

# **CHRONIQUES de L'ENVIRONNEMENT**

La nature est-elle bonne ?



## **Chronique 5 : Histoires de dioxines**

**ROGER PAPP**

Professeur honoraire de l'Ecole Centrale de Paris

Conseil National des Experts en Environnement de l'Industrie Chimique  
CNEEIC  
2013

# L'ensemble des Chroniques

- Chronique 1 Le bon vieux temps ?
- Chronique 2 La Nature est- elle bonne ?
- Chronique 3 Les produits naturels sont-ils meilleurs pour la santé ?
- Chronique 4 La peur de l'Apocalypse
- Chronique 5 Histoires de dioxines**
- Chronique 6 Un trou sur l'Antarctique
- Chronique 7 Histoire de chenilles et autres histoires
- Chronique 8 La dictature des modèles
- Chronique 9 L'Homme va-t-il disparaître ?
- Chronique 10 Greenwashing
- Chronique 11 Le droit gazeux et le principe de précaution
- Chronique 12 Le steak-frites est-il dangereux pour la santé
- Chronique 13 Au feu !!
- Chronique 14 Experts et contre-experts

Liste des sigles utilisés

Table des unités utilisées

© CNEIIC, 2013 tous droits réservés



## Préface

Roger Papp a achevé la rédaction de ces chroniques quelques mois avant son décès en janvier 2012. Co-fondateur du CNEEIC, ingénieur industriel de grande réputation doté également de compétences scientifiques, pédagogiques et humaines reconnues, l'enseignement qu'il a dispensé tant à l'École Centrale de Paris qu'aux sessions de formation du CNEEIC a toujours été basé sur une approche scientifique et technique rigoureuse et exhaustive.

Dans cet ouvrage, il se livre à un exercice délicat et salutaire de passage au crible de la plupart des thématiques environnementales trop souvent sujettes à controverse : les produits bio, la foi absolue dans les modélisations, l'influence des perturbateurs endocriniens sur la fertilité humaine, le rôle et les limites de l'expertise pour n'en citer que quelques uns.

Avec une grande honnêteté intellectuelle, les articles scientifiques publiés sur chaque thème sont passés en revue, commentés, dans le souci de dépasser les présentations trop souvent schématiques des médias ou la recherche du sensationnel.

Il s'apprêtait à publier en 2012 ces chroniques dans un ouvrage qui aurait représenté sa pensée, son opinion, sa contribution d'une qualité scientifique inestimable au débat sur l'environnement. Nous remercions son neveu Stéphane Papp de nous avoir autorisés à publier ces chroniques car c'est un honneur pour le CNEEIC de rendre ainsi hommage à la contribution majeure qu'il a apportée à nos travaux.

*Pierre Jomier*, Président du Conseil Scientifique,

*Michel Monzain*, Délégué Général

*Jacques de Gerlache*, Président du CNEEIC

Mars 2013

*« Il se fait en ce moment une religion de la nature (dans un sens qui est celui de Jean-Jacques Rousseau) et elle est aussi redoutable. »*

*Pierre- Gilles De Gennes, Prix Nobel de physique*

## Chronique 5 : Histoires de dioxines

### L'accident de Seveso

Le 10 Juillet 1976, se produisait, à Seveso, petite ville proche de Milan, une émission de soupape à partir d'une usine fabriquant un pesticide : l'acide 2-4-5-trichlorophenoxyacétique, ou 2-4-5-T.

L'accident répand autour de l'usine notamment une quantité de dioxines estimée entre 1 et 2 kilos. Mais la dioxine est très toxique pour les animaux : 2 microgrammes suffisent pour tuer un cobaye de laboratoire. Résultat : les animaux de basse-cour sont décimés, ce qui déclenche une vraie panique parmi la population. L'homme est beaucoup plus résistant à la dioxine, particularité peu connue à l'époque. Il n'y aura aucune victime humaine directe dans cet accident (sauf le directeur de l'usine, assassiné par les brigades rouges et quelques avortements conseillés par le corps médical). Mais le suivi médical et épidémiologique de la population était toujours assuré, trente ans après et la population a été tenue éloignée de ses habitations pendant six mois !

Que s'est-il passé dans l'usine ? On n'y travaillait pas pendant le week-end. Au moment de l'accident, il n'y avait personne dans l'atelier. Mais le personnel avait quitté les lieux en laissant les réacteurs pleins, entre deux étapes de la synthèse, à l'étape trichlorophénol (TCP). Une fuite sur une vanne de vapeur a provoqué le chauffage d'un réacteur, initiant une réaction secondaire, et la formation de dioxines. Cette réaction fait monter la pression du réacteur, entraînant l'ouverture de la soupape.

Ce n'était pas la première fois que cet accident se produisait, mais, lors des accidents précédents les soupapes émettaient à l'intérieur du bâtiment ! Chose surprenante, le personnel ne semblait pas bien informé de la formation possible de dioxines et des effets de celles-ci, qu'il croyait limités à l'apparition de chloracné. Une meilleure analyse aurait sans doute conduit à confiner les échappements de soupape ! Des accidents similaires s'étaient produits en Allemagne en 1953, au Pays Bas en 1963, et au Royaume Uni en 1968, toujours dans des fabrications de l'acide 2-4-5-T.

Et pourtant, industriels et pouvoirs publics ont été complètement dépassés par l'évènement. Comment dépolluer ? Comment soigner les personnes contaminées ? Finalement les terres souillées ont été mises en fûts, déchets dont personne ne voulait. Trente ans après cet accident, les effets constatés ont été surtout des affections de la peau, réversibles (chloracné) et peu d'autres effets évidents, mais qui sont statistiquement significatifs.

Des études épidémiologiques réalisées dix ans après l'accident, relèvent des augmentations et des diminutions de fréquence de certains types de cancer, mais pas dans les zones les plus affectées. On a relevé entre 1976 et 1986, 1,9% de cancers dans la zone la plus affectée (735 habitants), 2,3% dans la zone moins affectée (5.000 habitants)

et 2,4% dans la zone la plus lointaine (31.000 habitants)<sup>1</sup> (Bertazzi 1993). Les habitants de ces zones avaient pourtant une charge corporelle de 100 à 400 microgrammes de dioxines, contre 2 microgrammes pour la population en général. Le même auteur relève cependant au bout de 15 ans 2,8 fois plus de lymphomes non hodgkiniens, dans une population de 2.000 personnes comprenant 328 garçons pour 349 filles, ce qui confirme un potentiel œstrogène des dioxines, aujourd'hui établi. Il faut cependant remarquer que le stress peut avoir les mêmes effets, ce qu'ont montré des études réalisées à New York après le 11 septembre 2001, ou le tremblement de terre de Kobé au Japon. Dans les deux cas, le rapport garçons et filles a diminué. La population de Seveso a été soumise à un stress intense, qui d'ailleurs a eu des conséquences cardio-vasculaires importantes.

Les hommes exposés à la dioxine alors qu'ils étaient enfants présentent des concentrations spermatiques diminuées et une mobilité moindre des spermatozoïdes, indiquant une sensibilité plus grande des enfants exposés que celle des adultes. (B. Jégou et al, 2009)

Les tissus lymphatiques et hématopoïétiques semblent être les cibles principales des dioxines. Ceci est également observé par d'autres études comme celles de zones affectées par des émissions importantes d'incinérateurs.

Les travaux réalisés à Seveso ont mis en évidence des différences d'effets en fonction du sexe de la personne exposée. L'âge au moment de l'exposition est également un facteur important : les périodes *in-utero* et infantiles semblent être des périodes très sensibles. (Etude RECORD 2008)

Les dioxines ont été également associées à l'utilisation de l'Agent Orange par l'armée américaine au Viet Nam, un défoliant contenant surtout de l'acide 2.4.5.T et du 2.4 D, mais aussi une quantité anormale de 45 milligrammes de dioxine par kilo, comme impureté de fabrication.

L'accident de Seveso et l'odyssée des terres contaminées, ont alimenté une longue chronique. Les pays développés ont tous réalisé des inventaires des sources d'émission et des niveaux de pollution, et on a pu constater l'ubiquité de ces polluants, qui peuvent être aussi d'origine naturelle.

## **Les inventaires des émissions de dioxines**

Un des inventaires les plus complets a été réalisé par la Hollande en 1991. Les incinérateurs municipaux, avec plus de 100 nanogrammes de dioxine par mètre cube de fumées, étaient responsables de 382 grammes d'émissions annuelles sur un total de 484<sup>3</sup> (TNO Report, 1993)

La combustion du bois en milieu ouvert, entraînait l'émission de 12 grammes par an, le trafic automobile 7 grammes, les procédés industriels métallurgiques 4 grammes, l'industrie chimique 0,5 gramme, etc.

---

<sup>1</sup> Bertazzi et al. Mortality and Cancer incidence in the Seveso population. Dioxin 93 Vienne Autriche

Les Directives Européennes sur les incinérateurs ont d'abord fixé le niveau d'émission de dioxines à 1 nanogramme par m<sup>3</sup> (cent fois moins) puis une deuxième directive abaisse ce niveau à 0,1 nanogramme par m<sup>3</sup>. (Directives E.C. 89/369 et 89/429). Norme difficile à satisfaire pour les anciennes installations, bien que des procédés d'épuration, en particulier catalytiques, aient été mis au point. La difficulté de l'analyse, à ce niveau, est d'ailleurs importante, de même que les prises d'échantillons, et on peut penser que cette norme de 0,1 nanogramme /m<sup>3</sup> (10<sup>-10</sup> gramme) est à la limite de ce que l'on peut analyser industriellement dans les fumées.

## Que sont les dioxines ?

Les dioxines sont une famille de 75 substances appelées polychlorodibenzodioxines (PCDD) et de substances cousines (135 isomères) appelées furanes pour polychlorodibenzofuranes (PCDF). Toutes ces substances n'ont pas la même toxicité. Une échelle de valeurs toxicologiques leur ont été affectées, en prenant comme base 1 la 2, 3, 7, 8 PCDD ou dioxine dite « de Seveso » considérée comme la plus toxique. Les facteurs vont de 0,5 à 0,000 01. On peut donc exprimer, grâce à ces facteurs « International Toxic Equivalent » (ITEQ), la toxicité d'un mélange exprimée en concentration équivalente de la dioxine de base, la 2, 3, 7, 8 PCDD. \_Quelques isomères de polychlorobiphényles (PCB), appelés « dioxine-like », (semblables aux dioxines), sont assimilés et comptabilisés avec les dioxines : il s'agit de 12 isomères (sur 209) dont les ITEQ varient de 0,1 à 0,000 01. Deux PCB seulement ont des facteurs d'équivalence importants : 0,1 (PCB 126) et 0,01 (PCB 169). Ils représentent néanmoins 35% de la dose moyenne de PCDD-équivalents dans l'exposition de la population (AFSSA-InVS, 2009)

## La mauvaise réputation des dioxines

Cette mauvaise réputation provient de trois de leurs propriétés :

### 1.- La persistance

Ces substances ont une très grande **persistance** dans l'environnement. Elles sont peu biodégradables et séjournent donc très longtemps dans l'environnement. On a trouvé des dioxines dans des momies au Chili et des tissus très anciens d'esquimaux.

### 2.- La bioaccumulation

Ces substances ont une très grande affinité pour les lipides et donc un très grand pouvoir de **bioaccumulation**. Cela veut dire qu'une fois ingérées elles se fixent dans les graisses de l'animal et qu'elles se concentrent dans la chaîne alimentaire jusqu'à atteindre l'homme, en général par sa nourriture.

Ainsi, les dioxines émises par les incinérateurs associées aux poussières, retombaient dans les champs alentour. On pouvait s'attendre à ce que le bétail qui se nourrissait d'une herbe polluée produise du lait contenant des dioxines. On estime ainsi que 20 à 40 % des dioxines ingérées avec la nourriture par le bovin se retrouvaient dans

le lait. Le lait fait aujourd'hui l'objet d'une surveillance, et ne doit pas contenir plus de 3 picogrammes de dioxines (ITEQ) par gramme de crème, 6 picogrammes en comptant les PCB « dioxine-like » (Règlement européen 1831/2003 du 19 décembre 2003).

### 3. La toxicité

Enfin une grande **toxicité**. La DL50 (dose létale pour 50% des animaux exposés) de la 2,3,7,8 TCDD est de l'ordre de 2 microgrammes par kilo pour le cobaye de laboratoire, 1.000 à 5.000 µg/kg pour le hamster, 500 µg/kg pour le chien, 115 à 275 µg/kg pour le lapin, moins de 25 µg/kg pour le poulet, 180 à 2500 µg/kg pour la souris, mais le rat est plus sensible ; 20 à 340 µg/kg etc. (CIRC 1997). Anomalie toxicologique, l'homme semble beaucoup plus résistant, du moins en ce qui concerne la dose létale.

La dose maximale recommandée par l'OMS en 1998 pour l'homme, était de 4 picogrammes/kilo de poids corporel et par jour, avec un objectif de 1 pg/kg par jour. L'Union Européenne a fixé cette dose à 1 picogramme/kg et par jour, (le picogramme est égal à  $10^{-12}$  g ou 0,000.000.000.001 g.). Le JECFA, Joint FAO/WHO Committee for Food Additives, a fixé en 2001 la dose tolérable à 2,3 pg/kg.j. La dose d'exposition de la population par l'alimentation, en France, a été estimée par l'AFSSA à 1,31 pg/kg.j en 2000, et à 0,53 pg/kg.j en 2005.

Les dioxines ne sont pas génotoxiques, et il existe donc une dose maximale sans effet, estimée à 70 picogrammes par kilo de poids corporel et par mois par l'OMS, soit 2,3 ng/kg.j, valeur retenue par le JECFA et le Conseil Supérieur d'hygiène publique de France en 2001. Les dioxines ont été classées cancérigènes en 1997 à des doses supérieures à 10 nanogrammes par kilo de poids corporel et par jour (10.000 pg/kg.j). Mais des troubles des systèmes immunitaire, nerveux, hormonal et reproducteur, observés chez le singe, à partir de 100 pg/kg.j, administrés pendant plusieurs mois, ont justifié l'abaissement de la dose journalière admissible.

### D'où viennent les dioxines ?

Personne ne fabrique des dioxines délibérément ! Dans les incinérateurs d'ordures ménagères, les dioxines sont formées lorsque les fumées du foyer se refroidissent, par réaction des matières organiques imbrûlées et de l'acide chlorhydrique, lequel provient principalement du sel.

De nombreuses études ont montré qu'il était possible de réduire cette formation en respectant la règle des 3 T : turbulence accrue, température plus élevée et plus grand temps de séjour, ceci afin de réduire la quantité d'imbrûlés. En outre les dioxines étant fixées sur les poussières, un bon dépoussiérage les élimine des fumées. On a également montré que le taux de formation des dioxines est indépendant de la concentration en chlorures de la charge incinérée, les très faibles quantités de dioxines formées ne nécessitant que très peu de chlorures. On sait donc aujourd'hui construire des incinérateurs qui n'émettent plus de dioxines (au niveau de 0,1 nanogramme par mètre cube de fumée, la quantité est infime...)

Dans « Review of dioxins émissions in the UK » (H.M. Inspectorate of pollution, 1995), les auteurs indiquent des émissions dues à la combustion du charbon, comprises entre 20 et 34 g/an, la combustion du bois entre 2 et 18 g par an. Les émissions dues au trafic des véhicules automobiles ont été réduites d'un facteur de 20, lors de la suppression du plomb dans l'essence. Le rapport du TNO, Centre de Recherches officiel des Pays Bas (1993), indique une émission de 1,2 ng par kilo d'essence brûlée pour l'essence au plomb, contre 0,06 pour l'essence sans plomb. Les industries métallurgiques du recyclage peuvent constituer un poste important des émissions (29-54 g/an dans l'inventaire UK de 1995). A noter que la fumée d'une seule cigarette représente 1 à 3 picogrammes ! Teiichi Aoyama, de l'Environment Research Institute de Tokyo, a trouvé entre 20 et 60 picogrammes de TCDD (ITEQ) dans la fumée d'un paquet de 20 cigarettes., Les feux de forêts et de chaumes, ainsi que les éruptions volcaniques sont aussi à l'origine d'émissions de dioxines et de furanes. Les Directives européennes 86/469 CEE et 92/46 CEE obligent les Etats membres à prévoir des procédures de contrôle nationales pour déceler les contaminants présents dans l'environnement, dans les animaux, les viandes fraîches, dans le lait et les produits laitiers. Une surveillance est donc exercée autour des sites éventuellement émetteurs de dioxines. Au-delà de 6 picogrammes de TCDD (I.TEQ) par gramme de matière grasse, le lait et les produits laitiers ne sont pas commercialisables. Les mesures effectuées en Juin-Juillet 1994 en France, donnaient des chiffres compris entre 0,5 et 2 pg/g. Actuellement, la contamination la plus probable viendrait de l'alimentation des animaux (voir l'épisode belge pour les volailles). Une étude de l'AFSSA réalisée en 2005 montre que l'alimentation en France représente une dose journalière de 0,53 picogramme par kg de poids corporel et par jour et que cette dose a diminué de 60% entre 1999 et 2005. Les produits de la mer, les produits laitiers et carnés sont les plus grands contributeurs, avec 80% de cette dose. La concentration en dioxines du poisson est en Europe en moyenne de 1,2 nanogramme ITEQ par kilo de poisson (poids sec) et de 6,1 si on inclut les PCB assimilés aux dioxines.

### **Des contaminations en dioxines en forte baisse.**

En 1993, la revue *Environmental Toxicology and Chemistry* (Beurskens 1993), publie les résultats de l'analyse de différents polluants dans les sédiments du Rhin en Hollande, par tranches datées de 1940 à 1990. On constate que les dioxines sont présentes à 5 nanogrammes par kg de sédiment en 1940. La concentration augmente rapidement vers 300 ng/kg, de 2-3-7-8- TCDD, le point le plus haut de la courbe étant obtenu en 1965. Depuis 1965, la concentration décroît pour atteindre en 1990, un niveau semblable à celui de 1940-1945.

On observe d'ailleurs le même type de courbe pour le plomb, le mercure, l'arsenic, les PCB, le chrome, le nickel, le cadmium ... Une étude britannique de même nature confirme ces résultats : elle relève une concentration de 250 picogrammes de TCDD pour un gramme d'herbe en 1963 et 15 pg par g en 1995 concentration qu'elle estime être celle de 1863.( Alcock 1996 ). C'est donc dans la période d'immédiate après-guerre, entre 1950 et 1970, que le Rhin et les pays industrialisés ont connu leurs plus fortes pollutions.

Les trente glorieuses, comme on appelle ces années de croissance forte, n'ont pas été très soucieuses de la protection de l'environnement. C'est aussi le cas aujourd'hui dans certains pays à développement industriel rapide.

La loi qui encadre les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement en France, a été publiée en 1976 (loi n° 76-663 du 19 Juillet 1976), bien que la notion d'établissement classé ait été créée en 1810 par un décret impérial de Napoléon ! Cette loi de 1976 introduit des concepts tels que l'utilisation des Meilleures Technologies Disponibles (MTD), pour la protection de l'Environnement, ainsi que les objectifs de qualité des milieux récepteurs, et l'identification des intérêts à protéger, dont bien évidemment la santé des populations. Ces concepts seront d'ailleurs repris par l'Union Européenne, lorsque paraîtra la Directive pour la Prévention intégrée de la pollution dite IPPC (Integrated Pollution Prevention Control), du 24 septembre 1996, devenue Directive IED, (Industrial Emissions Directive) du 24 novembre 2010. C'est le décret impérial du 15 Octobre 1810 qui crée le classement des « établissements insalubres, incommodes et dangereux » en 3 classes dont la première devait être autorisée en Conseil d'Etat... Largement modifié et complété, ce règlement existe encore aujourd'hui.

Ce n'était pas le cas partout en Europe, où très souvent, les maires des communes délivraient l'autorisation d'exploiter. Les études des dangers et l'étude d'impact sont des concepts de la loi française étendus à l'Union Européenne, ainsi d'ailleurs que les modalités de l'enquête publique, avant la délivrance de l'autorisation d'exploiter.

La « nomenclature des Installations Classées » est une institution vénérable en France. C'est pourquoi on y trouvait, encore très récemment, des activités depuis longtemps disparues. La refonte de la nomenclature a été le grand sujet des années 1980, et l'élevage intensif des porcs, des volailles, etc... y a été introduit en 1992, (alors que la Directive européenne date de 1996 avec des seuils plus élevés !) de même que les installations mettant en œuvre des OGM (rubrique 2680). L'installation d'éoliennes a été introduite dans la nomenclature en 2010 par la loi dite Grenelle 2. Avec des seuils français plus faibles que les seuils européens, les éleveurs de porcs et de volailles se plaignent de concurrence déloyale. L'introduction d'une activité dans la nomenclature des Installations Classées donne au Préfet, sous réserve de motivation, un pouvoir absolu sur cette activité en termes de sécurité et de protection de l'environnement. Mais cela permet aussi aux opposants d'attaquer l'Etat en justice pour laxisme, ce qui s'est produit en Bretagne, au nom de la Charte de l'Environnement !

## **Les crises des dioxines**

Une première crise mettant en cause les dioxines s'est produite en France au début des années 1980 : un court-circuit s'est produit à Reims dans un transformateur EDF situé dans un immeuble de la ville. Ce transformateur était chargé de pyralène, un diélectrique à base de PCB (Polychlorobiphényles) en solution dans un solvant, le trichlorobenzène. Les PCB sont des substances utilisées pour la première fois en 1930, aux USA, par General Electric, comme diélectriques de transformateurs.

Ces substances et leur solvant chloré sont difficilement inflammables et ont une grande stabilité. Elles remplaçaient avec succès l'huile minérale comme fluide diélectrique des transformateurs, surtout dans les lieux où un incendie de l'huile, phénomène assez fréquent en cas de court-circuit, serait catastrophique : métropolitains, lieux recevant du public, espaces confinés, mines. Le 28 Octobre 1938, un incendie de transformateur à l'huile minérale avait entraîné la destruction totale des Nouvelles Galeries de Marseille, en plein cœur de la Canebière, et cet incendie fit 75 morts. A la suite de cet incendie, le corps des sapeurs-pompiers de Marseille fut dissous et remplacés par des militaires, les marins-pompiers, qui veillent toujours sur Marseille aujourd'hui. La ville fut mise sous tutelle du Préfet et ne retrouvera son Maire qu'en 1945. Le succès du pyralène, apparu après la seconde guerre mondiale, fut donc rapide.

Mais on allait s'apercevoir que les court-circuits de bobines dans le transformateur peuvent entraîner la formation de produits de décomposition comme les dioxines et les furanes. En fait, plutôt des furanes. Des analyses effectuées sur les suies indiquent une concentration de 2,6 à 13 microgrammes par gramme de suie.

A titre de comparaison, la suie d'une cheminée à charbon, en contient 5,12 picogrammes par gramme, et la suie d'une cheminée au bois peut atteindre 7,5 pg/g. (en PCDD ITEQ) (H. Thoma, 1988)

L'accident de Reims a été amplifié par le fait que, pour des raisons obscures, il y avait une communication entre le local du transformateur et les appartements ! Ceux-ci sont donc souillés. EDF connaît l'existence des dioxines et furanes et fait appel au Laboratoire d'Analyses de la ville de Paris, qui donne un résultat d'analyses plutôt rassurant.

Mais une journaliste d'un journal scientifique de vulgarisation, veut –selon ses propres paroles, plusieurs années après –« *attacher un grelot* ». Elle demande une contre-expertise, indique que les analyses sont difficiles, et que le laboratoire de la ville de Paris n'y connaît rien.

Un laboratoire canadien est choisi par la journaliste comme le meilleur spécialiste des dioxines et ce laboratoire fait état d'un taux de dioxine de 87 ppm (parties par million). Pire, on analyse le sang des résidents de l'immeuble que l'on déclare fortement contaminés. La journaliste n'a pas attaché un grelot, mais a sonné le tocsin ! L'impact médiatique est énorme ! Cependant des analyses ultérieures montreront que le laboratoire canadien s'est trompé, et qu'en réalité le chiffre de 87 ppm était inférieur à une partie par milliard, soit 87.000 fois moins ! (Académie des Sciences – rapport sur les pyralènes 1988) Bien entendu, cette rectification est passée inaperçue, sauf, on peut l'espérer, pour les personnes exposées !

S'il était effectivement fâcheux qu'une communication existe entre le local du transformateur et les appartements (possibilité qui sera interdite lorsque la France se dotera d'un décret sur l'usage des transformateurs au pyralène) il est probable que les habitants ne couraient pas de risques importants pour leur santé, sauf ceux dus au stress créé par l'évènement et ses suites. L'étude de Bertazzi, réalisée sur la population de

Seveso, relevait, en effet, en 1992, que des séquelles cardio-vasculaires dues au stress des habitants, avaient été constatées lors de l'enquête.

Finalement les pyralènes ne seront pas condamnés pour la production éventuelle de furanes lors d'incendies, mais du fait de leur persistance dans l'environnement, leur forte bioaccumulation dans la chaîne alimentaire, et leurs effets toxiques à long terme.

La controverse sur la toxicité des PCB a été close lorsqu'en 1998, l'OMS a classé les PCB en 2 catégories : les isomères ayant un comportement analogue à celui des dioxines, appelés « dioxine-like », peu nombreux, 12 congénères sur 209, et les autres. Deux PCB ont des facteurs d'équivalence importants, 0,1 et 0,01. Les 10 autres sont à 0,0001 ou 0,000 01. Les dioxines-like sont comptabilisées avec les dioxines, mais avec des normes moins sévères : ainsi les Règlements européens qui fixent les teneurs maximales en dioxines des aliments commercialisés (CE 466/2001 et 1881/2006) contiennent deux normes, sans ou avec les PCB dioxines-like. Par exemple, pour le lait 3 et 6 picogrammes par gramme de crème, et pour le poisson 4 et 8 picogrammes par gramme de poisson frais (4 et 12 pour les anguilles). Quant aux PCB non « dioxine-like », le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France a proposé en 1991 une dose journalière admissible de 5 microgrammes par kilo de poids corporel et par jour, en se basant sur une étude de toxicité sur des rats. Des études d'effets immunologiques sur le singe ont entraîné une révision en baisse de la dose admissible à 20 nanogrammes par kilo de poids corporel et par jour (OMS, US EPA 2002) dose adoptée également par l'Union Européenne en 2001. Cette dose est néanmoins 5000 fois plus élevée que celle des dioxines et PCB dioxine-like. Cette assimilation de certains PCB aux dioxines a considérablement accru l'estimation de la toxicité de certains sédiments pollués de rivières, ce qui a entraîné des interdictions préfectorales de la consommation des poissons pêchés, supprimées après quelques années. Deux épisodes accidentels se sont produits au Japon (Yusho, 1968) et à Taiwan (Yu Cheng 1979), à la suite d'une pollution d'huile de riz par des PCB, qui, à la cuisson, ont entraîné la formation de furanes. Y. Masuda (1985) relève que les 1.788 personnes contaminées à Yusho présentaient un taux de PCB de 1,9 parties par million dans les tissus gras, et 6 à 13 parties par milliard de furanes. Ces patients ont développé des chloracnés et une forte pigmentation de la peau. Des effets ont été relevés sur les enfants nés de femmes exposées : diminution du poids de naissance, retards dans le développement physique et intellectuel, qui semblent disparaître après douze ans. Les PCB sont classés perturbateurs endocriniens, avec un coefficient d'équivalence à l'œstradiol naturel de 0,001 à 0,0001.

La fabrication des PCB est interdite, mais les équipements qui en font usage ont été autorisés jusqu'en 2004-2010 en fonction de la date de mise en service. L'usage des PCB dans les transformateurs permet leur récupération et d'éviter la pollution de l'environnement. Une directive européenne précise les conditions de l'élimination des PCB des transformateurs, mais aussi des huiles qui en contiennent des traces. Le décret 87/59 du 2 Février 1987, qui transpose en droit français cette directive, précise : « que tout fluide qui contient plus de cinquante parties par million de PCB, est assimilable à des PCB et doit donc être détruit dans des incinérateurs spéciaux agréés ». Cette élimination ne peut se faire que dans des incinérateurs fonctionnant à haute température. Elle a donc

un coût élevé, dû en particulier aux volumes importants de produits de lavage des transformateurs nécessaires, assimilés aux PCB, car en contenant plus de 50 ppm. Cette décision d'assimiler les produits de lavage aux PCB à partir de la concentration faible de 50 ppm, conduira à des pollutions importantes de l'environnement, certains détenteurs indécidés préférant se débarrasser illégalement de ces déchets dans les rivières... avec un résultat contraire au but recherché par la directive... Un seuil plus raisonnable que cette concentration de 50 ppm aurait sans doute été bénéfique pour l'environnement. Car les PCB sont adsorbés sur les sédiments de fond de rivière où ils persistent longtemps. Claude Fréjacques, membre de l'Institut, écrivait en 1992 (déjà !) : " *Cette décision de Bruxelles a un effet pervers qui conduit aujourd'hui à une augmentation de la teneur en PCB de plusieurs de nos bassins fluviaux... Certains acteurs (il y a 50.000 transformateurs au pyrallène en France) ont préféré les verser au caniveau, comme cela est fait hélas pour une bonne partie des huiles de vidange des voitures* » (l'huile de vidange contient des hydrocarbures aromatiques polycycliques et des métaux lourds, qui participent à la pollution des sédiments de rivières, lorsqu'elle est rejetée dans le milieu naturel).

### **La crise des poulets à la dioxine en Belgique et celle des porcs en Allemagne**

C'est en janvier 1999, qu'un éleveur de volailles belge, constate la mort de plusieurs volailles, sans raison apparente. L'enquête s'oriente vers les farines alimentaires des volailles, car une contamination semblable s'était produite en 1997, aux Etats Unis.

On découvre dans les farines des quantités importantes de dioxines, ou plutôt de furanes : 780 picogrammes par gramme de matière grasse en équivalent ITEQ. La présence principale de furanes oriente les recherches vers une pollution de la chaîne des farines par les PCB. L'alerte est donnée en 1999, soit quatre mois après la découverte des volailles mortes dans l'élevage... Les autorités belges font détruire des milliers de tonnes de volailles susceptibles d'être contaminées, et même les œufs ! Une psychose s'installe dans toute l'Europe.

Les usines fabriquant les farines alimentaires des volailles et des porcs sont inspectées minutieusement en Belgique. Le résultat est assez consternant : des graisses de toutes sortes sont utilisées ! La pollution provient d'une huile contaminée au PCB. Ce seul lot aurait contaminé 1.600 tonnes de nourriture. L'enquête met en évidence un très grand laxisme dans le choix des matières premières, qui n'est pas sans rappeler l'épisode des farines animales anglaises, à l'origine de l'épidémie d'ESB (encéphalite spongiforme bovine)<sup>2</sup> ! Comme le fait remarquer Edwin de Pauw, directeur du laboratoire de spectrométrie de masse de l'Université de Liège, « *cette contamination accidentelle ou frauduleuse, souligne la nécessité d'un contrôle de la filière alimentaire, non seulement en aval, comme cela est fait pour le lait, mais aussi et surtout en amont* »

---

<sup>2</sup> Les farines animales étaient traitées thermiquement. La Grande Bretagne abandonna ce procédé, qui détruisait les prions pathogènes, avec les résultats que l'on connaît. L'effet du chauffage sur la destruction des prions pathogènes n'a évidemment été mis en évidence qu'après la crise

Cette crise a fait chuter spectaculairement les ventes de volailles partout en Europe. Ce qui n'était pas justifié pour les volailles nourries au grain, ou celles qui bénéficient de labels de qualité, et des contrôles correspondants. Ces dernières seront, cependant, les grandes gagnantes de la crise de confiance des consommateurs, jusqu'à l'épisode suivant : la crise de la grippe aviaire.

Mais les consommateurs éventuels de ces poulets « à la dioxine » étaient-ils vraiment en danger ? La dose journalière admissible selon l'OMS, de 2,3 picogrammes par kilo de poids corporel et par jour, de laquelle il faut retrancher un picogramme d'exposition chronique, correspond à 161 picogrammes par jour pour une personne de 70 kilos. Avec 200 g de poulet contaminé consommés, contenant environ 12 grammes de graisse et donc 9.360 nanogrammes de dioxines, la dose était dépassée de  $9,36/0,161 = 58$  fois.

Mais il faut rappeler que les doses sont calculées pour une ingestion quotidienne la vie durant, et non pour une seule exposition accidentelle ! Compte tenu du délai entre le début de la crise et la destruction des volailles, sans doute quelques personnes ont mangé du « poulet à la dioxine ». Sans toutefois avoir à craindre pour leur santé... À condition de ne pas manger des grillades au feu de bois générateurs de dioxines tous les jours ! Un nouvel épisode de contamination de viande de porc s'est produit en Allemagne en décembre 2010 : un lot a été contaminé dans une usine de produits d'alimentation animale du Schleswig Holstein. Plusieurs centaines de porcs ont été abattus entre décembre 2010 et Janvier 2011 et cet épisode a beaucoup ému les Allemands qui se croyaient à l'abri de telles crises.

Cette crise, et encore davantage, celle de la viande bovine, au moment de l'épidémie de « vache folle » ESB, ont entraîné une demande forte des consommateurs, pour une meilleure traçabilité et des labels de qualité. Il est clair que les excès de la filière « industrielle » se sont retournés contre elle.

Mais l'exigence de traçabilité, très importante aujourd'hui, n'est sans doute pas compatible avec la mondialisation des approvisionnements en provenance de contrées où le respect des réglementations et les contrôles sont très problématiques, avec la poursuite acharnée du « low cost » !

### **Le problème des dioxines aujourd'hui**

Les incinérateurs de déchets ménagers, principaux contributeurs dans les années 1980, ont été mis aux normes européennes, et devraient représenter aujourd'hui environ 20 g d'émission par an en France. Les émissions totales françaises représentaient 1800 g en 1990, 2.000 g en 1994 et elles sont estimées à 300 g en 2005, toutes sources confondues (CITEPA). Encore faut-il remarquer que ce dernier chiffre est majoré par rapport à ceux des années 90 par la prise en compte nouvelle des PCB assimilés aux dioxines. Une étude américaine identifie les principaux émetteurs de dioxines aujourd'hui. Ce rapport (US-EPA, 2006) place les incinérations « de fond de jardin » en tête avec 498,5 g pour les Etats Unis, et 35% des émissions. Les incinérateurs de déchets

municipaux et hospitaliers sont responsables respectivement de 83,8 et 378 g. Viennent ensuite la combustion du charbon des centrales électriques : 69,5 g, la combustion du bois : 41,5 g, les camions Diesel : 64,4 g, l'industrie du frittage est responsable de 27,6 g, les fours à ciment : 18,8 g, la seconde fusion de l'aluminium recyclé : 8,3 g. Le total des émissions de dioxines aux Etats-Unis était de 1.422 g en 2000, contre 13.965 g en 1987. En France, les feux de forêts représenteraient des émissions de 40 g de dioxines par an, la combustion du bois pour le chauffage domestique ainsi que le brûlage artisanal de câbles 20 g par an... ; soit au total trois fois plus que les émissions de tous les incinérateurs de déchets urbains... L'utilisation de la biomasse pour la production d'énergie ou de biocarburants est une source nouvelle d'émission de dioxines et de furanes, dans l'étape combustion, ou pyrolyse : Les facteurs d'émission proposés par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE 2011) vont de 100 à 1 microgrammes de dioxines ITEQ par tonne de biomasse brûlée ou pyrolysée, suivant le plus ou moins bon contrôle des conditions opératoires, et l'appareillage anti-pollution utilisé. Mais la pollution des feux de bois est considérée comme écologique !

L'Institut de Veille Sanitaire a publié en Mars 2008 les résultats d'une étude sur l'impact des incinérateurs de déchets urbains sur les populations riveraines, concernées par les panaches de fumées rejetées. Selon cette étude, le niveau de charge corporelle en dioxines des riverains n'est pas plus élevé que celui de la population générale, et il se situe dans la moyenne européenne. L'AFSSA note une faible augmentation de charge corporelle pour les agriculteurs consommant des produits locaux d'origine animale. Mais il est difficile de faire la part entre les pollutions du passé et celles du présent, les dioxines étant très persistantes. Le Ministère de l'Environnement allemand dans un rapport de Septembre 2005 écrit que « *l'incinération des déchets n'est plus du tout significative en termes d'émissions de dioxines, de poussières et de métaux lourds* ». Il est intéressant de noter que l'enquête de l'Institut de Veille Sanitaire relève que les personnes exposées à des poêles à bois ou des cheminées brûlant du bois, ont une charge corporelle supérieure de 1 picogramme par gramme de tissu gras, par rapport à une moyenne de 7,7 pg/g . Incinérateur à domicile, en quelque sorte !

oooooooooooooooo

## Références de la Chronique 5 : Histoires de dioxines

- Académie des Sciences (1988) Rapport sur les pyralènes. Ed. Lavoisier
- Académie de Médecine (2005) Rapport « Dioxines et Santé » Bull. Acad. Nat. de Médecine 189 n°6 18.06.05
- Afssa (2005) Dioxines, furanes et PCB dioxine-like. Evaluation de l'exposition de la population française
- Alcock R.E. et al. (1996) Env. Science and technology 30, 3133-3143
- Aoyama Teiichi : Risk assessment of dioxins in cigarette smoke Organohalogen Compounds 2003;65:321-4.
- Bertazzi et al (1993) Mortality and cancer incidence in the Seveso population. Dioxin 93 Vienne Autriche
- Bertazzi et al (1997) Dioxin exposure and cancer risk. A 15 years survey after the Seveso accident. Epidemiology 8,646-652
- Beurskens J.E.M. et al (1993) Geochronology of priority pollutants in the Rhine river sediments. Env.Toxicology and Chemistry Vol 12 n°9
- Conseil Supérieur d'hygiène publique de France (2004) Observatoire des pratiques de l'évaluation du risque sanitaire. Dioxines Avis de décembre 2004
- Conseil Supérieur d'hygiène publique de France (1999) cité par La Recherche n°322 p 17
- Directive européenne CE 69/2002
- Fiedler H. et Hutzinger O (1990) Dioxins sources of environmental load and human exposure. Tox.and Environmental Chemistry Vol 29 p222
- Focard J.F. and de Pauw Edwin (1999) dans La Recherche n°323 Sept. 1999 p84-87
- H.M.Inspectorate of pollution UK (1995) Review of dioxins emissions in the United Kingdom. Report n°DOE/HMIP/RR/95/004
- Institut de Veille Sanitaire (2008) L'incidence des cancers à proximité des incinérateurs de déchets ménagers. [www.invs.santé.fr/publications/](http://www.invs.santé.fr/publications/)
- Institut de Veille sanitaire et Afssa (2006) : Etude d'imprégnation par les dioxines. Nov. 2006
- Institut de Veille sanitaire et Afssa (2009) : Etude d'imprégnation par les dioxines des populations vivant à proximité des usines d'incinération d'ordures ménagères. Rapport d'étude.
- B. Jégou, P. Jouannet, A. Spira (2009) La fertilité est-elle en danger ? La Découverte
- Masuda Y. (1985) PCB and PCDF in blood and tissues of Yusho and Yu Cheng patients. Env. Health Perspectives 59, 53-58

Ministère de l'Environnement de la République Fédérale d'Allemagne.(2005) Waste incinerators : a potential danger ? Sept. 2005

PNUE (2001) Outil pour l'identification et la quantification des rejets de dioxines et de furanes.

Pocchiari F. et al.(1986)The chemical risk management process in Italy. A case study: the Seveso accident. Dans: The science of total environment 51,227-235 Elsevier publ.

RECORD (2008) Mise en évidence d'effets à long terme lors d'expositions courtes (accidentelles) Rapport 06-0665/1A

Thoma H. (1988) Chemosphere du 17 juillet 1988

TNO – RIVM (1993) Dioxins emissions in The Netherlands Report April 1993

Union Européenne Directive CE 69/2002 Règlements CE 466/2001, et 1881/2006 du 19 décembre 2006

US EPA Environmental Protection Agency (2006) An Inventory of sources and environmental releases of dioxin-like compounds in the United States for the years 1987-1995-2000 Nov. 2006

## Liste des sigles utilisés dans ce document

- ADEME** Agence de l'Environnement et de la maîtrise de l'énergie
- AESN** Agence de l'eau Seine Normandie
- AFSSA** Agence française de sécurité sanitaire des aliments
- AFSSAPS**, Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé
- AFSSET** Agence française de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail,
- AIRPARIF** Organisme de surveillance de la qualité de l'air en Ile de France
- ANSES** Agence Nationale de sécurité sanitaire, alimentation, environnement, travail (ex AFSSA, AFSSET)
- ARET** Association pour la recherche en toxicologie
- ATSDR** Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Edite la base de données toxicologiques du Ministère Fédéral de la Santé des Etats Unis)
- CEA** Commissariat à l'énergie atomique
- CEMAGREF** Institut de recherche en sciences et technologies pour l'environnement
- CERN** Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire
- CIRC** Centre International de Recherches sur le cancer (OMS/ONU)
- CITEPA** Centre Interprofessionnel d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
- CNAM** Conservatoire National des Arts et Métiers
- CNRS** Centre National de la Recherche Scientifique
- CRIIRAD** Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité
- CSTEE** Comité Scientifique sur la Toxicité, l'Ecotoxicité, et l'environnement de L'Union Européenne
- DL 50** Dose létale pour 50% des sujets exposés
- EAWAG** Institut suisse des sciences et des technologies de l'eau
- ECB** European Chemical Bureau de l'Union Européenne (Ispra Italie)
- ECHA** European Chemicals Agency . Agence Européenne des Produits Chimiques. (Helsinki Finlande)
- EDEN** Endocrine Disruption research (Europe)
- EFSA** Autorité européenne de sécurité des aliments. (European Food Safety Authority)
- ENPC** Ecole Nationale Supérieure des Ponts et Chaussées
- FAO** (Nations Unies) Food and Agriculture Organisation
- FDA** Food and Drug Administration (Etats Unis) Agence de l'alimentation et des produits de santé

**GIEC** Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat

**HAP** Hydrocarbures aromatiques polycycliques

**IAEA** International Atomic Energy Agency (Agence Internationale pour l'Energie Atomique)

**IARC** International Agency for Research on cancer (CIRC)

**IFPRI** International Food Policy Research Institute

**IFREMER** Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

**INED** Institut National d'Etudes Démographiques

**INERIS** Institut National de l'environnement Industriel et des Risques

**INRA** Institut National de Recherches Agronomiques

**INRS** Institut National de la Recherche Scientifique

**INSEE** Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

**INSERM** Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

**InVS** Institut de Veille Sanitaire

**IPCC** Intergovernmental Panel on Climate change

**IPCS** International Programme of Chemical Safety (UNEP/OMS)

**IOE** The International Petroleum Industry Environmental Conservation Association

**IRD** Institut de Recherche pour le développement

**IRIS** Integrated Risk information System (base de données toxicologiques de l'US EPA)

**IRSN** Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

**IUPAC** International Union of Pure and Applied Chemistry

**JECFA** "Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives" désigne le comité international mixte FAO/OMS d'experts sur les additifs alimentaires.

**JRC** Joint Research Centre de l'Union Européenne (ECB Ispra Italie)

**LOAEL** lowest observed adverse effect level. Niveau le plus faible d'observation d'un effet adverse.

**NIH** National Institutes of Health des Etats Unis.

**NOAEL** No Observed Adverse Effect Level. Niveau sans effet observé

**NOEC** Non Observed Effect Concentration. Concentration sans effet observé

**NRC** National Research Council (USA) Organisme de Recherches pour la National Academy of Sciences, la National Academy of Engineering et l'Institute of Medicine. Il existe aussi un NRC Canada

**NTP** National Toxicology Programme (Ministère de la Santé des Etats Unis)

**OCDE** Organisation de coopération et de développement économique.

**ODP** Ozone depletion potential. Potentiel de destruction d'ozone.

**OFEG** Office Fédéral suisse des eaux et de la géologie.

**OMS** Organisation Mondiale de la Santé (ONU)

**ONEMA** Office National de l'Eau et des milieux aquatique

**PBL** Netherlands Environmental Assessment Agency

**PCB** Polychlorobiphényles

**PNEC** Predicted No Effect Concentration. Concentration au dessous de laquelle aucun effet adverse n'est anticipé.

**PNUE ou UNEP** Programme des Nations Unies pour l'Environnement (United Nations Environmental Programme)

**PRG** Pouvoir de réchauffement global

**RAIS** Risk Assessment Information System, du Oak Ridge National Laboratory (USA)

**RASFF** The EU Rapid Alert System for Food and Feed

**RAPEX** EU rapid alert system for all dangerous consumer products, except food

**RDA** Recommended Dietary Allowance, (USA) publiées par le US National Research Council, (NRC) Food and Nutrition Board

**RIVM** National Institute for Public Health and the Environment (Pays Bas)

**TNO** Netherlands Organization for Applied Scientific Research

**UFIP** Union Française des Industries Pétrolières

**UNEP** United Nations Environment Programme. Programme des Nations Unies pour l'Environnement

**US-EPA** Environmental Protection Agency des Etats Unis

**WCRF** World Cancer Research Fund. Fond Mondial de recherches contre le cancer.

**WHO** World Health Organisation : Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

**WMO** World Meteorological Organisation (Organisation météorologique mondiale ONU)

oooooooooooooooooooooooooooo

## Unités de masse utilisées

Unités de masse (moins de 1 gramme)			
1 milligramme	mg	$10^{-3}$ gramme	0,001 gramme
1 microgramme	$\mu$ g	$10^{-6}$ gramme	0,000001 gramme
1 nanogramme	ng	$10^{-9}$ gramme	0,000000001 gramme
1 picogramme	pg	$10^{-12}$ gramme	0,000000000001 gramme
1 femtogramme	fg	$10^{-15}$ gramme	0,000000000000001 gramme

Unités de masse (plus de 1 kilogramme)			
1 tonne	t	$10^3$ kilogrammes	1000 kg
1 kilotonne	Kt	$10^6$ kilogrammes	1000000 kg
1 mégatonne	Mt	$10^9$ kilogrammes	1000000000 kg
1 gigatonne	Gt	$10^{12}$ kilogrammes	1000000000000 kg
1 térationne	Tt	$10^{15}$ kilogrammes	1000000000000000 kg