

Dioxines en Île-de-France : état des connaissances

Grâce à de nouvelles normes réglementaires et à des technologies de traitement des fumées performantes, les rejets de dioxines ont nettement diminué ces dernières années dans le secteur industriel, et les niveaux d'émission représentent aujourd'hui un risque négligeable pour la santé. Cependant, du fait de la persistance des dioxines dans l'environnement, se pose le problème d'une contamination historique des milieux et de son impact sur les populations exposées. Par ailleurs, à côté des sources industrielles, il subsiste des sources diffuses, difficilement contrôlables. La maîtrise de ces dernières repose essentiellement sur le civisme et les bonnes pratiques des individus.

Une grande famille de composés toxiques, qui persistent longtemps dans l'environnement

Le terme «dioxines» recouvre deux familles de composés organiques chlorés : les dioxines (polychlorodibenzo-paradioxines ou PCDD) et les furannes (polychlorodibenzo-furannes ou PCDF) qui comptent 210 molécules différentes appelées aussi congénères dont 17 considérées comme toxiques. D'autres molécules, les polychlorobiphényles ou PCB, ont des propriétés semblables à celles des dioxines et y sont apparentées⁽¹⁾. La dioxine dite «de Seveso», classée «cancérogène certain» par le Centre international de la recherche sur le cancer (Circ) depuis 1997, est la plus toxique de toutes.

La catastrophe de Seveso (Italie)

Elle survient le 10 juillet 1976, suite à la surchauffe d'un réacteur fabriquant du 2,4,5-trichlorophénol (précurseur d'un herbicide), provoquant une explosion et la libération d'un nuage toxique. Quatre jours plus tard, les riverains exposés présentent des cas de chloracné (affection cutanée). L'agent responsable est alors identifié : il s'agit du 2, 3, 7, 8 tétrachlorodibenzo-p-dioxine, produit aujourd'hui connu sous le nom de dioxine de Seveso, dont 1 à 5 kg ont été dispersés dans l'environnement.

À côté de leurs propriétés toxiques avérées, les dioxines présentent une grande stabilité chimique et thermique, sont peu biodégradables, peu volatiles, et leur dispersion dans l'environnement a lieu essentiellement sous forme de particules. Elles peuvent être transportées sur de longues distances par les courants atmosphériques. Du fait de leur persistance dans l'environnement, elles s'accumulent dans les sols (temps de

demi-vie⁽²⁾ supérieur à dix ans, voire plusieurs dizaines d'années), les sédiments et les tissus organiques. Peu solubles dans l'eau, elles ont en revanche une grande affinité pour les graisses et une tendance à se concentrer le long de la chaîne alimentaire par bioaccumulations⁽³⁾ successives.

Toxicité des dioxines et potentiel toxique d'un mélange

Les connaissances sur la toxicité des dioxines proviennent de l'expérimentation animale, et de l'observation d'effets sur l'homme survenus lors de fortes expositions (Seveso, agent orange⁽¹⁾). Si la toxicité à forte dose de ces composés a pu être démontrée, celle des expositions répétées à de plus faibles doses demeure incertaine.

Il existe de grandes différences de toxicité suivant les congénères. Pour exprimer le potentiel toxique d'un mélange, seuls les 17 congénères les plus toxiques sont pris en compte et chacun est pondéré par un facteur de toxicité ou TEF (*toxic equivalent factor*). Ce facteur va de 1, pour le congénère le plus toxique, soit la dioxine de Seveso, à 0,001 pour le moins toxique. L'indice international de toxicité d'un mélange (I-TEQ) est alors la somme des concentrations des différents congénères multipliées par leurs TEF respectifs.

Il existe deux systèmes de pondération, celui de l'Otan (le plus largement utilisé) et celui de l'OMS (surtout utilisé dans l'agroalimentaire). D'après l'expertise collective de l'Inserm portant sur les dioxines (2000), le système de l'OMS augmente d'environ 20 % l'estimation de la toxicité d'un mélange de dioxines par rapport à celle évaluée avec celui de l'Otan.

(1) Défoliant contaminé par les dioxines, utilisé lors de la guerre du Vietnam

(1) D'où leur appellation de Dioxin-like.

(2) Temps au bout duquel la concentration est réduite de moitié.

(3) Phénomène par lequel des êtres vivants absorbent des substances chimiques et les accumulent dans leur organisme à des concentrations parfois supérieures à celles auxquelles elles se rencontrent dans le milieu naturel.

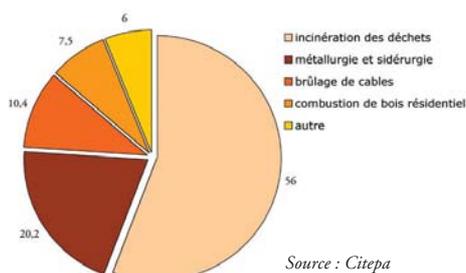
**Dioxines en Île-de-France :
état des connaissances**

De multiples sources, liées surtout aux combustions

Les dioxines n'ont pas d'applications industrielles. Elles sont le résultat de réarrangements moléculaires qui surviennent au cours de processus thermiques en présence de carbone et de chlore. Ainsi, elles sont produites lors de la plupart des phénomènes de combustion.

Il existe de multiples sources de dioxines, d'origine naturelle ou anthropiques. Parmi ces dernières, on citera l'incinération des déchets, les procédés industriels faisant intervenir des températures élevées (métallurgie, cimenterie, papeterie, plasturgie), les synthèses industrielles de composés chlorés tels que les herbicides et les pesticides, le chauffage résidentiel au bois, le brûlage de câbles électriques, les feux de transformateurs et d'entrepôts, la circulation routière et la consommation de tabac (cette dernière étant minoritaire). En 2003, les quantités de dioxines rejetées en France étaient relativement faibles (comparées à celles des autres polluants organiques) et s'élevaient à 247 grammes selon le CITEPA⁽⁴⁾, l'incinération représentant près de 60 % des émissions. Dans la mesure où les dioxines sont aussi émises lors de phénomènes naturels tels que les éruptions volcaniques et les feux de forêt, leur teneur n'est jamais nulle dans l'environnement.

Les cinq principales sources d'émissions de dioxines en France, en 2002



**L'alimentation :
voie d'exposition principale aux dioxines...**

Plus de 90 % de l'exposition de l'homme aux dioxines proviennent de l'apport alimentaire. En France, en 1999, la valeur moyenne de l'exposition alimentaire de la population adulte était estimée à environ 1,3 pg (un millionième de millionième de gramme) par kg de poids corporel par jour et se répartissait à parts à peu près égales entre le lait, la viande et le poisson. En effet, du fait de leur affinité pour les graisses et du phénomène de bioaccumulation, les dioxines sont retrouvées en majorité dans les aliments riches en matières grasses tels que le lait, les œufs, les poissons, les crustacés et les viandes. En revanche, la contamination des végétaux est essentiellement superficielle, dans la mesure où le transfert racinaire est très limité sauf exception (cucurbitacées), et que les retombées particulières de dioxines sont facilement entraînées par les précipitations ou par le vent.

L'eau est un vecteur marginal d'exposition car, dans ce milieu, les dioxines, concentrées sur les matières en suspension, se déposent sur le fond et s'accumulent dans les sédiments. Elles peuvent alors être remises en suspension

et à nouveau entrer dans les chaînes alimentaires aquatiques (algues, poissons, crustacés...).

L'inhalation représente de 1 à 5 % de l'exposition totale, car les particules de dioxines se déposent rapidement sur le sol et les végétaux. Une fois au sol, elles migrent peu en profondeur et se concentrent en quasi-totalité dans les dix premiers centimètres. Les teneurs moyennes en dioxines dans les sols français sont de 1 ng (milliardième de gramme) par g de sol (matière sèche) en milieu rural, 10 ng en milieu urbain et 100 ng en milieu industriel.

... que l'on retrouve en partie dans le lait maternel

Les dioxines ont tendance à s'accumuler dans l'organisme. Il faut en moyenne sept ans à ce dernier pour en éliminer la moitié, par les selles et le lait maternel principalement. La concentration moyenne dans le lait maternel des femmes françaises était de 16,5 pg/g de graisse en 1999, en diminution ces dix dernières années. En l'absence de connaissances suffisantes, aucune valeur limite n'est préconisée. L'OMS recommande d'ailleurs de maintenir l'allaitement maternel, malgré la contamination possible, pour les avantages qu'il

Teneurs en dioxines en France dans divers aliments et teneurs réglementaires (exprimées en pg I-TEQ_{OMS}/g de matière grasse)

	Concentrations habituelles	Valeurs réglementaires
Viandes bovine et ovine	de 0,2 à 0,6	3
Volailles et gibiers d'élevage	0,6	2
Porc	0,19	1
Lait	0,65	3
Œufs de poules et ovoproduits		
poules au sol	1 à 5,5	3
poules en bâtiments	0,3 à 1	
Poissons*		
poissons d'élevage	0,02 à 1,4	4
poissons de mer	0,05 à 5,9	
coquillages	0,01 à 52	
crustacés	0,1 à 3,2	

*exprimé en pg I-TEQ_{OMS}/g de poids frais (1000 pg = 1 ng)

Source : InVS, Afsa, 2005

(4) Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique.

**Dioxines en Île-de-France :
état des connaissances**

procure aux nourrissons (protection immunitaire et contre les allergies).

**Quels effets
sanitaires ?**

Différentes pathologies sont attribuables aux dioxines. Leur nocivité recon nue au plan sanitaire a motivé l'appli cation de normes d'émission extrêmement sévères. Les études épi démologiques ont essentiellement porté sur des populations exposées à des niveaux de dioxines très élevés, d'origine accidentelle, mais également sur des populations exposées à de faibles doses sur de longues périodes de temps, notamment autour des incinérateurs d'ordures ménagères.

Comment les dioxines agissent-elles une fois dans l'organisme ?

Les dioxines, une fois ingérées, sont transportées par les lipides du sang puis stockées dans les graisses, et peuvent atteindre diverses cellules de l'organisme. Les dioxines, comme les hormones, ont la capacité de se lier à des récepteurs cellulaires spécifiques, puis d'entrer dans le noyau contenant l'ADN avec lequel elles peuvent alors interagir. Elles peuvent ainsi perturber les mécanismes de régulation de la synthèse des protéines, pouvant entraîner des déséquilibres biologiques.

Effets généraux

Ils apparaissent lors de fortes exposi tions. Il s'agit d'atteintes de la peau qui peuvent associer une chloracné (trou ble de la peau semblable à l'acné), au développement d'une pilosité excessive (hirsutisme). Il peut s'agir également d'une altération des nerfs périphériques entraînant fourmillements, douleurs ou anomalies des réflexes. Les examens biologiques peuvent révéler des attein tes du foie, diabète et anomalie du métabolisme des graisses.

Effets sur la reproduction

Chez les sujets fortement exposés (par exemple, à l'agent orange durant la guerre du Vietnam), une augmenta tion des anomalies de formation du système nerveux et de becs-de-lièvre a été observée dans la descendance. Les dioxines ont aussi une action toxique sur le fœtus, provoquant des anomalies spécifiques telles que l'hyper pigmentation de la peau et des gencives, l'hy pertrophie gingivale et des signes de retard de croissance intra-utérin, des retards du développement psychomo teur en particulier. Par ailleurs, une inversion du *sex-ratio*⁽⁵⁾ dans la des cendance des sujets les plus exposés lors de l'accident de Seveso a été constatée. En effet, plus de naissances de filles que de garçons ont été observées dans les sept années qui ont suivi l'accident.

Effets cancérogènes

Sur les effets cancérogènes des dioxi nes, les résultats des études épidémio logiques sont souvent discordants. Des excès de cancers ont été observés dans des populations exposées à des concen trations 100 à 1000 fois plus élevées que dans la population générale. Les cancers les plus cités, selon les études, sont certains cancers du sang (lym phomes, myélomes), des sarcomes des tissus mous, des tumeurs du poumon et du foie. Chez les victimes les plus exposées lors de l'accident de Seveso, une augmentation des tumeurs rectales et pulmonaires a été observée chez les hommes et une augmentation des lym phomes chez les deux sexes. Pour autant, il convient de se garder de tout catastrophisme. Seule une variété de dioxine parmi une multitude (la dioxine dite «Seveso») possède un caractère cancérogène certain, et la rela tion entre l'exposition aux dioxines aux niveaux couramment rencontrés dans l'environnement et cette pathologie

n'est pas établie, à ce jour, avec certi tude. En effet, aucun cas de cancer ni de troubles de la reproduction n'a été rapporté en France, imputables à une exposition chronique aux dioxines à de faibles doses.

Niveaux d'exposition considérés comme sans danger

Pour une substance toxique donnée, la dose journalière admissible (DJA) est la quantité maximale de substance, exprimée par kg de poids corporel, que l'homme peut absorber par jour durant toute sa vie sans que cela présente un risque pour sa santé. En France, la DJA repose sur l'hypothèse selon laquelle il existe un seuil de toxicité en dessous duquel l'exposition aux dioxines n'a pas de conséquences sur la santé. Ainsi, selon les recommandations de l'OMS (1998), elle a été fixée à 1 pg I-TEQ_{OMS}/kg/j. Toutefois, le mécanisme d'action des dioxines, faisant intervenir des interactions cellulaires et biochimiques complexes, occasionne des désaccords au sein de la communauté scientifique. Ainsi, l'US EPA (agence de l'environnement américaine) considère qu'il n'existe pas de seuil en dessous duquel l'ingestion de dioxines n'a pas d'effet.

**Une réduction
drastique des rejets**

On observe une diminution forte des émissions de dioxines d'origine indus trielle en France depuis le début des années 1990, suite à la mise en place de systèmes de traitement des fumées. Cela est notamment le cas pour les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM), qui émettaient dix fois moins de dioxines en 2003 qu'en 1990. La directive européenne du 4 décembre 2000 fixe la valeur limite des émissions de dioxines pour les usines d'inciné ration à 0,1 ng/m³. Sa traduction en droit français par l'arrêté ministériel du 20 septembre 2002 imposait au 28 décembre 2005, à toutes les usines, le respect de cette norme. L'arrêté prévoit notam ment des mesures de dioxines à l'é-

(5) Rapport garçon sur fille observé à la naissance. Un sex-ratio naturel est de 1,04 soit 51 garçons pour 49 filles.

mission deux fois par an et un programme de suivi de l'impact de l'installation dans l'environnement pour les dioxines et les métaux lourds.

Les sources fixes, principales émettrices, ont focalisé l'attention des instances publiques. Ainsi, en 2006, la quantité de dioxines rejetées annuellement en France par les incinérateurs, ne devrait pas excéder une dizaine de g. Une réduction des rejets interviendra également sur les autres sources fixes.

Si bien qu'aujourd'hui, **les sources diffuses**, autrefois minoritaires, pourraient bien être à l'origine des principales émissions. Le brûlage des câbles électriques pour la récupération du cuivre par exemple, bien qu'interdit, était responsable en 2002 de l'émission de 40 g de dioxines (soit 11 % du total des émissions).

Les foyers domestiques individuels (chauffage au bois) représentaient, quant à eux, un total de 30 g (soit 7,5 % des émissions). La combustion de bois dans les foyers domestiques ou les chaufferies collectives émet sa part de dioxines. Les quantités sont cependant insignifiantes dès lors que le bois utilisé est propre et de qualité (absence de peintures, vernis, de bois de récupération).

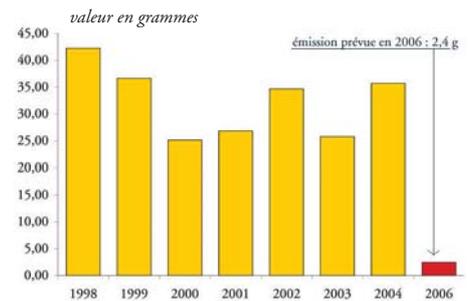
D'autres sources mériteraient d'être quantifiées, notamment les feux de «fond de jardin», souvent alimentés par des papiers, cartons, prospectus, restes de bois traités ou peints qui aggravent les émissions de dioxines. Il y a une nécessité d'améliorer la connaissance de ces comportements afin de mettre en place des actions de sensibilisation à destination des particuliers.

Par ailleurs, il serait souhaitable d'agir en faveur du renouvellement du parc des foyers domestiques, par des appareils permettant une meilleure combustion.

**En Île-de-France,
des sources fixes
en voie d'être maîtrisées,
des sources diffuses
difficiles à inventorier**

L'incinération des déchets ménagers constituait jusqu'à très récemment une source importante de dioxines. Les 25,2 g émis en 2000 par cette activité représentaient le quart des émissions franciliennes. Une réduction de 90 % de cette quantité est attendue en 2006, grâce notamment à l'achèvement de la mise aux normes des incinérateurs au regard du seuil de 0,1 ng. D'autres sources fixes, liées à l'activité sidérurgique, ont été identifiées. Six établissements font l'objet d'un suivi prioritaire : trois aciéries, deux fonderies d'aluminium, une fonderie de plomb. En 2003, les

Évolution des flux de dioxines émis des UIOM franciliennes. Estimation pour 2006 après l'entrée en vigueur de la norme de rejet de 0,1 ng/Nm³



Source : MEDD

trois aciéries ont émis 2,44 g de dioxines. Pour la plupart, ces établissements ont engagé des investissements visant à moderniser les dispositifs de traitements des fumées, réduisant fortement les émissions. On compte par ailleurs une quinzaine de fonderies de métaux en

Exemples d'émissions diffuses de dioxines

Feu de forêt



© P. Berger/SXC.hu

Circulation automobile



© J.C. Pattacini / Urba / Images / laurif

Feu de décharge



© S. Rossi/laurif

Le tabac



© Giant Pixel/SXC.hu

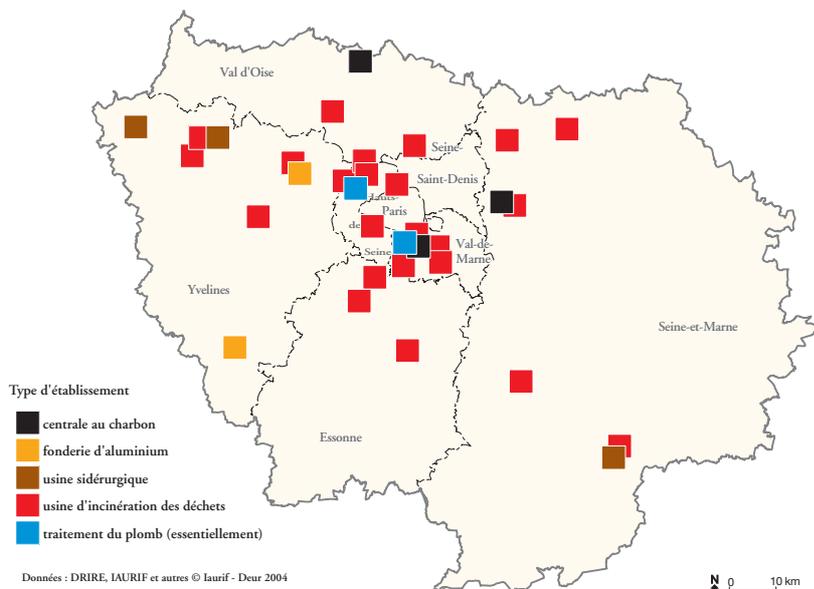
Feu de cheminée



© A. Hanisch/SXC.hu

**Dioxines en Île-de-France :
état des connaissances**

Carte des principaux émetteurs fixes de dioxines en Île-de-France



grande couronne. En revanche, les sources diffuses de dioxines sont plus difficilement quantifiables et contrôlables.

La contamination des milieux par les dioxines est peu connue en Île-de-France, car on manque singulièrement de mesures de concentration dans l'air, l'eau, les sols et les produits agricoles, et aucun ordre de grandeur de la pollution historique ne peut-être avancé à ce jour.

Des mesures de dioxines dans l'air ont été réalisées en juin et en novembre 2004 par Airparif, dans 14 secteurs : autour d'UIOM, d'une aciérie électrique, au centre de l'agglomération parisienne et dans un secteur rural. Les niveaux de dioxines y sont globalement faibles et assez homogènes : faibles en hiver, de 0,02 à 0,09 pg/m³ ; faibles à moyens en été, 0,01 à 0,2 pg/m³. Ces valeurs correspondent aux moyennes observées dans les autres grandes agglomérations européennes. Par ailleurs, des impacts ponctuels et aléatoires, attribuables probablement à des brûlages par des particuliers ou à des combustions accidentelles, ont été observés.

L'obligation de surveiller l'impact des incinérateurs dans l'environnement selon les dispositions de l'arrêté du 20 septembre 2002, a abouti à la réalisation en 2003 et 2004 d'analyses des dioxines dans le lait de vaches paissant dans un rayon de 5 km autour des incinérateurs d'Argenteuil, Saint-Ouen-l'Aumône et Sarcelles. Les résultats se sont tous révélés inférieurs au seuil de 3 pg/g de matière grasse, seuil au-dessus duquel le produit ne peut être commercialisé. Dans le cas de l'UIOM de Villejust, des mesures dans les sols, les végétaux et le lait de vache, réalisées en 1998 dans les communes limitrophes de l'installation, suite à un dysfonctionnement, n'ont révélé aucune valeur anormale. Le cas de l'ancien incinérateur de Vaux-le-Pénil, déconstruit et remplacé en 2003 par une unité plus moderne est particulier, dans la mesure où il avait été constaté des émissions de dioxines de 225 ng/m³, alors que la norme aujourd'hui en vigueur est de 0,1 nanogramme. Des analyses de sols, de végétaux, de viande et de produits laitiers ont été réalisées alentour de l'incinérateur et sont en cours d'étude.

Des dépassements ont été constatés dans des œufs et de la viande bovine, proches de l'incinérateur. Une analyse de l'impact sanitaire de l'ancienne installation est en cours, réalisée dans le cadre d'une étude nationale sur l'impact sanitaire de l'incinération conduite par l'Institut de veille sanitaire.

Si la principale voie d'exposition aux dioxines est l'alimentation avec la consommation de lait, de viande et d'œufs notamment, le petit nombre d'élevages en Île-de-France, devrait limiter l'impact des émissions régionales sur la chaîne alimentaire. Cependant, ce problème dépasse largement le cadre de la région, en raison de la diversité de provenance de l'alimentation des Franciliens.

**Agir à la fois
sur les émissions fixes
et diffuses**

Les dioxines constituent une préoccupation environnementale et sanitaire forte. Leur médiatisation a contribué à amplifier les craintes de la population sur leurs effets sanitaires, à la suite du dysfonctionnement d'un certain nombre d'incinérateurs dont la presse s'est faite l'écho. L'adéquation entre l'approche scientifique et les comportements psychosociologiques des populations apparaît encore difficile à réaliser, probablement en raison de l'absence d'une communication sur le sujet. Pour autant, la limitation drastique des émissions, intervenue ces dernières années, contribue à limiter le risque auquel certaines populations ont pu être exposées par le passé. Ainsi, en Île-de-France, le respect du seuil réglementaire de 0,1 nanogramme par la totalité des incinérateurs dans le courant du premier trimestre 2006 et la mise en œuvre de meilleures technologies disponibles sur l'ensemble des sources fixes (industrie

**Dioxines en Île-de-France :
état des connaissances**

des métaux, centrales thermiques...) permettra d'abaisser les rejets atmosphériques en dessous des 100 g/an mesurés en 2000.

Le contrôle des émissions diffuses est plus problématique. Leur inventaire, s'il est souhaitable, est difficilement réalisable dans la mesure où la majeure partie des rejets de ce type provient d'activités humaines ponctuelles, volontaires ou accidentelles, incontrôlables et souvent prohibées (brûlage de déchets, de câbles, feux de décharges, consommation de tabac⁽⁶⁾, incendies...). S'agissant du chauffage au bois, il représente, en Île-de-France, un million de tonnes environ, consommées par 450 000 ménages. L'utilisation d'un bois de qualité et le bon fonctionnement des foyers (cheminées, inserts, poêles, chaudières de chauffage central au bois) contribueraient à diminuer significativement les émissions de dioxines liées à ce mode de chauffage.

Le respect des réglementations actuelles, assorti d'un contrôle rigoureux des émissions, devrait pouvoir assurer, à l'avenir, un risque pour la santé quasiment nul, sinon inexistant. Une communication efficace et bien ciblée, notamment sur les émissions diffuses et la façon de les limiter, l'information, en continu, sur le fonctionnement des sources fixes, en particulier les incinérateurs, contribueraient à rassurer les populations et permettraient de replacer, à sa juste dimension, le « danger » des dioxines.

(6) La combustion d'une cigarette rejeterait quelques deux millièmes de millièmes de grammes de dioxines.

Pour en savoir plus :

- Les dioxines ont fait l'objet d'innombrables notes et publications. Nous avons consulté plus particulièrement les documents qui suivent pour la rédaction de cet article : *Données de contamination et d'exposition de la population française*, Afssa, Paris, 2000. *Les dioxines dans l'environnement et la santé*, Afssa, juin 2003. Campagne de mesure des dioxines et furannes dans l'air ambiant : bibliographie et résumé technique, *Airparif*, juin 2005. Bodéan F. et Garrido F., «Le devenir des dioxines dans les sols», *Environnement et Technique*, n° 247, juin 2005. *Émissions dans l'air en France métropolitaine. Polluants organiques persistants*, Citepa, 2005. Clicquot de Mentque C., «Les petites sources font les grandes émissions», *Environnement Magazine-Enjeux*, n° 1629, juillet-août 2004. *L'environnement industriel en Île-de-France*, *Drive Île-de-France*, édition 2004. *L'incinération des déchets en Île-de-France : Considérations environnementales et sanitaires*, *Iaurif, ORS d'Île-de-France*, janv. 2005. *Le point des connaissances sur dioxines et furannes*, INRS, juin 2004. *Dioxines dans l'environnement. Quels risques pour la santé ?*, Expertise collective Inserm, 2000. *Soixante-cinq questions-réponses sur les incinérateurs et les dioxines*, *InVS, Afssa*, mars 2005. *Mesures annuelles nationales d'émissions des UIOM*, *Medd*, juin 2005. Pène P., «Dioxines et santé», *Bulletin de l'Académie nationale de médecine*, 189, n° 6, juin 2005.