

RISQUE, EXPERTISE Résidus phytosanitaires, PCB, dioxines dans les aliments : nouvelles approches pour la maîtrise du risque

Risk, Expertise Pesticides, PCBs, dioxins in food: towards new risk management strategies

Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Volume 9, Numéro 2, 101-6, Mars - Juin 2002, La filière

Auteur(s) : Jean-François NARBONNE, Université Bordeaux 1, LPTC, UMR 5472 CNRS, avenue des Facultés, 33405 Talence Cedex, France.

Author(s) : Jean-François NARBONNE

Résumé : Les pesticides et plus généralement les composés organochlorés (PCB et dioxines) ont été largement répandus dans l'environnement depuis la seconde guerre mondiale. Les progrès considérables des méthodes d'analyse et des connaissances moléculaires des mécanismes de toxicité ont été plus récents. Ainsi, la mise en évidence de traces de ces composés dans l'ensemble des compartiments de l'environnement et la découverte d'effets néfastes non pris en compte dans les premières utilisations nous amènent à ré-examiner le rapport risques/avantages. La multiplicité des mécanismes d'action des produits chimiques présentant des propriétés insecticides, herbicides et fongicides peut conduire à des effets toxiques sur des organismes « non cibles », y compris l'homme. Des études épidémiologiques ont été menées pour détecter des augmentations éventuelles d'effets cancérigènes et d'atteintes des fonctions neurologiques et reproductrices chez les populations exposées professionnellement (travailleurs de l'industrie chimiques, agriculteurs). Pour les consommateurs, les effets retardés d'exposition à de faibles doses sont difficiles à mettre en évidence. La prévention consiste donc à définir des limites maximales en résidus (LMR), calculées à partir de doses journalières admissibles (DJA) et à procéder au contrôle des denrées alimentaires, en particulier celles qui sont destinées aux enfants. Pour la surveillance des compartiments de l'environnement, des réseaux spécifiques ont été mis en place (air, sols, eaux douce, marine ou d'adduction) fondés sur des approches chimiques classiques, ou plus récemment biologiques. Aujourd'hui, les risques liés aux pesticides sont pris en compte dans la gestion intégrée de la sécurité sanitaire des aliments par les opérateurs des filières, par exemple en mettant en oeuvre la méthode HACCP. Les PCB et dioxines présents dans l'environnement comme contaminants industriels sous forme de mélanges de centaines de congénères différents, présentent une difficulté supplémentaire pour l'évaluation des risques. Une approche spécifique a donc été développée, fondée sur le concept de « facteur d'équivalent toxique » (TEF) prenant en compte les mécanismes moléculaires de toxicité. L'établissement de limites maximales dans les aliments, reposant sur le calcul de DJA ou sur une approche ALARA a été largement discuté en Europe, en particulier à la suite de la « crise de la dioxine belge ».

Summary : Pesticides and more generally organochlorine compounds (PCBs and dioxins) have been largely released into the environment since World War II. However the development of both the corresponding analytical methods and toxicological knowledge is but only recent. The ability to detect traces of such compounds in the environment and to evaluate their potential adverse effects lead us to re-examine the risk/benefits balance. The multiple ways in which the chemicals used as

insecticides, herbicides, and fungicides operate, may induce adverse effects in non-target organisms, and potentially in humans. Epidemiological studies involving occupationally exposed persons (workers and farmers) have been carried out to detect increased risks of cancer, neurological diseases and reproductive effects. As far as consumers are concerned, the delayed effects of low-dose exposures are difficult to determine. So, risk management by the public bodies involves TDI evaluations, MLR calculations and food exposure studies (specially with regard to children). As to environmental compartments, monitoring networks have been recently developed (air, soil, as well as fresh, marine, and drinking water) based on both the traditional chemical and the biological approach. Today, an integrated HACCP methodology applied to pesticide molecules can be used for the risk management of pesticides in food companies. PCBs and dioxins are industrial food contaminants and they are present as mixtures of hundreds of congeners. A specific approach - based on the TEF concept (Toxic Equivalent Factor), taking biochemical action mechanisms into account - has therefore been developed for assessing the risks associated with such mixtures. TDI or ALARA approaches were widely discussed while the Belgian "dioxin" crisis led the authorities in charge of food regulations (specially at the EU level) to establish maximum limits for foods.

Mots-clés : pesticides, PCB, dioxines, HACCP, gestion des risques sanitaires, évaluation des risques sanitaires, sécurité alimentaire.

Keywords : pesticides, PCBs, dioxins, HACCP, risk management, food safety.

ARTICLE

Historique

Au cours de la période d'utilisation intensive des pesticides associée à l'explosion de l'agriculture productiviste, les effets toxicologiques et écotoxicologiques des pesticides ont été largement minimisés, sinon occultés. De même, les risques liés aux contaminants industriels (PCB et dioxines) ont été longtemps sous-estimés, sinon occultés. L'intérêt récent des citoyens pour les effets liés à la pollution de notre environnement a suscité une attitude nouvelle des industriels et des pouvoirs publics. Les informations sont maintenant plus accessibles et les études de type analytique et épidémiologique sont entreprises à large échelle.

Cependant, l'évolution dans la connaissance des risques liés aux pesticides et aux contaminants industriels organiques a été fortement conditionnée par les progrès analytiques. L'utilisation massive des pesticides organochlorés dans l'immédiat après guerre (DDT, dieldrine, heptachlore lindane, etc.) a généré une demande de recherche de ces composés, de façon d'autant plus pressante que les effets néfastes sur l'environnement commençaient à se manifester. La chromatographie gazeuse à colonnes remplies, associée à une détection par capteur d'électrons a permis de répondre à la demande analytique pour le contrôle de ces pesticides, en particulier dans les aliments. C'est dans les années 1960 que la généralisation de ce type d'analyse a mis en évidence la présence de « pics parasites », en particulier dans les extraits de poissons, identifiés en 1966 comme étant des PCB. Des procédés chimiques et physiques ont alors permis de séparer la fraction PCB de la fraction des pesticides OC. En fait les PCB constituent une famille de 209 congénères et se présentent sous forme de mélanges industriels contenant un nombre variable de ces congénères. Un produit commercial analysé par CPG se traduisait par une dizaine de pics. Dans les années 1970, l'apparition de la CPG

capillaire a permis d'obtenir un pic par congénère, ce qui a singulièrement compliqué les chromatogrammes composés d'une centaine de pics. L'identification précise de ces pics s'est faite par spectrométrie de masse, ce qui a permis la détection par la haute résolution, au début des années 1980, des traces de dioxine et de furanes (75 et 135 congénères, respectivement). Les niveaux de détection sont donc passé de l'ordre du µg pour les pesticides OC, au ng pour les PCB puis au pg pour les dioxines.

La prise en compte d'un risque chimique peut donc être liée à la détection du composé dans un compartiment de l'environnement et non à l'importance des risques pour la santé publique. Pour paraphraser Paracelse à qui l'on doit la maxime « C'est la dose qui fait le poison », on peut dire aujourd'hui : « C'est le chimiste qui fait la crise. »

Les produits phytopharmaceutiques

Avec un peu plus de 100 000 tonnes par an répandues sur le sol, la France est le deuxième consommateur mondial de pesticides, proportionnellement à sa place dans la production agricole mondiale. Depuis l'invention du fameux DDT, des centaines de nouvelles molécules ont été mises sur le marché : elles sont destinées aux usages agricoles, aux collectivités (collectivités locales, SNCF) et aux particuliers. Le terme pesticide recouvre à la fois les herbicides, les insecticides, les fongicides, les rodenticides, les taupicides et les nématicides. Cette classification en fonction des usages ne recouvre pas la spécificité des modes d'action ou des classes chimiques. Toute substance active ou préparation contenant une ou plusieurs substances actives destinée(s) à être appliquée(s) sur les végétaux ou les produits végétaux est par conséquent soumise à une autorisation de mise sur le marché. Les conditions de délivrance par les États membres de ces autorisations sont désormais harmonisées au niveau communautaire : les substances actives doivent être inscrites, après évaluation, sur la liste communautaire des substances actives et l'innocuité du produit contenant ces substances actives à l'égard de la santé publique et de l'environnement, son efficacité et sa sélectivité à l'égard des animaux et des produits végétaux doivent être montrées.

Concernant les substances existantes (plus de 800), déjà sur le marché à la date d'entrée en vigueur des dispositions européennes, la Commission européenne a mis en place une procédure de réexamen de l'ensemble de ces substances qui conduira à l'élimination d'une bonne partie d'entre elles (environ 400). Toutes ces substances ne sont pas nécessairement autorisées en France.

Les composés destinés à éliminer les insectes, les rongeurs ou les acariens ont *a priori* des modes d'action susceptibles d'induire des effets toxiques aigus chez les mammifères et l'homme (par exemple, inhibition des AChE, ou effet anti-vitamine K) et plus généralement les espèces non cibles. En revanche, les fongicides peuvent avoir des cibles spécifiques qui n'existent pas chez les mammifères. De même, les herbicides sont conçus pour interagir avec des cibles spécifiques aux plantes, par exemple les photosystèmes des chloroplastes. Il peut cependant exister des mécanismes de toxicité comparables (respiration, processus oxydatifs) ou des effets secondaires non voulus (perturbations endocriniennes) par homologie de structure avec des hormones de mammifères. L'utilisation massive des pesticides peut donc avoir des effets indésirables sur la santé de l'homme, directement ou *via* son environnement. Ils concernent donc en premier lieu les opérateurs qui les manipulent, le consommateur qui sera exposé *via* l'eau de boisson et les aliments, enfin le citoyen *via* son environnement.

Risques pour les opérateurs

La toxicité des pesticides se concrétise sous forme d'avertissements ou d'informations formulées en phrases de risques, de R1 à R67, dont certaines concernent les risques pour les enfants, de même que la faune et la flore. Le risque mis rapidement en évidence fut celui lié à la capacité de certaines molécules d'être faiblement dégradables (en particulier les composés fortement halogénés) et de s'accumuler dans les graisses des organismes (bioaccumulation). Ces composés ont été mis en évidence chez l'homme et plus particulièrement dans le tissu adipeux sous-cutané et dans le lait. L'utilisation des molécules persistantes ayant été fortement réduite au cours des 30 dernières années, les teneurs dans les tissus humains ont fortement diminué. Cependant, les effets hormonaux de nombreux pesticides suscitent des interrogations sur les risques liés aux faibles doses et aux associations (effets « cocktail »). De nombreuses études épidémiologiques ont essayé d'évaluer les risques particuliers pour les fonctions de reproduction. Si de nombreux cas semblent établir une corrélation positive entre exposition aux pesticides (en particulier en milieu rural) et effets sur la reproduction, la signification de ces résultats est largement discutée. Si certains pesticides ont un potentiel cancérigène indiscutable, il reste comparativement faible. Les études épidémiologiques n'ont pas montré de relation avec le cancer du sein mais indiquent un effet sur les lymphomes non hodgkiniens, sans qu'il soit possible d'attribuer la cause à une molécule particulière. Plusieurs études ont fait état d'effets neurologiques chez les agriculteurs exposés : en particulier il semble exister une relation avec la maladie de Parkinson. Dans ce cas, les différences génotypiques seraient impliquées, puisque ce sont les métabolites des composés parents qui auraient une toxicité pour les mitochondries du cerveau. Les capacités enzymatiques de métabolisation seraient alors déterminantes comme facteur favorisant. L'ensemble des résultats montre de façon indiscutable que les opérateurs peuvent se trouver dans des conditions d'exposition susceptibles d'entraîner des effets sur leur santé.

Risques pour les consommateurs

L'utilisation des pesticides peut conduire à la présence de résidus dans les aliments. Ils peuvent donc représenter un risque potentiel pour l'homme en cas d'exposition à des niveaux trop élevés. Afin d'assurer la protection du consommateur, une limite maximale de résidu (LMR) de pesticides est fixée pour chaque culture sur laquelle est autorisée la substance active de façon à ce que, en tenant compte de l'exposition potentielle du consommateur, la dose journalière admissible (DJA) ne soit pas dépassée.

Limites maximales de résidus (LMR)

Chaque produit végétal traité par une substance active autorisée fait l'objet d'une LMR spécifique exprimée en mg/kg qui correspond à « la concentration maximale de résidu, consécutive à l'utilisation d'un produit phytosanitaire, légalement admise dans ou sur la denrée ». Ces limites maximales sont généralement établies sur les denrées alimentaires brutes (produit entier et frais) telles qu'elles sont récoltées ou entreposées et ne concernent pas les produits transformés (sauf notamment pour les vins, les huiles, et pour les aliments destinés aux nourrissons et enfants en bas âge pour lesquels des LMR spécifiques ont été fixées).

D'une façon générale, l'élaboration, par la Commission des toxiques, d'une LMR dans un produit végétal, comporte trois étapes :

- la définition de la bonne pratique agricole critique (BPA) ;
- la mise en place des expérimentations résidus ;
- et enfin l'évaluation du risque pour le consommateur à partir des données de consommation pour différentes catégories de populations.

En juin 2001, l'Office alimentaire et vétérinaire sur la surveillance des résidus de pesticides dans les produits d'origine végétale dans l'Union européenne, la Norvège et l'Islande ont publié l'ensemble des données recueillies en 1999 dans le cadre de ces programmes de surveillance. Cette année-là, la France a recherché 228 produits phytosanitaires dans 4 553 échantillons de fruits, légumes et céréales, y compris des produits importés, révélant des dépassements de LMR dans moins de 4 % des produits représentatifs de la consommation nationale. En revanche, le taux de dépassement peut être de plus de 50 % sur des produits importés, qui sont alors retirés de la consommation.

** Mesures de l'exposition du consommateur*

L'exposition des consommateurs est calculée au moyen des données de consommation et des données de contamination des aliments. La connaissance de l'exposition des consommateurs est nécessaire *a priori*, pour l'élaboration des LMR par la Commission des toxiques. Elle est également indispensable pour la surveillance *a posteriori* des risques réels. À partir des données de consommations réelles obtenues en France et des LMR, on peut réaliser une approche théorique calculant les apports journaliers maximums théoriques (AJMT). Des études du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) en 1994 et de l'Agence française pour la sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) en 2001 montrent pour certains pesticides que les AJMT peuvent dépasser les DJA. Cependant, une approche plus réaliste à partir des teneurs en résidus de pesticides issus des programmes de surveillance, en s'appuyant dans les deux cas sur les données de consommation spécifiques de l'OCA montrent que les niveaux d'exposition réels sont largement inférieurs aux DJA. De plus, une étude récente de l'Inra sur des régimes dupliqués situent les niveaux d'exposition mesurés chez l'adulte comme inférieurs à 10 % de la DJA.

En fait, les données de plan de surveillance sur les fruits, légumes et céréales surestiment l'exposition moyenne des consommateurs dans la mesure où elles portent sur les teneurs en pesticides des aliments issus de la production et non sur les aliments tels que consommés après lavage, épluchage et cuisson. Ces exemples montrent d'une part qu'il est important de tenir compte des données de consommation pour évaluer un risque et, d'autre part, qu'un dépassement ponctuel proche de la LMR n'implique pas nécessairement un risque pour le consommateur. De plus, ils montrent les progrès effectués dans les filières alimentaires dans la maîtrise des risques (diminution des quantités appliquées, contrôles des teneurs dans l'eau et les produits alimentaires par les transformateurs et les distributeurs).

** Cas particulier des nourrissons et enfants en bas âge*

En raison de leur poids plus faible que celui des adultes, les nourrissons et enfants en bas âge sont davantage exposés à tous les composés indésirables dans l'alimentation. En effet, les expositions

alimentaires sont calculées en rapportant au poids corporel les consommations de ces composés à travers les aliments. La comparaison de l'exposition à la dose journalière admissible (DJA) doit être appréciée pour toute la durée d'une vie humaine et n'est donc pas spécifiquement adaptée au cas des nourrissons et des enfants en bas âge (métabolisme, période de développement, susceptibilité particulière nécessitant un examen au cas par cas).

La Commission européenne a fixé provisoirement une LMR unique de 0,01 mg/kg pour les aliments destinés aux nourrissons et enfants en bas âge (produits finis). Ce seuil a été déterminé selon une démarche analytique qui ne prend donc pas en compte les profils toxicologiques des substances. De plus, la Commission envisage d'interdire l'usage, dans les aliments destinés aux nourrissons et enfants en bas âge (aliments diététiques), des pesticides ayant une DJA inférieure à 0,0005 mg/kg pc/j.

Risques pour l'environnement

Les caractéristiques physicochimiques et la formulation des pesticides déterminent leur biodisponibilité et par conséquent leur absorption, leur dégradabilité et leur activité biologique. L'application des pesticides sur les cultures entraîne une dispersion dans les compartiments de l'environnement. Cette dispersion provoque des transferts et des toxicités indirectes dans les écosystèmes terrestres et aquatiques, et une exposition indirecte pour l'homme *via* l'air et l'eau. Si les matières actives de première génération (OC) étaient faiblement dégradables, les composés actuels ont des demi-vies plus courtes, et on note une disparition dans les semaines suivant le traitement. Cependant, la rétention dans les sols peut augmenter leur rémanence et être responsable d'effets non intentionnels (phytotoxicité sur les cultures suivantes, effets des pesticides sur la microflore et la microfaune du sol).

Les risques liés aux pesticides aujourd'hui

D'après les données récentes on peut donc établir un bilan actualisé :

- présence importante de pesticides dans les compartiments de l'environnement, en particulier au moment des traitements ;
- exposition significative des agriculteurs, en particulier pour les traitements en aérosols (sur les arbres fruitiers, par exemple), susceptibles d'entraîner des effets sur la santé des opérateurs et leur entourage ;
- réduction des quantités utilisées de par l'efficacité des nouvelles molécules et du nombre décroissant des molécules autorisées ;
- exposition alimentaire faible des consommateurs *via* l'alimentation bien qu'il reste de larges marges de progression à la fois au niveau de la production (agriculture raisonnée ou biologique), que de la transformation (application de la méthode HACCP* et optimisation des stratégies de surveillance et de contrôle).

Il faut préciser ici que l'évaluation des risques liés aux pesticides devra être revue en fonction des données nouvelles sur les mécanismes moléculaires de toxicité (perturbations endocriniennes et de la signalisation cellulaire) et en prenant en compte les « cocktails » de molécules. En effet, les

progrès dans les connaissances des mécanismes d'action moléculaires indiquent que de nombreuses matières actives peuvent interférer avec la synthèse, le transport et l'action des hormones corporelles (en particulier les stéroïdes, les hormones thyroïdiennes et les neuromédiateurs), pouvant induire des effets « secondaires » chez l'homme ou les organismes « non cibles ». Cela remet en cause l'approche traditionnelle toxicologique qui ne prend en compte que les produits pris séparément, alors que les conditions réelles d'exposition concernent des mélanges de molécules naturelles ou antropogéniques. La première approche toxicologique prenant en compte l'ensemble des constituants de mélanges complexes a été mise en œuvre pour l'évaluation des risques liés aux dioxines et aux PCB.

Les PCB et dioxines

Propriétés et sources

L'exposition des populations aux dioxines et aux PCB se fait essentiellement par voie alimentaire (95 à 98 %). L'exposition par inhalation est donc négligeable. La contamination de certains aliments d'origine animale (lait, produits laitiers, viande, poissons) résulte de la bioaccumulation importante de ces composés dans les matières grasses du fait des caractéristiques physico-chimiques de ces molécules (liposolubilité et résistance aux dégradations par voies chimique ou enzymatique). Le milieu environnemental a été contaminé au cours des cinquante dernières années par plusieurs sources principales. Les PCDD* et les PCDF* étaient présents dans de nombreux composés chlorés (PCB, PCP, 2,4-D) et ont donc été disséminés dans l'environnement en même temps que ces produits (constituant ainsi la principale source jusque dans les années 1970). Après l'interdiction ou les limitations d'emploi de ces composés, les principales sources de PCDD et PCDF ont été les émissions émanant des activités humaines industrielles et domestiques (métallurgie, industrie chimique, incinération de déchets ménagers). À ces deux sources atmosphériques il faut ajouter la pollution des milieux aquatiques par les rejets des usines fabriquant des pâtes à papier et utilisant le chlore comme procédé de blanchiment. Les dioxines issues de la réaction du chlore sur les pulpes ont été disséminées dans les sédiments des rivières et des mers, ce qui a constitué des réservoirs de contamination accessibles aux organismes marins. L'ensemble des émissions a été fortement réduit au cours des deux dernières décennies à la suite des modifications des procédés technologiques. Ainsi, dans les pays développés, les émissions de dioxines dans l'environnement ont été divisées par deux ou par trois. Cette baisse des émissions se traduit par une réduction de la contamination alimentaire et une diminution de l'imprégnation des populations. Cependant, la baisse est beaucoup plus lente pour les organismes exposés aux réservoirs marins sédimentaires (poissons de la mer Baltique, par exemple). Il est important de rappeler que, quelles que soient les mesures mises en œuvre, il restera toujours une exposition résiduelle due à la formation naturelle des PCDD et PCDF. Quant aux PCB*, ils ont été produits en grande quantité depuis les années 1920 et ont été utilisés comme diélectriques dans les appareillages électriques, liquides hydrauliques et caloporteurs, huiles de coupe, encre, papiers duplicateurs, peintures, mastics. Les pays industrialisés ont interdit progressivement leur usage à partir de 1975, après que leur toxicité pour l'environnement a été mise en évidence. Néanmoins, des milliers de transformateurs contenant des PCB sont toujours en service et des stocks très importants existent.

Évaluation des dangers

Les mécanismes d'action ont été partiellement élucidés, avec la mise en évidence d'un récepteur particulier (AhR) pouvant lier de nombreux composés plans et dont le ligand préférentiel est la TCDD (*figure 1*). La plupart des effets de la TCDD passent par l'activation du récepteur Ah qui initie une cascade d'événements impliquant différentes voies de signalisation (protéines kinases, phosphatases).

Contrairement à la toxicologie bien connue des mélanges industriels de PCB, il y a peu de données précises sur les mélanges présents dans l'environnement (PCDD, PCDF et PCB), puisque ceux-ci varient en fonction des sources et des matrices. De plus, en général, les PCDD sont minoritaires par rapport aux PCDF et aux PCB, et dans les PCDD, la TCDD est elle-même minoritaire. Un nouveau concept a donc été développé pour estimer la potentialité toxique d'un mélange donné - l'*équivalent toxique* - qui consiste, d'une part à exprimer la toxicité potentielle de chaque congénère par comparaison avec celle du congénère considéré comme le plus toxique (TEF) et, d'autre part, à estimer la toxicité potentielle du mélange comme la somme (TEQ) des toxicités équivalentes de chaque constituant du mélange.

Évaluation des risques

Dans ces conditions, la dose journalière tolérable (DJT) chez l'homme pour l'ensemble de la vie a été extrapolée à partir des données animales (comme c'est le cas pour la plupart des composés chimiques présents volontairement ou involontairement dans notre environnement). Cette DJT a d'abord été fixée en 1990 par l'OMS à 10 pg TEQ/kg/j, à partir des études de cancérogenèse chez le rat, puis ramenée en 1997 à une fourchette de 1 à 4 pg TEQ/kg/j, à partir des effets sur la reproduction. En novembre 2000, le Scientific Committee for Food de la Communauté européenne a fixé une dose hebdomadaire tolérable pour PCDD, PCDF et PCB de 14 pg TEQ/kg de pc. Cette approche a été confirmée par l'OMS qui a fixé une dose mensuelle tolérable (DMT) de 70 pg TEQ/kg/j.

Les études d'exposition aux dioxines au cours des dernières décennies ont clairement mis en évidence une diminution importante (de près de 50 %) du degré moyen d'imprégnation de la population générale dans divers pays européens. La charge moyenne d'un européen de l'Ouest est estimée de 100 à 200 ng TEQ. En Allemagne, on note, sur une population d'hommes de 10 à 80 ans, une augmentation de la charge corporelle en fonction de l'âge mais aussi une diminution moyenne d'environ 12 % par an pour l'ensemble des classes d'âge. En France, une étude descriptive transversale réalisée de 1998 à 1999 portant sur 244 échantillons de lait maternel répartis sur l'ensemble du territoire, rapporte une fourchette de 6 à 38 pg TEQ/g de matière grasse avec une médiane de 16 pg/g, comparable à celle des autres pays européens. Les plus récentes études effectuées en France sur la population générale montrent une exposition moyenne chez l'adulte de l'ordre de 1,06 pg TEQ/kg/j avec une exposition maximale de 4 pg TEQ/kg/j pour le 95° percentile de la population infantile. Certains segments de la population peuvent dépasser ces niveaux d'exposition de façon transitoire, tels les enfants, les nourrissons allaités au sein (100 pg TEQ/kg/j au cours des 3 premiers mois) ou les consommateurs de produits locaux particulièrement contaminés. Les vecteurs de cette exposition sont essentiellement les aliments, dans les grands groupes suivants :

produits laitiers (40 % de l'exposition alimentaire), produits de la mer (26 %), produits carnés (15 %) et fruits et légumes (10 %). Pour les PCB, les poissons représentent 70 % de l'apport alimentaire.

Dans les conditions actuelles de l'appréciation du risque, la situation en France semble comparable à celle de nos voisins européens et s'est beaucoup améliorée au cours des cinq dernières années (réduction de plus de 70 % des sources majeures). Cela s'est traduit par une diminution de moitié de l'exposition moyenne alimentaire (de 2,3 à 1,06 pg/kg/j) et a montré l'efficacité des mesures contraignantes. Il est toutefois impératif de continuer la réduction des sources majeures d'émission des dioxines dans le but d'éviter au maximum que des fractions de populations puissent être exposées à des doses dépassant la DJT et de diminuer significativement l'imprégnation des femmes en âge de procréer.

Gestion des risques : DJT ou ALARA ?

Pour réduire l'exposition d'une population à un contaminant, les gestionnaires du risque disposent de plusieurs options de gestion rapportées au niveau de risque estimé, par comparaison entre les niveaux d'exposition des différentes fractions de la population et la dose considérée comme seuil de probabilité non nulle d'apparition de dommages pour la santé. Dans le cas d'un contaminant non cancérigène, on compare le niveau d'exposition à la DJT. Si une partie de la population est dans une situation de surexposition par voie alimentaire, il est donc nécessaire d'édicter des limites maximales (par exemple les LMR des pesticides) pour éviter un dépassement de la DJT et ces limites peuvent porter uniquement sur les aliments constituant les vecteurs majeurs. Dans le cas de contaminants cancérigènes, il n'y a pas de seuil tolérable (pas de DJT) mais un seuil toxicologique déterminé par la dose susceptible d'induire un cancer supplémentaire par million d'habitants (dose virtuellement sûre), incidence considérée comme acceptable par la société. Cette dose pouvant être largement inférieure au niveau d'exposition habituellement constaté, il s'agit donc de réduire l'exposition autant que possible si on ne veut pas bannir le ou les aliment(s) vecteur(s) (cas des céréales pour les mycotoxines). On édicte alors des limites techniques dites ALARA, fondées en fait sur des bonnes pratiques (*As Low As Reasonably Achievable*, soit « aussi faible que raisonnablement ou techniquement faisable »). Dans ce cas, le « raisonnablement faisable » est déterminé à partir de la courbe statistique de présence du contaminant dans l'aliment (à partir d'un échantillon suffisant) et on détermine la valeur limite qui inclut 90 ou 99 % des valeurs habituelles, excluant donc les échantillons sortant d'une distribution « normale ». Dans le cas de la dioxine, le comité d'experts européens a bien édicté une DJT. Une valeur limite pour le vecteur majeur (lait et produits laitiers) pouvait donc être suffisante pour limiter l'exposition des Européens. Or l'Union européenne vient d'édicter des limites maximales dans les aliments (applicables en juillet 2002), fondées sur une approche ALARA en prenant des valeurs proches du 99^e percentile de la courbe de fréquence des concentrations établies en 1999 pour les différentes denrées dans le cadre d'une tâche SCOOP (coopération scientifique en Europe, reposant sur la collecte des données de contamination issues des différents pays européens) (*figure 2*). Cette approche maximaliste a été imposée par les députés européens contre l'avis des experts scientifiques de la Commission, qui recommandaient une seule valeur limite pour le lait. Pour les autres aliments, les experts avaient proposé des valeurs cibles et de seuils d'intervention comme outils de gestion rapportés aux risques pour la santé publique. Les analyses libératoires rendues nécessaires par la vérification de la conformité des produits

alimentaires vont engendrer des coûts importants pour les filières agro-alimentaires. Ces sommes auraient pu être utilisées plus efficacement pour la réduction des sources et la mise en conformité réglementaire des installations industrielles.

Cas des PCB

L'attribution de TEF* à certains congénères de PCB par l'OMS en 1998 a entraîné une certaine confusion entre dioxines et PCB. En effet, certains congénères de PCB non ortho-substitués ont une conformation moléculaire coplanaire semblable à celle de la dioxine et les rend aptes à se lier de façon significative au récepteur Ah. Ils sont donc susceptibles d'induire des effets toxiques identiques à ceux de la dioxine (cancérogenèse, tératogenèse) et sont considérés comme *dioxine-like* (PCB-DL). Les congénères mono-ortho-substitués (une molécule de Cl est présente en position 2) ont une conformation qui s'éloigne de la coplanarité, ce qui diminue l'affinité pour le récepteur Ah. Cependant cette affinité est jugée significative pour attribuer un TEF à ces composés. Ils sont donc aussi considérés comme *dioxine-like*. Enfin les congénères diortho-substitués (ou plus), majoritaires dans les mélanges commerciaux (Aroclors 1254, 1260, Phénoclor DP6) n'ont pas d'affinité significative pour le récepteur Ah mais induisent des effets toxicologiques importants (*œstrogènes-like*, promoteurs, antithyroïdiens, neurotoxiques), largement sous-estimés aujourd'hui. Ainsi l'évaluation de l'exposition aux PCB porte, d'une part, sur le calcul des congénères considérés comme *dioxine-like* et inclus dans la nouvelle dose mensuelle tolérable (DMT) concernant les dioxines + PCB-DL et, d'autre part, sur la mesure de sept congénères dits indicateurs car retrouvés dans la majorité des matrices alimentaires. Pour ces congénères, l'évaluation des risques est à revoir en prenant en compte les données toxicologiques et d'exposition les plus récentes (un rapport est en préparation à l'Afssa sur ce sujet).

Recommandations sur la gestion du risque

À l'heure actuelle une gestion rationnelle des risques chimiques liés aux pesticides, aux PCB et aux dioxines doit permettre de limiter au maximum le recours à l'analyse chimique.

Il s'agit tout d'abord d'établir avec une grande rigueur les cahiers des charges spécifiques aux produits alimentaires (par exemple, interdiction ou limitation d'usage de certains pesticides, exigence de cahiers de traitements, en particulier au niveau du stockage des denrées). Dans ce cas, les analyses chimiques ne viennent que pour valider le cahier des charges et les performances des fournisseurs.

Pour les plans de contrôle ou de surveillance, l'attitude est différente en fonction des contaminants concernés :

Pour les pesticides, il s'agit de sélectionner les substances à analyser en fonction de critères scientifiques liés (1) aux caractéristiques des courbes de fréquence ; (2) aux spécificités locales (saisons de traitement, cultures majoritaires, etc.) ; (3) aux phrases de risques correspondant aux matières actives ; (4) aux risques médiatiques éventuels.

Pour les dioxines, il y a peu de risques de contaminations accidentelles et une traçabilité montrant une origine d'une zone non contaminée (parcelle ou zone géographique) est suffisante, évitant dans une large mesure des contrôles analytiques libérateurs. Pour les animaux d'élevage (en particulier les poissons), un respect des limites fixées pour les aliments garantit la conformité des produits

consommés. Reste le cas particulier des poissons pêchés en mer. Dans le cas de contamination élevée, il est nécessaire d'identifier les zones de pêche pour exclure celles réputées comme étant les plus polluées (baie de Seine, mer Baltique).

Pour les PCB, à l'exception des poissons, la contamination des aliments est relativement faible. Cependant les risques de contamination importante des matières grasses animales existent (voir crise belge) tant que les énormes stocks subsistants dans de nombreux sites industriels n'auront pas été éliminés (ce qui prendra au moins 10 ans), ouvrant la porte à des introductions frauduleuses ou malveillantes de quantités « industrielles » de ces composés dans la chaîne alimentaire. Des plans de contrôle et de surveillance doivent donc être maintenus au moins pendant cette période, en particulier sur les aliments du bétail, et plus généralement dans le cas d'utilisation de procédés impliquant des fluides hydrauliques ou caloporteurs susceptibles de contenir des PCB. De plus, une attention particulière doit être portée sur les produits importés de l'ex-Yougoslavie, où les bombardements ont entraîné la dispersion (sous forme d'aérosols) de quantités considérables d'huiles industrielles et de transformateurs.

Notes :

* HACCP : Hazard Analysis Critical Control Point, méthode d'analyse des dangers pour l'identification des points critiques et la maîtrise des risques.

* PCDD : polychlorodibenzodioxines, dont la TCDD, tétrachlorodibenzodioxine dite dioxine de Seveso ; PCDF : polychlorodibenzofuranes ; PCB : polychlorobiphényles.

* TEF : Toxic Equivalent Factor.

Illustrations

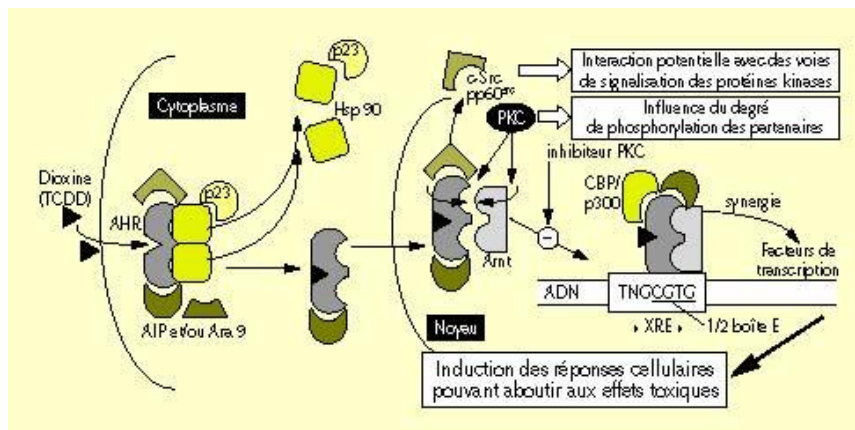


Figure 1. Cascade moléculaire impliquant le récepteur Ah (aryl hydrocarbon).

Hsp : protéines de choc thermique ; *AIP* : AhR interacting protein ; *Ara 9* : Ah receptor associated protein ; *Arnt* : AHR nuclear translocator ; *src* : sarc ; *PKC* : protéine kinase C ; *CBP* : CREBP (cAMP response element-binding protein) ; *XRE* : xenobiotic responsive element.

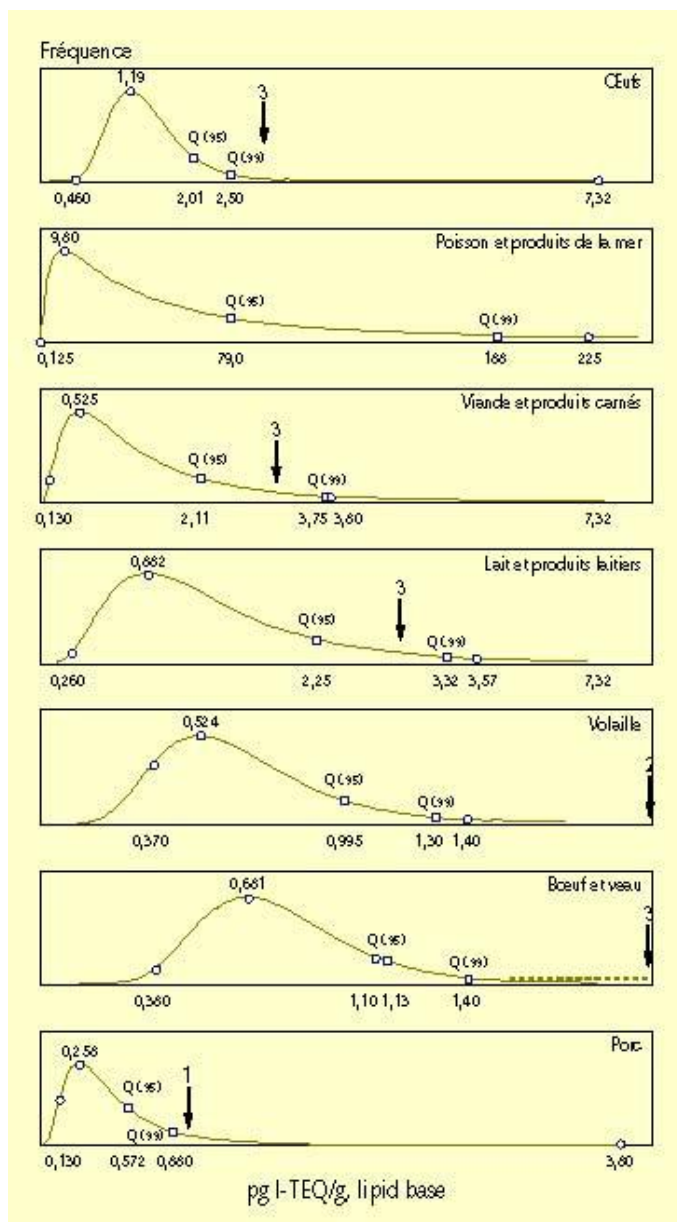


Figure 2. Teneurs maximales en dioxines dans les denrées alimentaires (UE, juillet 2002) comparées aux courbes de fréquence construites à partir de la compilation des données européennes 1999 (tache SCOOP) des teneurs en dioxines exprimées en pg I TEQ/g de matière grasse.

À noter que la valeur retenue pour les poissons est de 4 pg I TEQ/g poids frais.

Q (.95) et Q (.99) correspondent aux valeurs pour le 95° et le 99° percentile.