

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 malaaxon, exprimée en malathion)

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

3 voies d'exposition humaine aux résidus de pesticides :

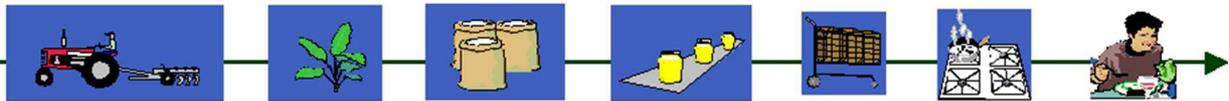
- voie cutanée



- 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)

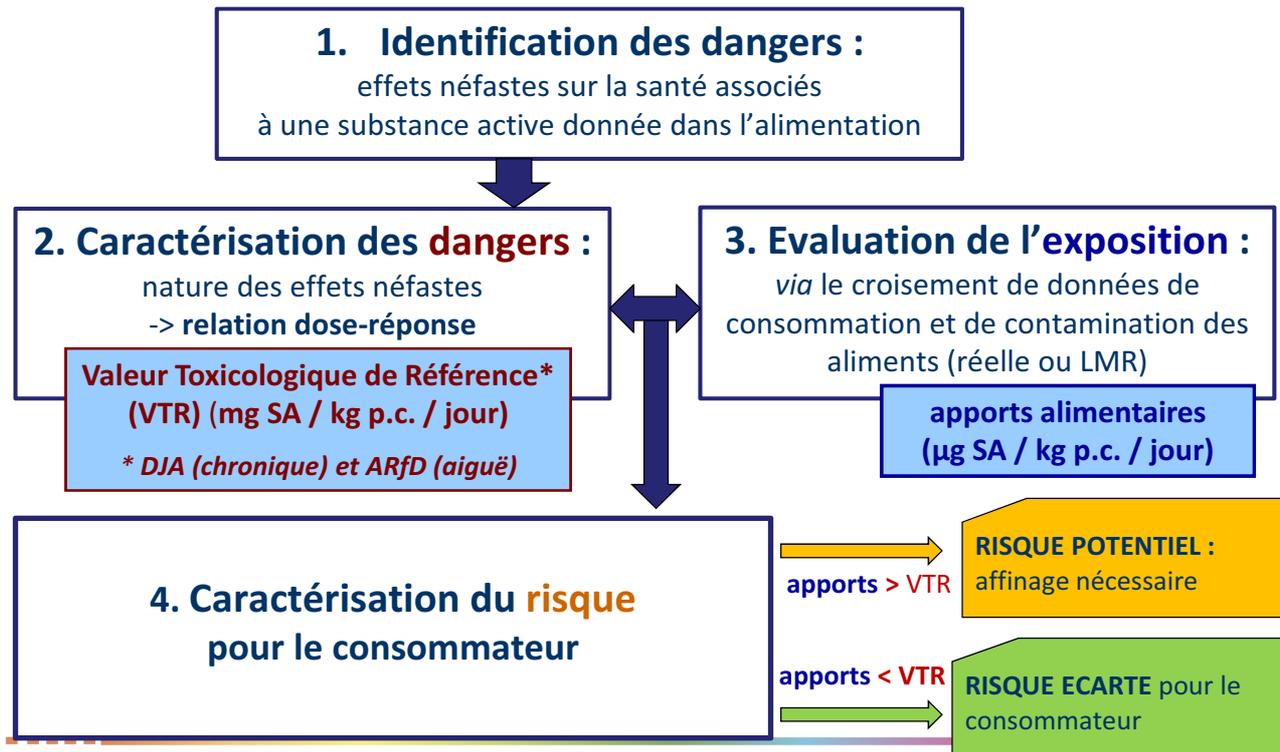
EFSA ↔ ANSES / DER

- 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
+	198,4	x 0,0009
+	191,5	x 0,0076
+	541,4	x 0,0025
+	315,0	x 0,0007

Ensemble du régime alimentaire

Exposition chronique

- Consommation **moyenne**
- Contamination **moyenne** observée dans chaque aliment

Exposition aiguë

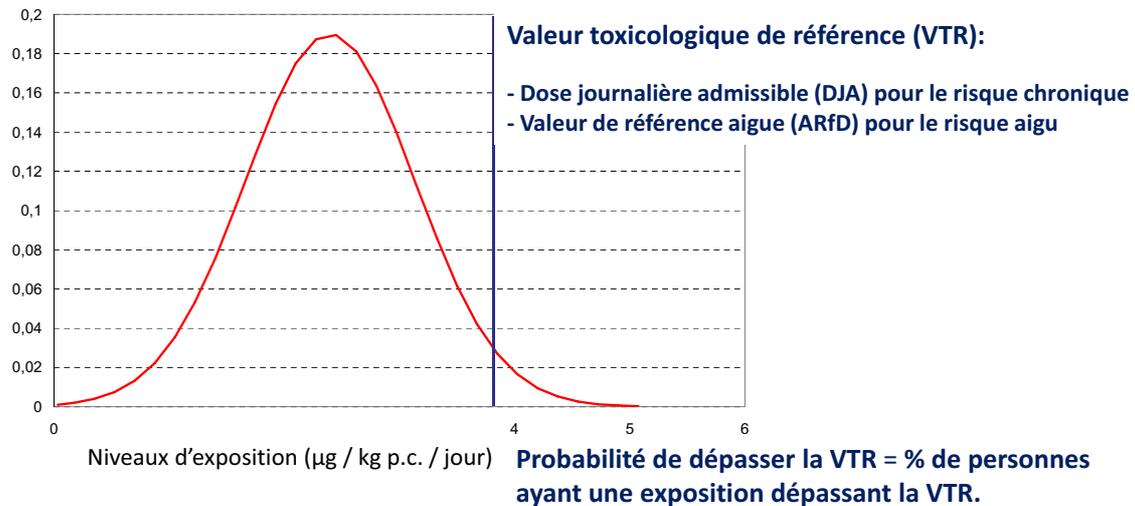
- Consommation **un jour donné**
- Un aliment très **fortement contaminé** (97,5^{ème} percentile de contamination observée) . Contamination moyenne des autres aliments

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%)

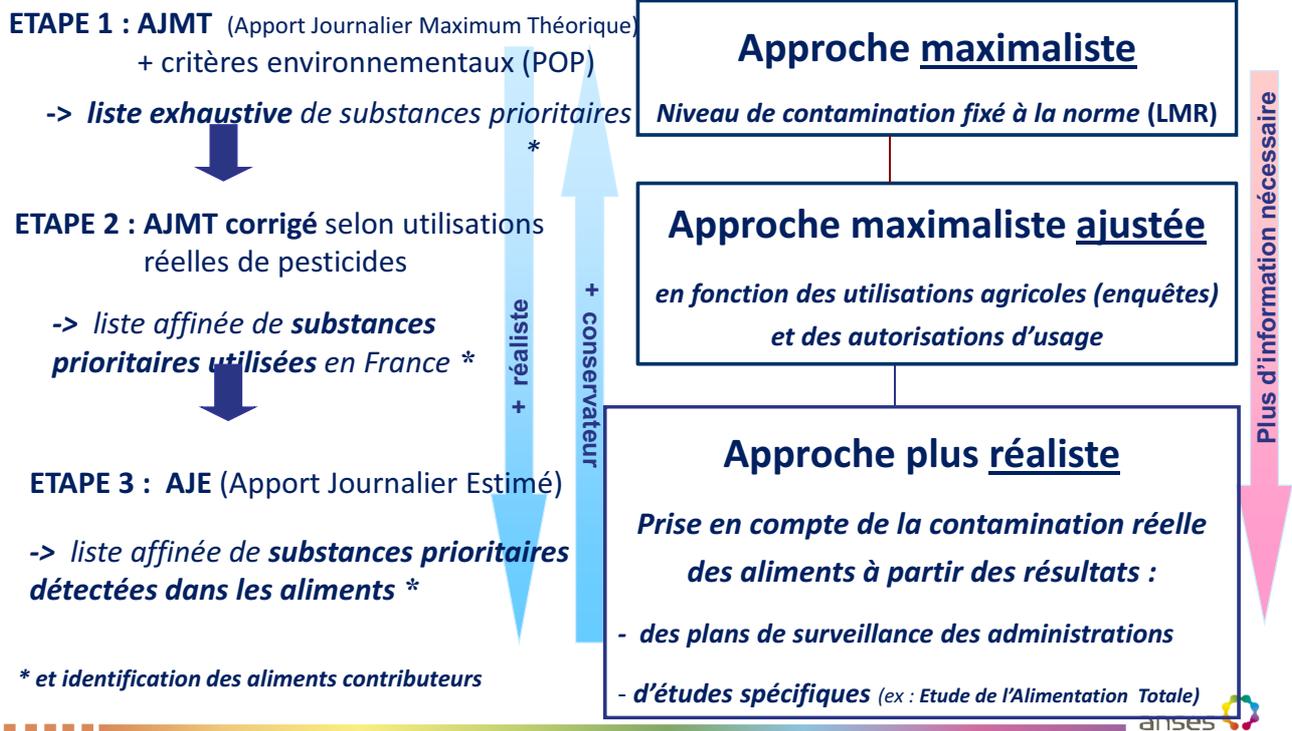
Principales contraintes pour évaluer l'exposition alimentaire aux résidus de pesticides

- **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 : 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)

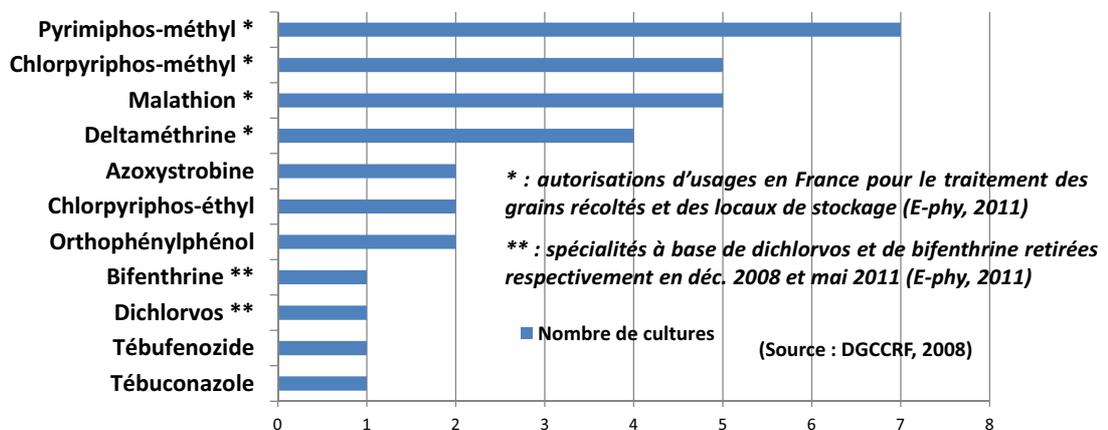
Résultat des programmes de surveillance des 27 Etats membres et du programme coordonné européen 2008

(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)

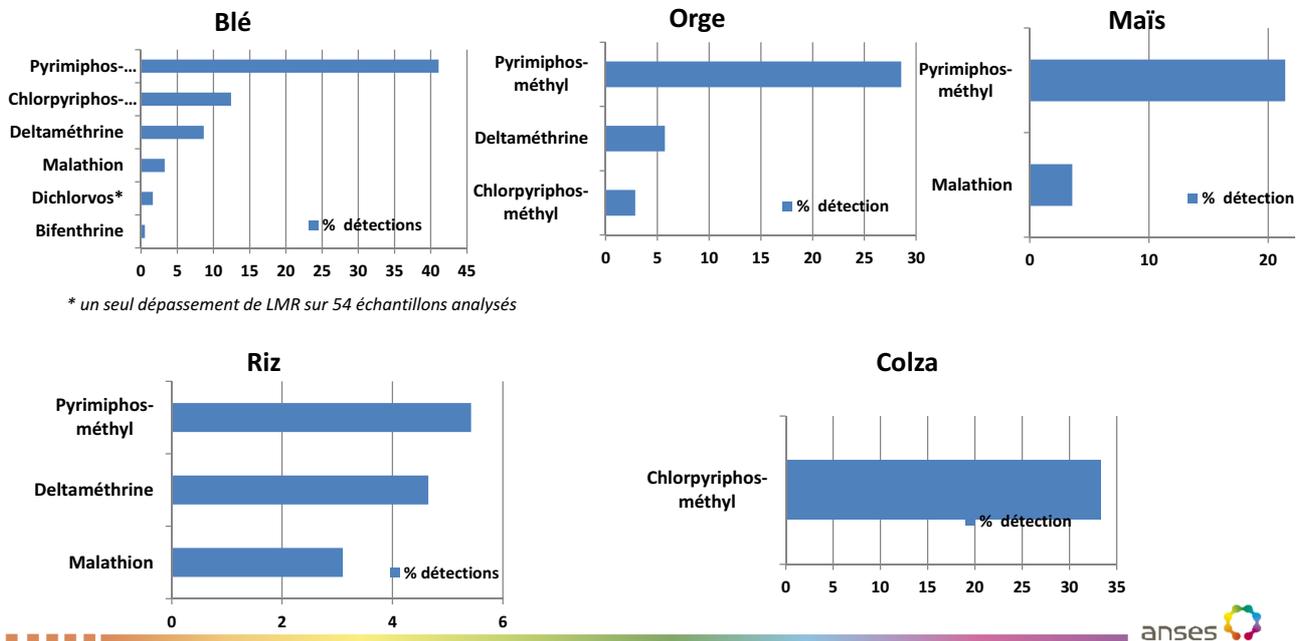
Substances actives détectées dans des aliments bruts (grains de riz...) ou semi-transformés (farines de blé, semoules...)



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

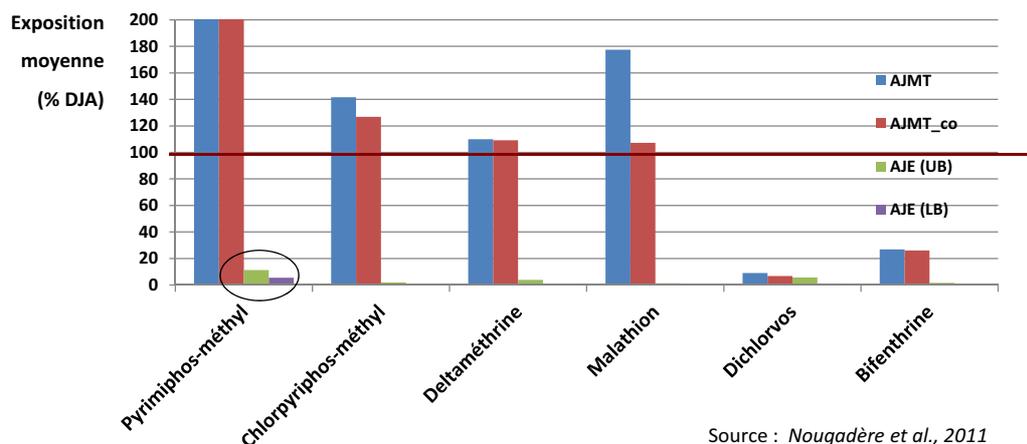
Résultat des programmes de surveillance nationaux 2008 : fréquences de détection par culture et par substance

- 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)



Source : Nougadère et al., 2011

➤ 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)

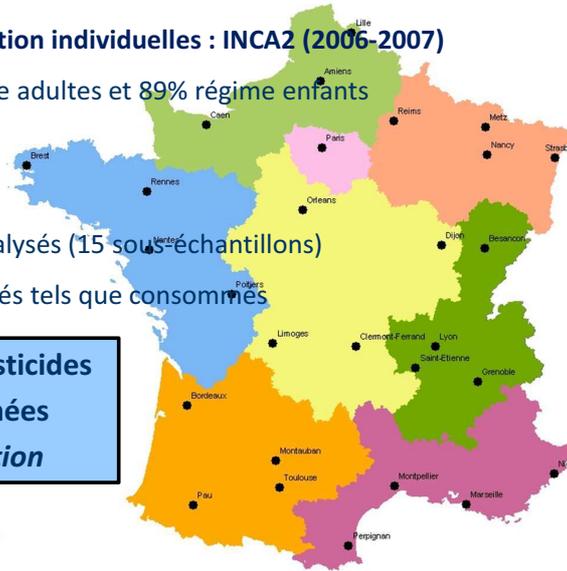
Seconde Etude de l'Alimentation Totale (EAT2) (2006-2011)

- 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 396/20051, 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.