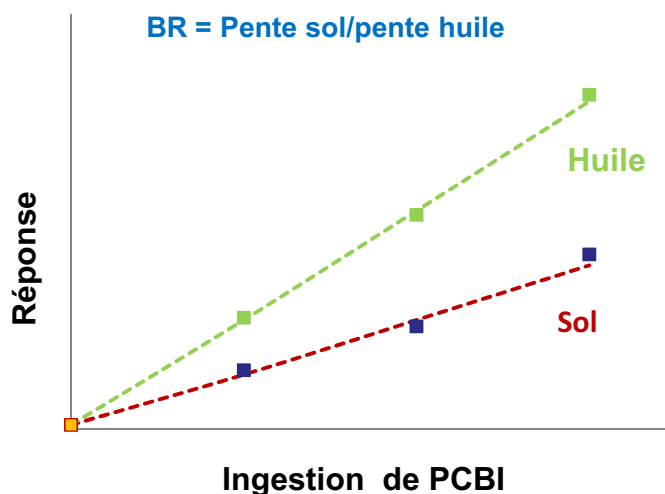
Impact du sol sur la biodisponibilité des POP

Eléments de l'évaluation du risque



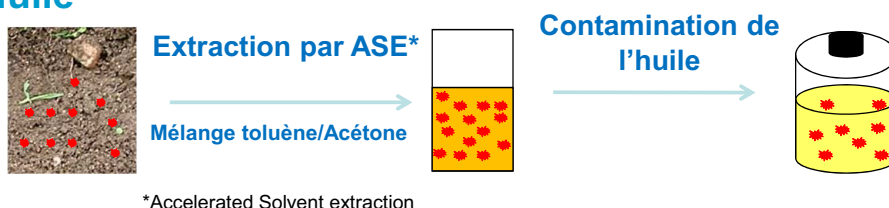
Evaluation de l'impact du sol sur la biodisponibilité : principe

- Biodisponibilité relative (BR)
 - Réponse obtenue avec le sol comparée à la réponse obtenue avec une matrice de référence (huile contaminée)



Première expérience

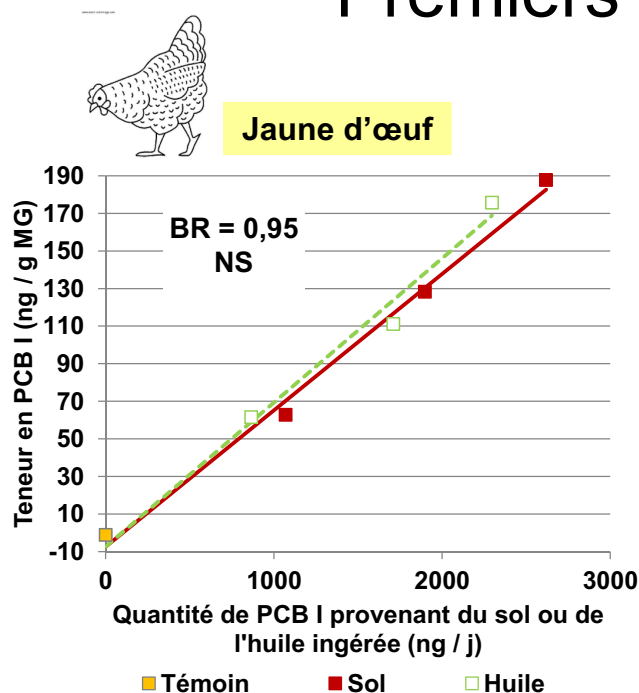
- Deux espèces animales
 - Poule pondeuse vs chèvre laitière
- Matrices contaminées
 - Sol
 - Sableux (6% argiles, 11% limons, 83% sables, 1,2% MO)
 - 709 ng PCB I / g MS
 - Huile



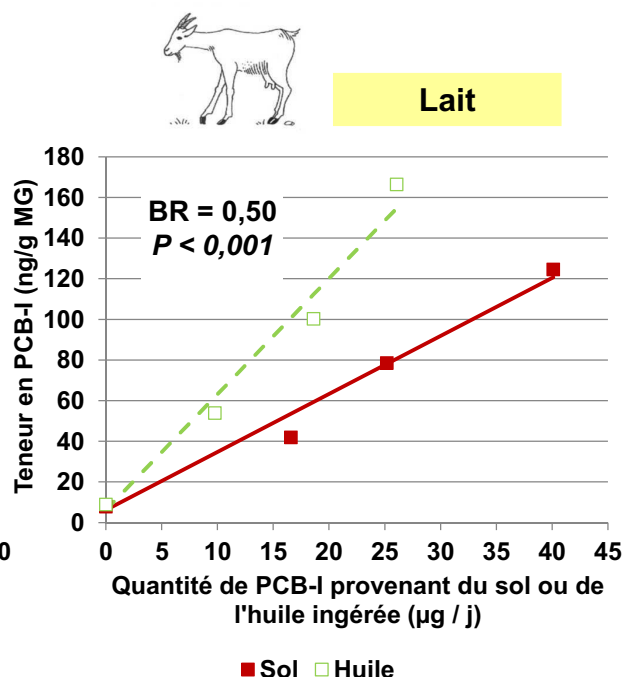
*Accelerated Solvent extraction

- Aliments
 - Granulés
 - Trois niveaux de sol
 - Trois niveaux d'huile

Premiers résultats

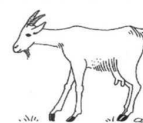
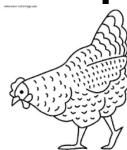


Fournier et al. (2010)



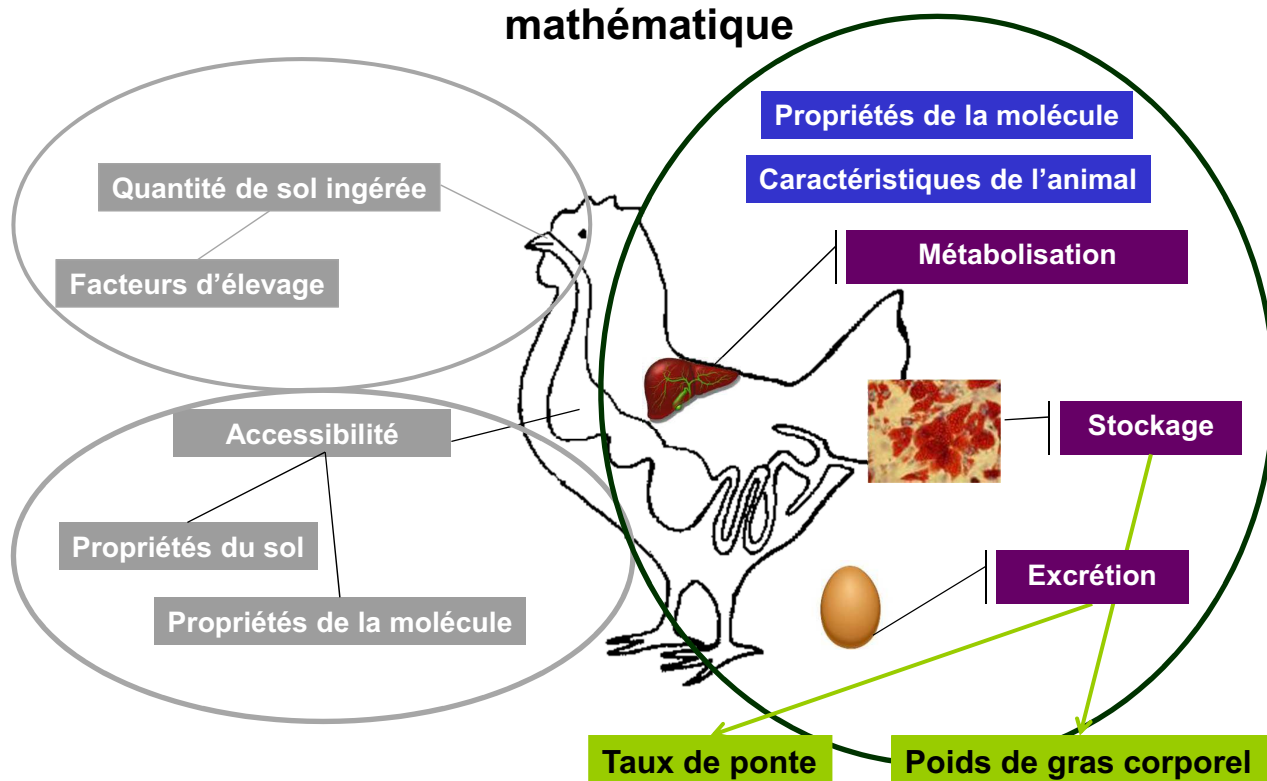
Ounnas et al. (2011)

Premières conclusions



- Le sol ne permet pas de limiter la biodisponibilité des PCB
- Le sol permet de diviser par deux la biodisponibilité des PCB
 - Interactions au niveau digestif
 - Efficacité alimentaire
 - Digestion des lipides (Sels biliaires), Temps de séjour ...
 - Poursuivre le travail
 - Autres sols
- Trois modèles animaux (porc, poule, chèvre)

Transfert à l'échelle de l'animal : modélisation mathématique



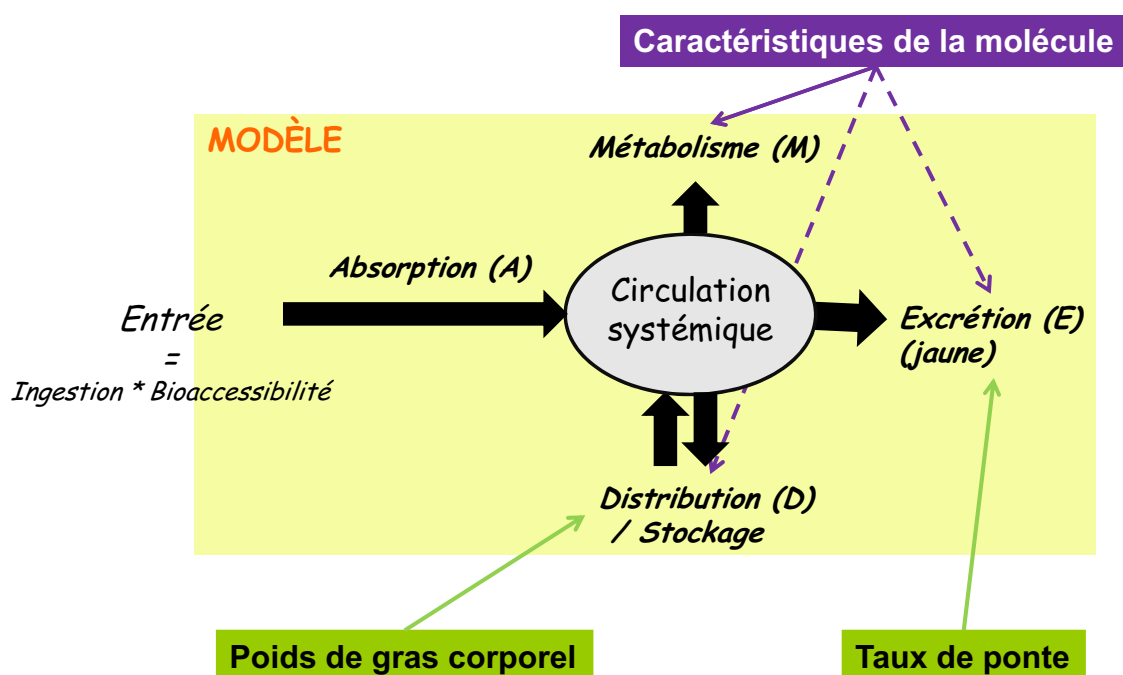
Modèle mathématique

- Indicateurs disponibles
 - BCF (facteur de bioconcentration)/ COR (taux de transfert)

Entrées / Sorties
 = boîte noire
 → ~~Facteurs de variation~~

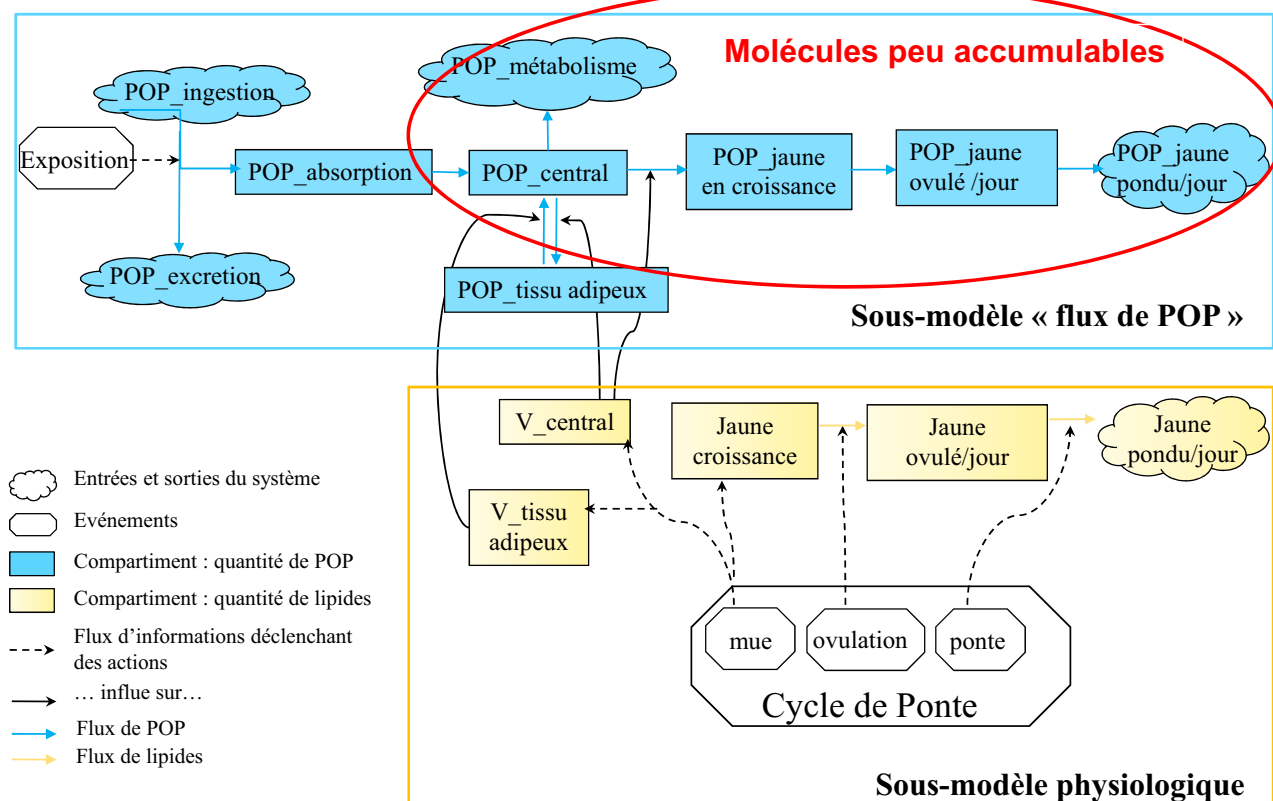
- Objectifs
 - Modèle de recherche
 - Représenter les facteurs de variation de la contamination des produits et évaluer leur impact
 - Type de molécule (métabolisation)
 - Caractéristiques physiologiques de l'animal (taux de ponte, état d'engraissement)

Principe

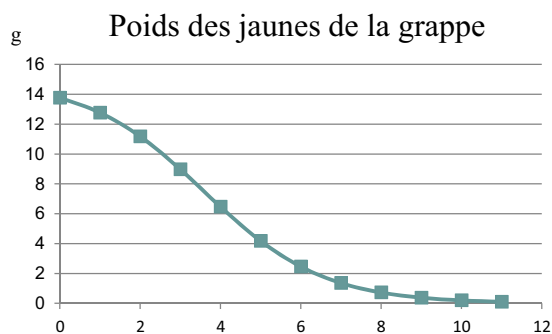


Modèle mathématique

- Principe
 - Cinétique de concentration de POP dans les tissus (œuf) (dynamique)
- Deux sous modèles (dynamiques)
 - Physiologique
 - Dépendent de dynamique d'engraissement et de la ponte
 - Compartiments : quantité de lipides (Œuf, tissu adipeux corporel)
 - Flux de lipides (croissance du jaune)
 - Flux de POP
 - Dépendent de la dynamique lipidique de l'animal



Molécules très métabolisées (peu accumulées dans le gras corporel) : ex des HAP

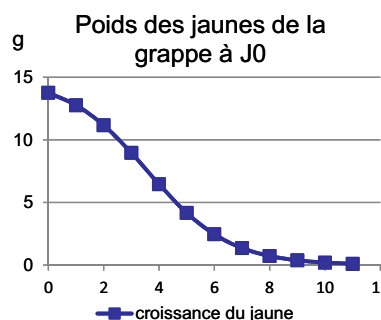


Jaune de l'œuf pondu

Jaune de l'œuf entrant en dernière phase de croissance

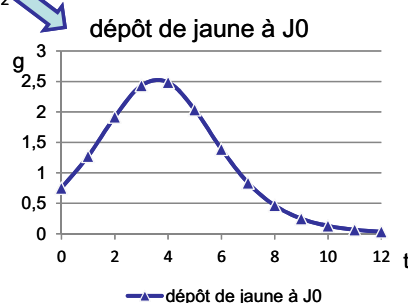
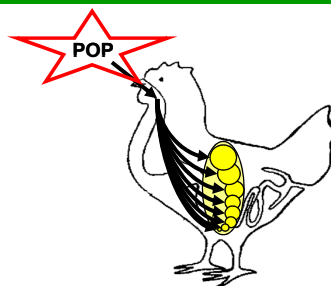


Grappe de jaunes en dernière phase de croissance



Modèle logistique

$$y = \frac{Y_{\max}}{[1 - (\frac{Y_{\max}}{Y_{\min}} - 1)e^{(-kY_{\max}(N-t))}]}$$



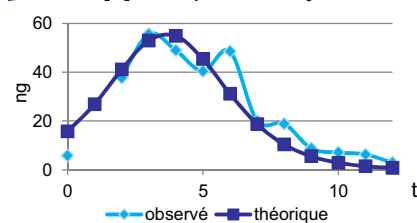
$$K_{\text{pop}} = \frac{\text{qté POP excrété}}{\text{qté jaune déposé}}$$

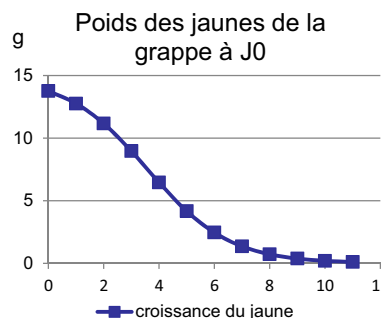
$$\text{POP}_{\text{théo}} = K_{\text{POP}} \times \text{dépôt de jaune}$$

Dérivée :

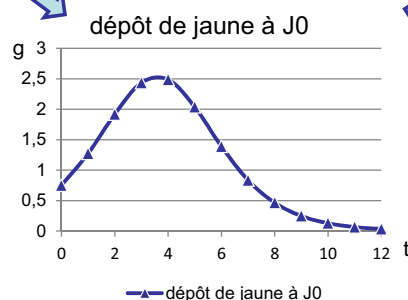
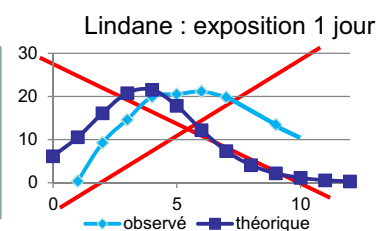
$$\frac{dy}{dt} = k y (Y_{\max} - y)$$

B[a]P : exposition 1 jour

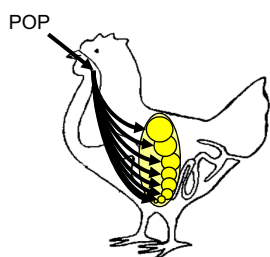




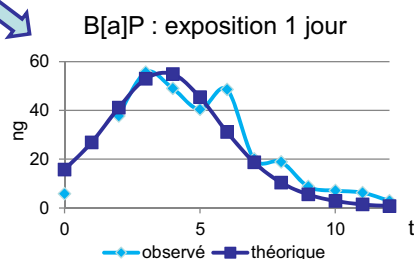
$\frac{1}{2} \text{ vie} > 1 \text{ jour} \Rightarrow$
stockage et relargage
 $\rightarrow$ notion de
bioaccumulation



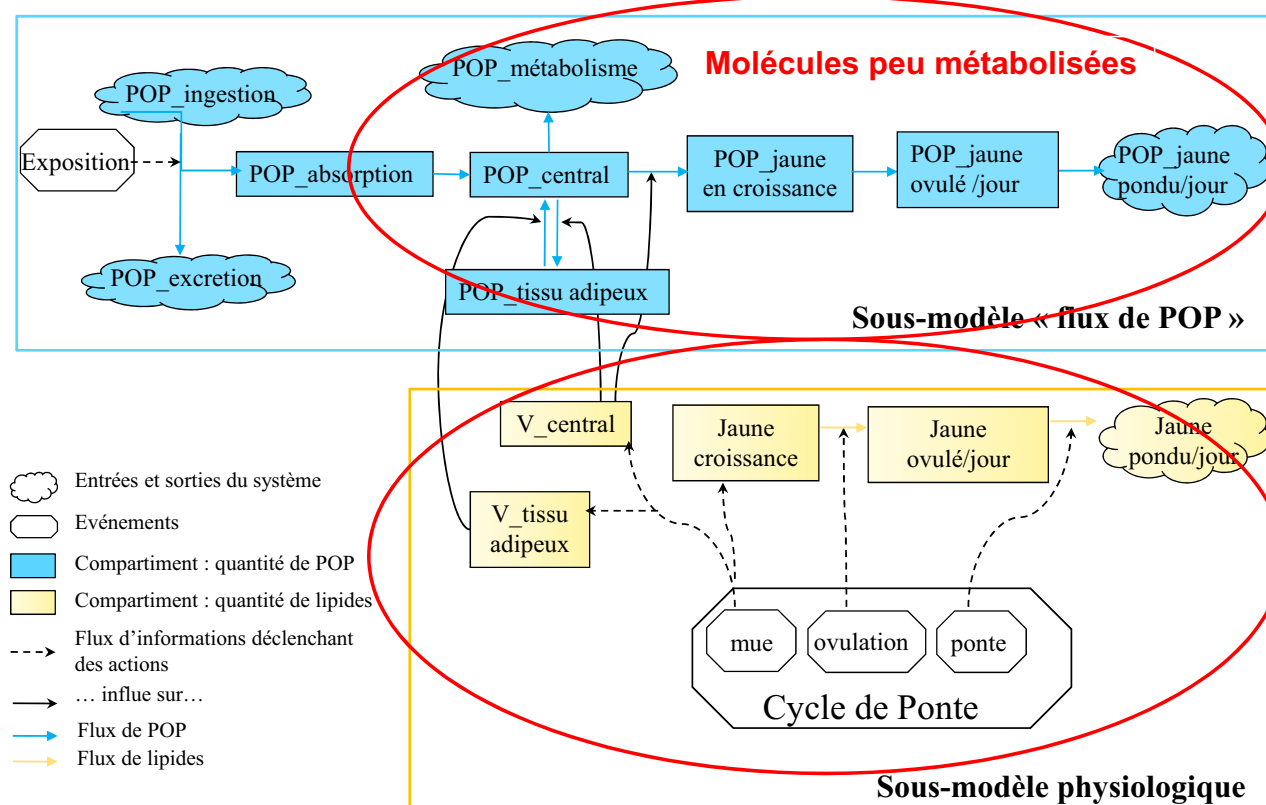
$$POP_{\text{théo}} = K_{POP} \times \text{dépôt de jaune}$$



Modèle valable pour
les molécules à
courte $\frac{1}{2} \text{ vie}$

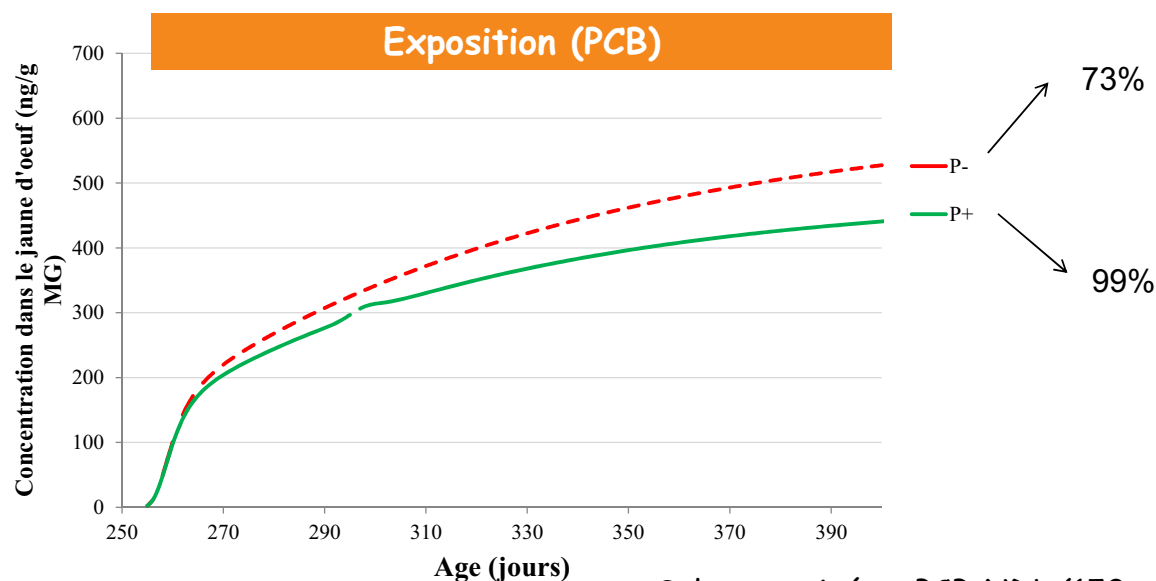


Fournier *et al.*, 2010



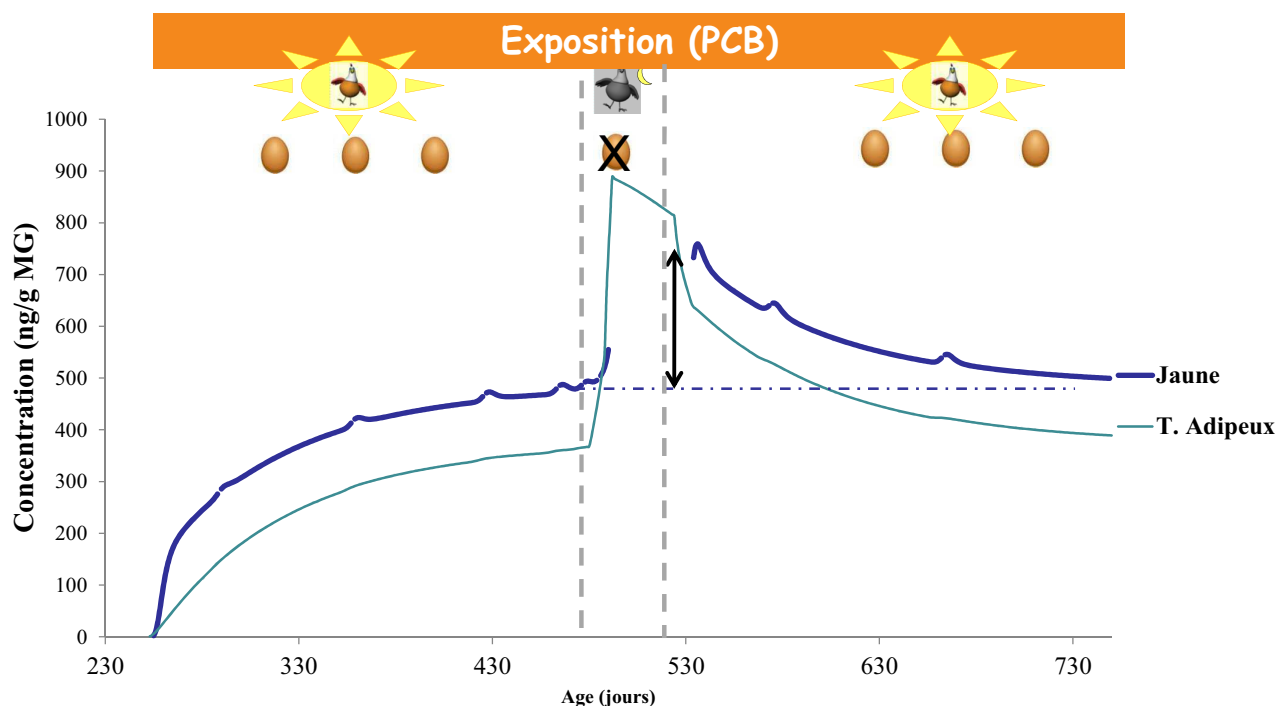
Fournier (2011)

Impact du taux de ponte : sur la cinétique de contamination de l'œuf



- Sol contaminé en PCB-NDL (150 ng.g^{-1})
- ingestion de 10 g de sol / jour
- exposition de 36 à 44^{ème} semaines
- engraissement moyen

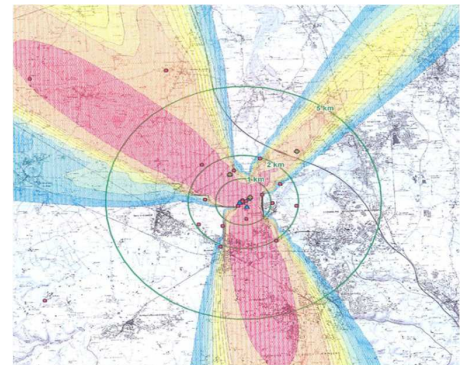
Impact de la mue



- Sol contaminé en PCB-NDL (150 ng.g^{-1}), - ingestion de 10 g de sol / jour, engraissement moyen

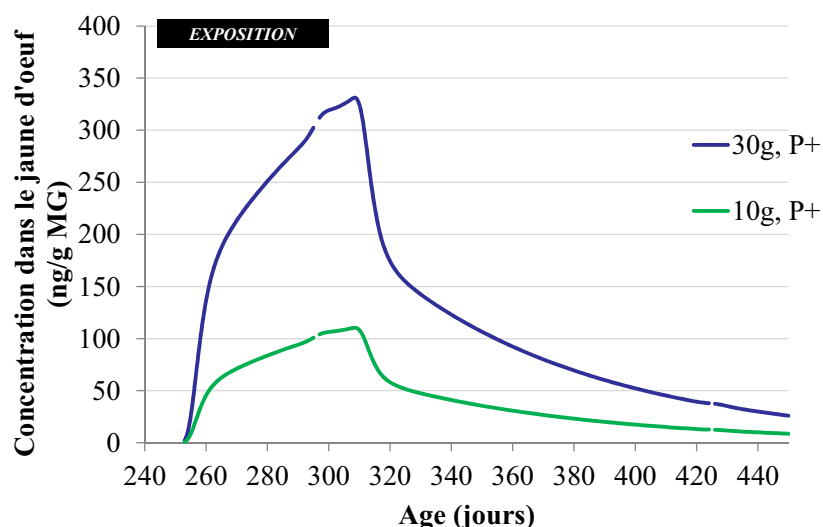
Etude de cas : St Cyprien

- Incendie d'une installation de recyclage de palettes de bois
 - Emission de fumées pendant plusieurs semaines $\Rightarrow$ Contamination des sols agricoles
 - Dioxines, furanes, HAP
 - PCB DL et NDL
- Etude de cas :
 - Elevage sur sol contaminé
 - Temps de décontamination



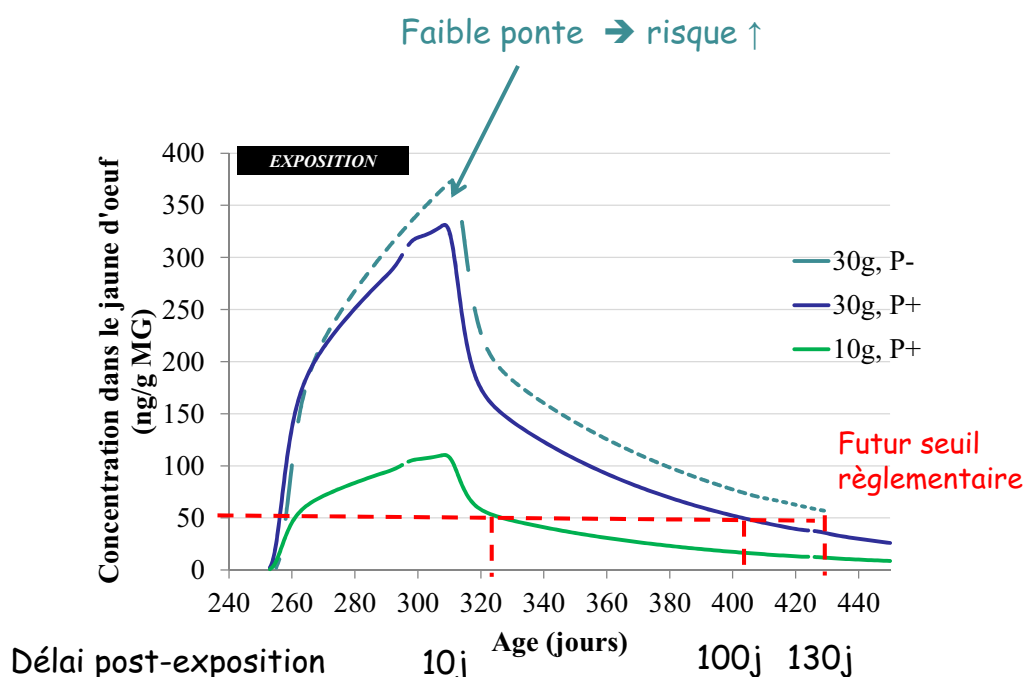
Impact de la quantité de sol ingérée

- sol contaminé en PCB-NDL (150 ng.g^{-1})
- contamination de 36 à 44^{ème} semaines
- bonne performance de ponte, engraissement moyen
 - ingestion de 10 g de sol / jour
 - ingestion de 30 g de sol / jour



Impact des performances de ponte?

Ingestion de sol favorise la détérioration des performances de ponte



Vers un modèle générique

- Toutes matrices possibles
 - Sol, aliment...
 - Travail nécessaire sur l'impact des matrices sur l'accessibilité des POPs
 - Vers un modèle digestif ?
- Tous types de molécules (généricité)
 - Modèle en devenir
 - Transport des POP au sein de l'animal (cinétique/niveau) selon le polluant
 - Transporteurs/affinité selon le polluant

Merci pour votre attention



Nouvelles connaissances sur les facteurs de transfert de contaminants organiques de l'aliment vers le lait : approche « de terrain »

Sophie Bertrand

Institut de l'Elevage/CNIEL - 149, rue de Bercy – 75595 Paris Cedex 12

- mël : sophie.bertrand@inst-elevage.asso.fr

Résumé

La mise en évidence des effets potentiellement nocifs des produits phytosanitaires constitue une préoccupation importante de la santé publique et fait l'objet de différentes études. Face à ces préoccupations suscitées, des dosages de résidus de ces produits ont été effectués dans différentes denrées alimentaires, notamment le lait dont la consommation ne cesse d'augmenter.

Etant donné l'enjeu posé par les risques de transfert de ces xénobiotiques dans le lait, une étude a été initiée par l'Institut de l'Elevage et le CNIEL (Interprofession Laitière) dans le but de mettre en place un plan de surveillance de résidus de ces produits phytosanitaires dans le lait au niveau national. Parmi les nombreuses substances actives utilisées, une présélection a porté essentiellement sur des produits appliqués sur les cultures destinées à l'alimentation de la vache laitière.

Le premier volet de cette étude a consisté en une synthèse des connaissances bibliographiques sur les mécanismes de transfert des molécules d'une part, et sur les niveaux de contamination des laits retrouvés au niveau Français et mondial d'autre part. Dans un deuxième volet, nous avons réalisé une classification des substances actives à partir des critères d'exposition de la vache laitière, mais aussi des critères de danger relatifs au composé chimique (éléments fournis par la synthèse des connaissances bibliographiques), notamment les facteurs tels que la biodisponibilité, la liposolubilité, la biotransformation des substances.

Le troisième volet expérimental de l'étude a permis de tester la pertinence de cette sélection de molécules grâce à une opération pilote menée sur une dizaine d'élevages laitiers. Cette opération consiste dans un premier temps à effectuer des prélèvements de lait, tout le long de l'année en tenant compte des variations des rations alimentaires de la vache laitière. Dans un deuxième temps, des analyses ont été réalisées auprès d'un laboratoire compétent afin de quantifier les concentrations de ces substances (liste sélectionnée) dans le lait. Les premiers résultats partiels de cette étude montrent bien que les prélèvements effectués sont exempts de contamination et de ce fait ne constitue pas de risque pour le consommateur. Le résultat final constituera une aide à la prise de décision ainsi qu'à la mise en œuvre éventuelle d'un outil de gestion de risque et de recommandations aux bonnes pratiques d'élevage.

Mots clés : lait, produit phytosanitaire, résidu, santé.

Analyse des risques de contamination du lait par les produits phytosanitaires

Sophie BERTRAND, Achraf ADIB, Institut de l'Elevage/CNIEL



La démarche de travail

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE :

- Evaluation des niveaux de contamination en France et dans le monde: synthèse des connaissances bibliographiques,
- Identification des différents facteurs intervenant dans le transfert de ces substances vers le lait (synthèse des connaissances),
- Evaluation du risque de contamination par les produits phytosanitaires:
 - ✚ Etablissement de liste prioritaire de substances actives à rechercher dans le lait

PARTIE EXPERIMENTALE : (opération pilote)

- Sélection d'exploitations
- Enquêtes terrain
- Prélèvements de lait & dosages par CG-SM.

Evaluation des niveaux de contamination en France et dans le monde

INSECTICIDES

✚ Organochlorés:

- Effets de bio-accumulation & bio-amplification dans la chaîne alimentaire,
- Grande persistance quelques mois chez la vache, quelques années chez l'homme
- Présence dans le lait à des concentrations > LMR dans les pdd
- Cout modéré & efficacité ➡ pérennité d'emploi

✚ Organophosphorés :

- Toxiques non cumulatifs, biotransformations importantes,
- Présence dans le lait à des concentrations > LOQ mais souvent au-dessous des LMR

Risque élevé (substances à surveiller) !

Evaluation des niveaux de contamination en France et dans le monde

INSECTICIDES

✚ Carbamates

- Lipophilie modérée
- Métabolisme et élimination rapide
- Propriétés basiques ↔ Application directe sur certaines cultures, fortes doses

✚ Pyréthrinoides

- Substances extrêmement lipophiles
- Biotransformations importantes ➡ élimination rapide
- Traitement des cultures + antiparasitaires chez les bovins
- Substances nettement présentes en cas d'usage massif, mais faibles doses d'emploi

Evaluation des niveaux de contamination en France et dans le monde

FONGICIDES

+ Triazoles:

- Forte utilisation,
- Grandes quantités

+ Strobilurines:

- Forte utilisation (nouvelle famille, 1998),
- Biotransformation importante ➡ élimination rapide
- Développement de résistance

Peu d'études ➡ transfert limité vers le lait ?

Evaluation des niveaux de contamination en France et dans le monde

HERBICIDES

+ Triazines & Sulfonylurés :

- Très utilisées sur maïs et céréales,
- Forte persistance dans le sol

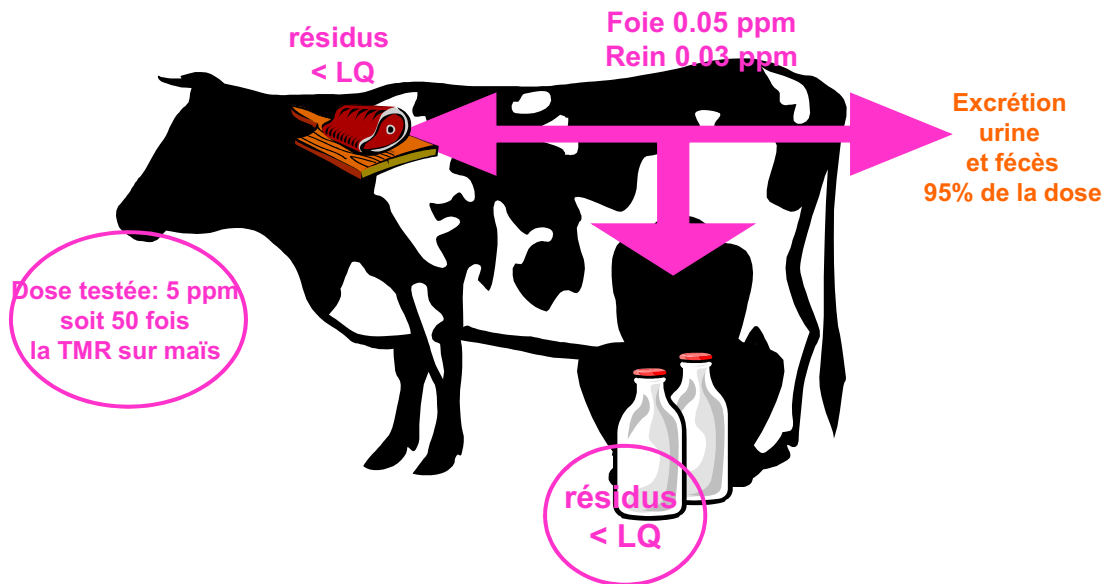
+ Toluidines:

- Forte lipophilie,
- Utilisation en grandes quantités sur les cultures

Manque d'études sur ces familles d'herbicides !

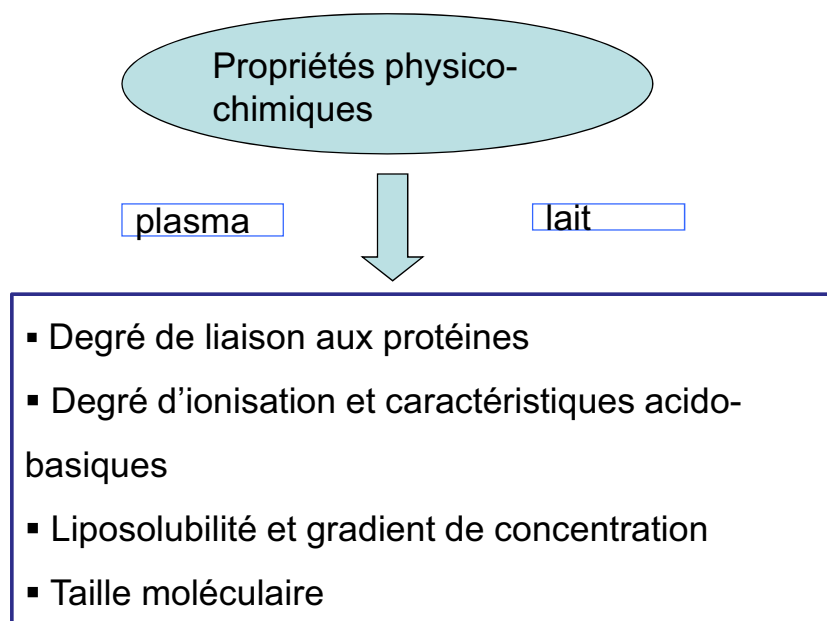
Les facteurs de transfert

L'exemple de l'imidaclopride



Les facteurs de transfert

➤ Facteurs liés au xénobiotique



Les facteurs de transfert

Degré de liaison aux protéines



Plus le taux de liaison d'une substance au niveau plasmatique augmente, moins son excrétion dans le lait sera importante

pKa et propriétés acido-basiques



Passage = forme non-ionisée
Les bases faibles diffusent plus aisément dans le lait à l'inverse les acides faibles tendent à rester dans le plasma

Liposolubilité



Coefficient octanol-eau grand  affinité de la substance aux lipides est importante
limite pour les produits dont le log KOW (Log p) $\geq 6,3 - 6,5$

Taille moléculaire



800-1000 Da traversent mieux les membranes plasmiques
(possibilité de passage /filtration pour les molécules hydrosolubles)

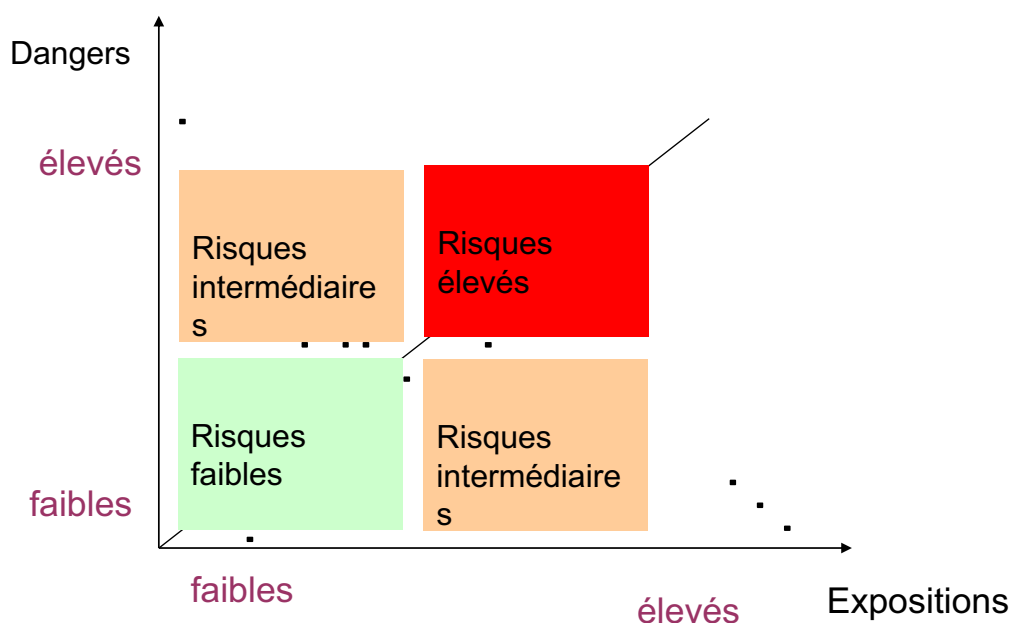
Etablissement d'une liste prioritaire

- ✓ 176 SA présélectionnées à partir d'une enquête menée en 2004 auprès des éleveurs laitiers
- ✓ Principales cultures concernées: maïs, céréales et prairies,
- ✓ Les critères retenus comme variables à étudier sont:
 - ✚ **Critères d'exposition:** fréquence, période, persistance et présence dans les différents compartiments biologiques,
 - ✚ **Critères de danger:** Kow, DJA, LMR « lait », classe de toxicité

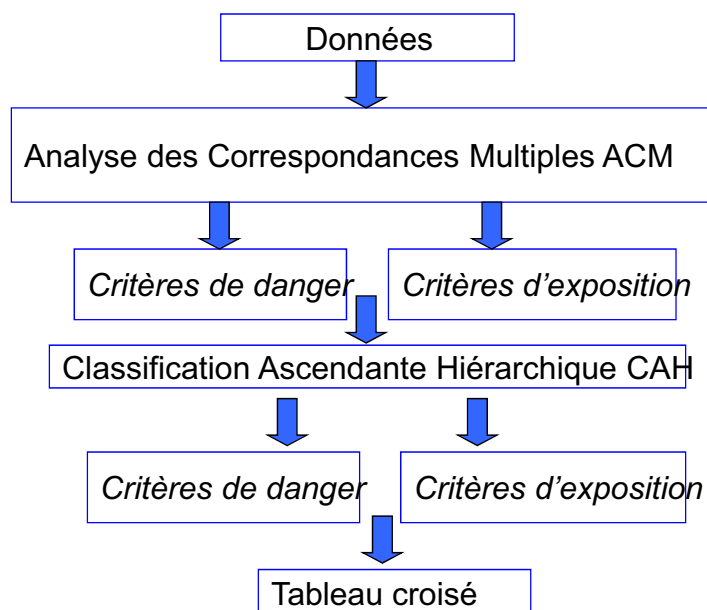
Etablissement d'une liste prioritaire

A-Variables d'exposition	Unité	Signification
1-Fréquence	s.d	Fréquence d'utilisation du produit phytosanitaire
2-Période	s.d	Période d'utilisation du produit phytosanitaire
3-Persistance du produit	jours	Persistance dans le sol
4-Présence du produit dans les compartiments	s.d	Présence dans l'air, le sol et dans l'eau
B-Variables de danger	Unité	Signification
5-Coefficient de partage octanol-eau = Kow	s.d	Affinité pour les membranes biologiques et les graisses (caractère de bioaccumulation)
6-Dose Journalière Acceptable = DJA	mg/kg PC	Toxicité à long terme pour l'homme
7-Limite Maximale de Résidu dans le lait = LMR (lait)	mg/kg	Limite légale applicable aux concentrations du produit phytosanitaire sur les cultures
8-Classe de toxicité	s.d	Nature du produit et son classement toxicologique

La méthode de construction de la liste



La méthode de construction de la liste



Les résultats

1) Liste de SA* fortement à risque

- ✚ Nature toxique , voir très toxique
(principalement les Insecticides),
- ✚ Fongicides sur céréales : application en
grande quantité,
- ✚ Herbicides sur maïs et prairies.

Les résultats

2) Liste de SA moyennement à risque

- ✚ Herbicides sur maïs et prairies,
- ✚ Molécules avec propriétés basiques, et $\log P > 3$,
- ✚ Emploi à faibles doses

Les résultats

3) Liste de SA faiblement à risque

Herbicides ➡ céréales

Log P faible & nature toxicologique faible ➡ diminution du transfert vers le lait

4) Liste de SA avec des DJA très faibles

croisement de classes avec critères de danger et d'exposition faibles & DJA très faibles

L'opération pilote

Objectif:

La mise en place d'un plan de surveillance de produits phytosanitaires dans le lait au niveau national

- ✚ Sélection d'exploitations
- ✚ Enquêtes terrain
- ✚ Prélèvements d'échantillons de lait
- ✚ Dosages par CG*-SM/SM & HPLC

*Chromatographie en phase gazeuse

L'opération pilote

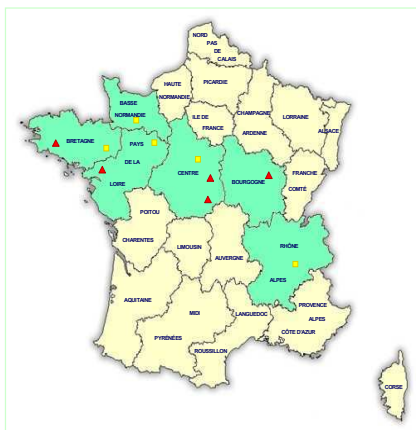
Stratégies d'échantillonnage

- ✓ Régions fortes productrices de lait,
- ✓ Dizaine élevages,
- ✓ Questionnaires,
- ✓ Prélèvements de lait à trois périodes dans l'année.

Analyse

CG-SM / SM & HPLC*

limite: manque de méthodes analytiques sensibles et spécifiques



Premiers résultats

- ✓ Traitement des questionnaires: emploi important de fongicides & d'herbicides,
- ✓ Résultat d'analyse: Aucun résidu n'a été détecté dans les LOQ définies par le laboratoire.

*chromatographie en phase liquide à haute performance

Conclusion

- L'analyse bibliographique a montré que la présence de résidus de pesticides dans le lait semble être préoccupante dans les pays en expansion économique (Inde, Brésil et Mexique) ➡ présence de risque lors d'importations d'aliments du bétail (ex: tourteaux de soja, céréales...),
- Très peu d'études réalisées sur le sujet en France, la plupart portent sur les anciennes substances actives ➡ développement insuffisant de méthodes analytiques appropriées,
- Absence de résidus de produits phytosanitaires à des teneurs > LOQ* dans cette 1^{ère} étape de l'opération pilote ➡ nécessité de poursuite.

*Limite de Quantification

Perspectives

- ✓ Initiation d'une étude avec l'ANSES pour une mise à jour et un raffinement de la liste prioritaire à partir des modèles d'exposition des vaches laitières en fonction de la ration, et intégration des données sur les biocides

Pour en savoir plus ...

- **Site Internet** : www.quasaprove.org
- **Forum** de questions techniques sur le site Internet
- **Lettre d'informations** (électronique) : n°3 parue, disponible sur le site Internet
- **Documents** téléchargeables sur le site Internet :
 - Mycotoxines : posters et cartels
 - Dossier « Le Cadmium dans les productions végétales de grande culture »
 - Les polluants organiques persistants dans les œufs
 - Bibliographie
 - *Dossier post-récolte bientôt téléchargeable*

Réseau Mixte Technologique

Qualité sanitaire des productions végétales de grande culture : 'QUASAPROVE'

Contexte et enjeux du RMT

La réglementation européenne du « Paquet Hygiène » en matière de qualité sanitaire des aliments s'applique à toutes les filières agricoles et agro-alimentaires, de l'étape de la production jusqu'à l'alimentation humaine ou animale. Aujourd'hui, tous les opérateurs agricoles et agro-alimentaires doivent relever le défi majeur de la gestion de la qualité et de la sécurité sanitaire des aliments issus des productions végétales.

La réduction de 50% des usages de produits phytosanitaires d'ici dix ans, prévue dans le cadre du Plan Ecophyto 2018, va poser le problème du maintien et de la garantie de la qualité et de l'innocuité des produits alimentaires issues de productions végétales.

Anticiper les effets du changement climatique sur le développement des organismes pathogènes est devenu un autre enjeu incontournable pour la production agricole.

L'ambition du RMT 'QUASAPROVE' est de faire progresser de façon globale et harmonisée la maîtrise des risques que font peser sur la qualité sanitaire des productions végétales de grande culture, à toutes les étapes de la chaîne alimentaire des filières concernées, les contaminants ou les organismes indésirables suivants : **mycotoxines, éléments traces métalliques, résidus de produits phytosanitaires, insectes et microflore fongique.**

Les objectifs du RMT

- Organiser le regroupement de compétences pluridisciplinaires pour des **expérimentations par approche intégrée** (multicontaminants) à partir d'un **réseau national de parcelles** ;
- Améliorer les connaissances sur **l'impact du gradient climatique** : a) sur l'intensité des contaminations des produits agricoles d'origine végétale par les polluants minéraux ou les mycotoxines ; b) sur la distribution des espèces fongiques mycotoxinogènes sur céréales ;
- Construire une **base de données** sur les contaminants minéraux et les fusariotoxines dans les productions végétales de base de l'alimentation ;
- Concevoir et développer des **outils innovants** permettant de réduire les niveaux de résidus de pesticides de **protection antiparasitaire post-récolte** dans les aliments à base de céréales ;
- Elaborer la synthèse des connaissances sur le **transfert des contaminants aux produits transformés** (par l'animal ou par la voie technologique) ;
- Créer un site Internet de communication scientifique et technique, en relation avec la **construction de programmes de formation et de supports pour l'enseignement secondaire et supérieur.**

<u>Les axes de travail :</u>	<u>Pour chaque axe, les résultats prévus :</u>
1- Site Internet 2- Du prélèvement à l'analyse, vers une approche multicontaminants 3- Mycotoxines 4- Réduction des risques sanitaires en post-récolte 5- Devenir des contaminants au cours de la transformation 6- Réseau de parcelles multisites et multicontaminants 7- Programmes de formation et supports pour l'enseignement	1- Site Internet et forum de questions techniques 2- Méthodes d'échantillonnage et protocoles d'analyse 3- Nouveaux outils biomoléculaires de quantification - Dispositifs expérimentaux pour répondre à l'impact d'une réduction des produits phytosanitaires, du développement des systèmes en AB et du réchauffement climatique 4- Modèles de prédiction du devenir des résidus de pesticides dans les grains stockés et à la 1ère transformation - Enquête nationale d'analyse des risques sanitaires au cours du stockage des céréales 5- Bilan des connaissances acquises et/ou à acquérir 6- Réseau de parcelles et protocole de suivi 7- Séminaires - Base de ressources en ligne pour les enseignants et formateurs

Partenariat

Instituts techniques agricoles & agro-industriels : ACTA, CETIOM, ARVALIS-Institut du Végétal, ITB, ITAVI, Institut de l'élevage, ITERG, IFBM

Chambre d'Agriculture : Chambre Régionale d'Agriculture d'Aquitaine

Organismes de recherche et enseignement supérieur : INRA (unités de Bordeaux, Grignon et Dijon), FranceAgriMer, Anses, Université de Pau et des Pays de l'Adour - LCABIE, ENITAB

Enseignement Technique : EPLEFPA des Pyrénées-Atlantiques (Pau-Montardon)

Exemples de travail en partenariat avec d'autres réseaux

- Réseau FUSATOX (Contamination des céréales par les mycotoxines de Fusarium) soutenu par le département Santé des Plantes et Environnement de l'INRA
- Réseau de Mesure de la Qualité des Sols géré par l'INRA
- Réseaux du pôle de recherche et développement « QUALIS » (Qualité et sécurité des aliments d'origine végétale) à Bordeaux
- UMT « Mycotoxines émergentes de l'orge de brasserie, du champ aux produits finis et co-produits » pilotée par l'IFBM à Nancy
- Pôle de compétitivité « Prod'innov Aquitaine » à Bordeaux
- Pôle de compétitivité agroalimentaire « Vitagora » à Dijon (filrière blé-farine-pain)
- Pôle de compétitivité « Céréales-vallée » à Clermont-Ferrand

Contact pour en savoir plus :

Site internet : <http://www.quasaprove.org>

Emilie DONNAT

ACTA

149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12

emilie.donnat@acta.asso.fr

Francis FLEURAT-LESSARD

INRA Bordeaux

UPR INRA 1264 MycSa Bordeaux, BP 81 -
33883 Villenave d'Ornon Cedex

francis.fleurat-lessard@bordeaux.inra.fr