

Campagne de mesure des dioxines et furannes dans l'air ambiant :

bibliographie et résumé technique



AIRPARIF – Surveillance de la Qualité de l'Air en Ile-de-France – Juin 2005



SOMMAIRE

A- QUE SAIT-ON SUR LES DIOXINES ?	P.3
A-I. LES DIOXINES ?	P.3
A-I-1. QUE SONT LES DIOXINES ?	P.3
A-I-2. PROPRIETES PHYSIQUES ET CHIMIQUES	P.3
A-I-3. RISQUE SANITAIRE	P.4
I-3-1. Toxicité chez l'homme	P.4
I-3-2. Evaluation de la toxicité d'un mélange	P.5
I-3-3. Voies de contamination	P.6
A-I-4. LES SOURCES	P.8
A-II. LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE	P.8
A-II-1. Au niveau international	P.9
A-II-2. Au niveau communautaire	P.9
A-II-3. Au niveau national	P.10
A-II-4. Recommandations sanitaires.	P.11
A-III. LA MESURE DES DIOXINES	P.11
A-III-1. Mesure des dioxines et des furannes	P.11
AIII-1-1. Mesures à l'émission	P.11
AIII-1-2. Mesures dans l'environnement	P.11
AIII-1-3. Mesures d'imprégnation	P.12
A-III-2. Les niveaux de référence dans l'environnement	P.12
<u>B- CAMPAGNE DE MESURE DES DIOXINES DANS L'AIR AMBIANT : PRESENTATION DES PRINCIPAUX RESULTATS</u>	P.14
B-I. DESCRIPTION DE L'ETUDE	P.14
B-II. PRINCIPAUX RESULTATS	P.16
B-II-1. Observations générales	P.16
B-II-2. Des impacts ponctuels aléatoires	P.17
B-II-2-1. Paris 1 ^{er} Les Halles	P.17
B-II-2-2. Secteur de Saint-Ouen	P.17
B-II-2-3. Sarcelles	P.17
B-II-2-4. Champlan	P.18
B-III. PHASE COMPLEMENTAIRE AUTOUR D'IVRY-SUR-SEINE	P.18
CONCLUSIONS	P.18
REFERENCES	P.19

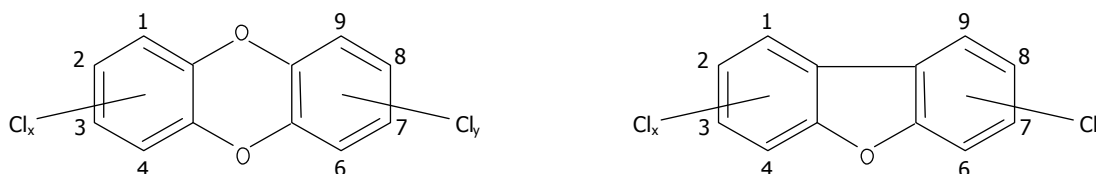
A- QUE SAIT-ON SUR LES DIOXINES ?

Depuis plus de 30 ans, les dioxines font l'objet d'un effort de recherche soutenu. Ces composés sortant du champ ordinaire des polluants mesurés par AIRPARIF, une synthèse bibliographique des connaissances actuelles a été menée. Il est à noter que compte tenu du nombre de travaux menés sur ce sujet, dont les conclusions sont encore parfois contradictoires, cette bibliographie est loin d'être exhaustive, notamment sur le chapitre de l'évaluation du risque sanitaire et de la toxicologie.

A-I. LES DIOXINES ? [1][2][3]

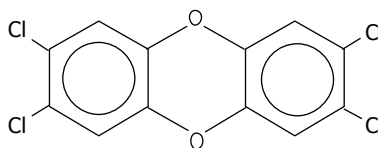
A-I-1. Que sont les dioxines ?

Le terme « dioxines » désigne en fait deux grandes familles de composés : les polychlorodibenzoparadioxines (PCDD) et les polychlorodibenzofurannes (PCDF). Ces deux familles appartiennent à la classe des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques Halogénés (HPAH). Leur structure moléculaire est très proche : ils sont constitués de deux cycles aromatiques liés par deux (PCDD) ou un (PCDF) pont(s) oxygène. Les positions numérotées peuvent être occupées par des atomes d'hydrogène ou de chlore. Il existe donc un très grand nombre de combinaisons liées au nombre d'atomes de chlore (1 à 8) et de la position qu'ils occupent. On dénombre ainsi 75 congénères de PCDD et 135 de PCDF.



Structure générale des parachlorodibenzoparadioxines (à gauche) et parachlorodibenzoparafurannes (à droite)

Parmi les 210 congénères théoriquement présents dans l'environnement, 17 congénères ont été identifiés comme particulièrement toxiques pour les êtres vivants. Ils comportent tous un minimum de 4 atomes de chlore occupant les positions 2, 3, 7 et 8. Leur toxicité diminue quand le nombre d'atomes de chlore augmente. Ainsi, le plus toxique d'entre eux est la 2, 3, 7, 8 tetrachlorodibenzo-p-dioxine (TCDD) dite dioxine de Seveso¹.



Structure moléculaire de la TCDD, dite dioxine de Seveso

A-I-2. Propriétés physiques et chimiques

Du fait de leur structure très proche, les congénères ont des propriétés physicochimiques similaires. Les PCDD et PCDF sont des composés présentant une grande stabilité chimique, qui augmente avec le nombre d'atomes de chlore. Peu volatils, ils sont dispersés dans l'atmosphère sous forme de très fines particules pouvant être transportées sur de longues distances par les courants atmosphériques. Peu

¹ En 1976, à Seveso (Italie), l'explosion d'un réacteur dans une usine qui produisait du trichlorophénol (produit intermédiaire pour la fabrication d'un herbicide) a dispersé dans l'environnement un mélange de produits contenant des dioxines. La quantité de dioxines rejetée par cette explosion a été estimée entre 0.1 et 3 kg [4].

solubles dans l'eau, ils ont en revanche une grande affinité pour les graisses. De ce fait, ils s'accumulent dans les tissus adipeux des animaux et des humains, notamment le lait. Ils se concentrent ainsi le long de la chaîne alimentaire et peuvent atteindre des concentrations supérieures aux objectifs recommandés pour les humains, les animaux d'élevage et la faune.

Les dioxines font partie des 12 Polluants Organiques Persistants (POP) recensés par la communauté internationale. Les POP sont des composés organiques, d'origine anthropique essentiellement, particulièrement résistants à la dégradation, dont les caractéristiques entraînent une longue persistance dans l'environnement et un transport sur de longues distances. Ils sont présents dans tous les compartiments de l'écosystème et du fait de leurs caractéristiques toxiques, ces composés peuvent représenter une menace pour l'homme et l'environnement.

A-I-3. Risque sanitaire [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12]

A-I-3-1. Toxicité chez l'homme

Depuis une quarantaine d'années, la toxicité des PCDD/PCDF a fait l'objet de nombreuses études. La toxicité de ces composés a été largement démontrée à fortes doses sur de nombreuses espèces animales. Chez l'homme, de nombreuses études épidémiologiques ont été conduites en milieu industriel, notamment à la suite d'accidents de contamination dont Seveso [13]. Les incertitudes relatives à l'évaluation du risque sanitaire associé aux dioxines demeurent néanmoins importantes, en particulier en ce qui concerne les effets d'une exposition prolongée à de faibles concentrations.

Chez l'homme, une exposition à court terme à de fortes doses peut être à l'origine de lésions cutanées, notamment chloracné, ainsi qu'une altération de la fonction hépatique. Parmi les effets relevés, on peut également citer une atteinte du système immunitaire, la perturbation du développement du système nerveux, des troubles du système endocrinien (système hormonal) et de la fonction de reproduction (diminution de la fertilité et prédominance du nombre de naissance de filles par rapport aux garçons). Un risque augmenté de diabète ainsi qu'une augmentation de la mortalité cardiovasculaire ont également été signalés chez les sujets très exposés. Le fœtus semble particulièrement sensible à la TCDD. Chez les enfants exposés in-utero, on note une baisse du poids de naissance, de la taille et du périmètre crânien.

Les effets cancérigènes des dioxines sont encore discutés. Des excès de risques faibles pour tous les cancers confondus ont été trouvés dans plusieurs études épidémiologiques menées en milieu industriel. Des études relèvent un excès du risque de lymphomes non hodgkiniens et de sarcomes des tissus mous au sein d'une population vivant à proximité d'un incinérateur [14]. Le Centre International de Recherche sur le Cancer a classé la 2,3,7,8-TCDD comme cancérigène certain pour l'homme [15], mais elle ne semble pas avoir d'effet sur le matériel génétique des cellules (elle n'est pas génotoxique). Ce classement a néanmoins récemment fait l'objet de discussions dans un article pointant certaines ambiguïtés du travail du CIRC [16]. Les autres composés sont inclassables quant à leur cancérigénicité.

Une forte divergence existe entre l'OMS et l'US-EPA sur le niveau de risque à faible dose. L'OMS considère les dioxines comme des cancérigènes non mutagènes, avec une dose seuil en-dessous de laquelle l'exposition ne présente pas de danger. L'US-EPA favorise une approche sans seuil, c'est-à-dire que toute dose aussi minime soit-elle est porteuse de risque [17][18].

A-I-3-2. Evaluation de la toxicité d'un mélange

Les résultats des analyses du mélange de PCDD et PCDF sont généralement exprimés en utilisant le calcul d'une quantité toxique équivalente (I-TEQ pour International-Toxic Equivalent Quantity). La toxicité potentielle des 17 congénères est exprimée par rapport au composé le plus toxique (2,3,7,8-TCDD), en assignant à chaque congénère un coefficient de pondération appelé I-TEF (International - Toxic Equivalent Factor). Ainsi la molécule de référence (2,3,7,8-TCDD) se voit attribuer un I-TEF égal à 1.

La quantité toxique équivalente I-TEQ est obtenue par la somme des concentrations de chaque congénère pondérées par leur TEF, soit :

$$I - TEQ = \sum (C_i \times TEF_i)$$

où C_i° et TEF_i sont la concentration et le TEF du congénère i contenu dans le mélange.

Plusieurs systèmes d'équivalents toxiques existent. Actuellement, le système de pondération le plus largement utilisé est celui développé par l'OTAN [19] présenté en annexe 1. Le système défini par l'OMS est plutôt utilisé dans l'agro-alimentaire.

A-I-3-3. Voies de contamination [2] [3] [5]

Deux voies de contamination privilégiées ont été identifiées.

Voie respiratoire

L'absorption pulmonaire est de 95 à 100% quand les dioxines sont adsorbées sur des particules inhalées. Cependant, du fait des très faibles concentrations de dioxines dans l'air inhalé, il semble que la voie d'exposition respiratoire soit mineure (environ 5%) comparativement à l'exposition alimentaire pour la population générale. Elle pourrait en revanche devenir plus significative dans le cas d'ambiance plus polluées. Le tabagisme peut également induire une contamination supplémentaire [20] [21].

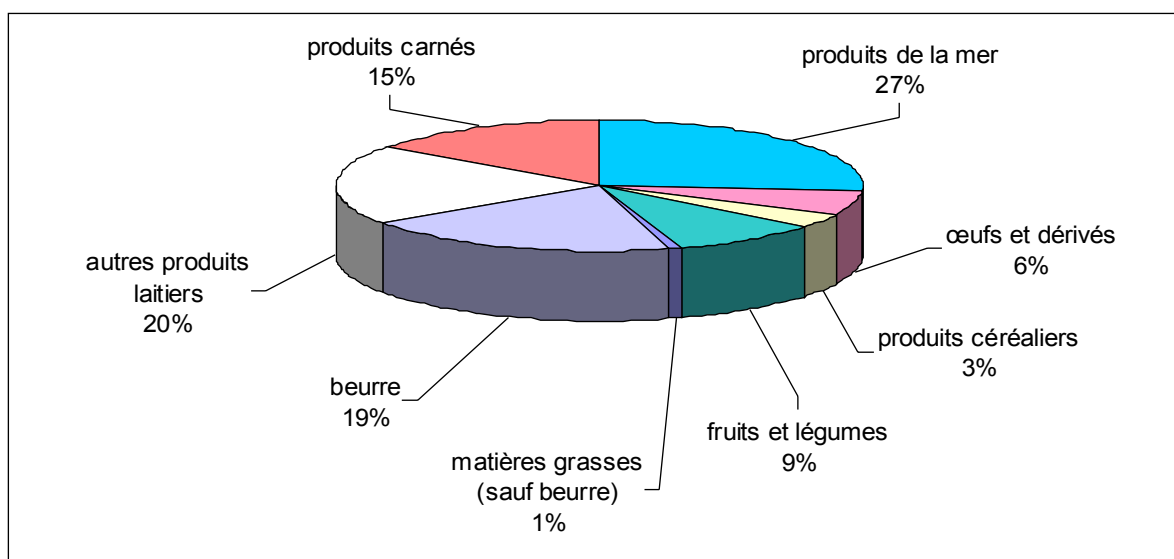
Si les concentrations actuelles présentes dans l'air ambiant ne semblent pas présenter un danger pour la santé humaine via une exposition directe, les émissions atmosphériques contribuent à la contamination des aliments par le dépôt des PCDD/PCDF et à leur entrée dans la chaîne alimentaire.

Voie digestive

On peut distinguer deux voies potentielles d'exposition par ingestion : l'exposition par ingestion directe de poussières inhalées ou de sols contenant des PCDD/PCDF, et l'ingestion indirecte par le transfert des contaminants au travers de la chaîne alimentaire. Il est admis que l'exposition via l'eau potable est négligeable, du fait du caractère hydrophobe des dioxines et des furannes.

Pour la population générale, c'est la voie alimentaire qui constitue la principale voie de contamination. En raison de l'accumulation de ces composés dans la chaîne alimentaire. Les PCDD/PCDF émis dans l'atmosphère se déposent au sol, en particulier sur les végétaux. Les végétaux entrent dans l'alimentation animale, les PCDD et PCDF se fixent dans les réserves adipeuses et les graisses tissulaires, par exemple celles de la viande des bovins. Les capacités d'élimination étant faibles, elles se concentrent le long de la chaîne alimentaire. Il est ainsi admis que l'exposition moyenne s'effectue à 95% par cette voie, en particulier par l'ingestion de graisses animales (lait et produits laitiers, viandes, poissons, oeufs). L'absorption directe par l'homme de végétaux contaminés est limitée.

De nombreux travaux sont menés sur les teneurs en dioxines dans les aliments pour animaux et les denrées alimentaires afin d'évaluer l'exposition des populations par cette voie [3] [22] [23], ainsi que des taux d'imprégnation des populations, notamment via une surveillance du lait maternel [24]. Le diagramme ci-dessous résume les principaux vecteurs de la voie alimentaire pour la population française moyenne (2 ans et plus).



Importance relative des différentes catégories d'aliments dans l'exposition globale par voie alimentaire [22]

Chez l'homme, l'absorption moyenne d'un mélange de PCDD/PCDF par voie digestive est de l'ordre de 60 à 80%. Les capacités d'élimination sont particulièrement faibles chez l'homme, pour qui l'on estime le temps de demi-vie² à 7 ans. La lactation constitue la principale voie d'excrétion. La mobilisation des graisses lors de la lactation explique les taux parfois élevés de dioxines retrouvés dans le lait et ses dérivés.

Au niveau national, l'exposition aux dioxines par inhalation est jugée négligeable, compte-tenu du bruit de fond en dioxines présent dans l'alimentation. Cependant, lorsqu'on considère les expositions des populations riveraines d'un émetteur, les contributions des voies d'exposition sont plus variables selon les habitudes de vie. Pour les populations vivant à proximité d'une source, la voie d'exposition alimentaire est d'autant plus importante que les gens se nourrissent d'aliments produits localement (potagers, poulaillers, clapiers, lait...). En revanche, même si la voie alimentaire reste prépondérante dans tous les scénarios étudiés, la part de l'inhalation est estimée à presque 10% de l'exposition globale, en l'absence totale d'autoconsommation [25].

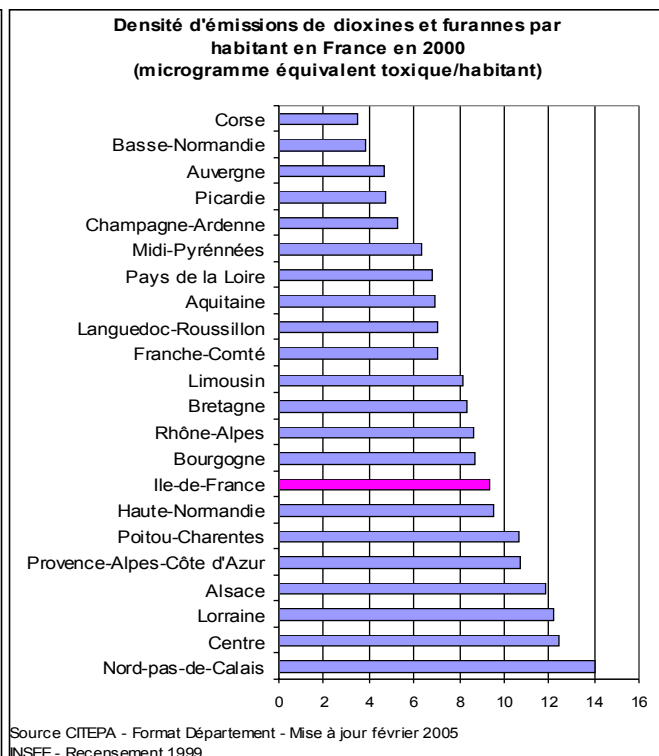
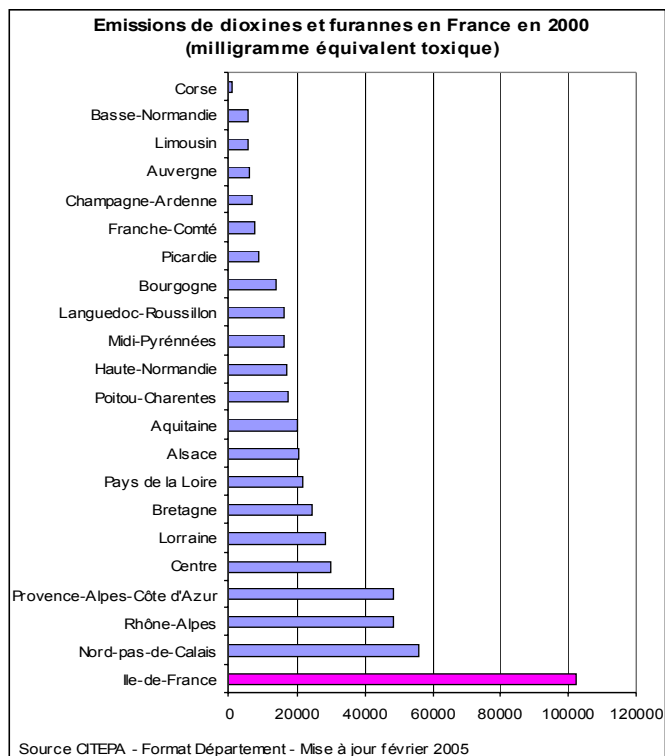
A-I-4. Les sources [2] [23] [26] [27] [28]

Les PCDD et PCDF ne sont pas produits intentionnellement, contrairement à d'autres POP, comme les PCB (PolyChloroBiphényles). Ce sont des sous-produits non intentionnels formés lors de certains processus chimiques industriels comme la synthèse chimique des dérivés aromatiques chlorés. Ils apparaissent également lors du blanchiment des pâtes à papier, ainsi que lors de la production et du recyclage des métaux. Enfin, ils sont formés au cours de la plupart des processus de combustion naturels et industriels, en particulier des procédés faisant intervenir des hautes températures (300-600°C). Pour que les dioxines se forment, il faut qu'il y ait combustion de matière organique en présence de chlore. Le chlore étant un élément chimique courant entrant dans la composition de nombreux matériaux et produits (déchets ménagers, bois traités, essence, plastiques tels que PVC, peintures,...), il existe une grande variété de sources de dioxines. Dans les processus de combustions, il existe plusieurs voies de formation des PCDD/F, mais il semble qu'ils soient majoritairement produits sur les cendres lors du refroidissement des fumées [2] [29].

Les émissions de dioxines en France

D'après l'inventaire du CITEPA [30], les émissions nationales de dioxines et furannes représentent, en 2002, 380 g ITEQ. Ces émissions sont en forte diminution depuis 1994, où les quantités émises étaient de 1882 g ITEQ, ce qui représente une baisse de plus de 80%. L'Ile-de-France totalise environ 20% des émissions nationales [31]. Le poids de l'Ile-de-France en terme d'émissions s'explique par la densité de sa population (environ 19% de la population française), concentrée sur une surface relativement restreinte, et non par sa densité d'émissions par habitant, qui n'est pas supérieure aux autres régions, comme l'illustrent les graphiques page suivante.

² Temps de demi-vie = temps nécessaire pour que la concentration initiale d'un composé ait diminué de moitié



Les principales activités industrielles responsables de ces émissions sont l'incinération des déchets et la sidérurgie/métallurgie pour le recyclage des métaux. Ces activités présentent en effet les conditions particulières de combustion favorables aux phénomènes complexes de formation des dioxines et furannes.

Les émissions nationales de l'incinération des déchets ont cependant décliné de 79% entre 1990 et 2002. Cette forte baisse s'explique par les progrès réalisés dans ce domaine et les actions menées par les autorités locales, nationales et européennes (cf. contexte réglementaire). Les progrès réalisés dans le secteur de la sidérurgie/métallurgie ont également permis de réduire les émissions propres à ce secteur de 80% entre 1990 et 2002.

Six sources-clés ont été identifiées (94% des émissions en 2002) [32] :

- o les Usines d'Incinération d'Ordures Ménagères (UIOM) constituent la 1^{ère} source en importance (56% des émissions nationales)
- o l'agglomération de minerai (15%) (voir encadré « La fabrication de l'acier »)
- o le brûlage de câbles électriques, pour en récupérer la partie métallique. Bien qu'interdite à l'air libre, cette activité reste assez courante et réunit les conditions favorables à la synthèse des dioxines (mauvaise combustion, présence de précurseurs, de catalyseurs...). L'INERIS [33] estime ainsi que cette activité pourrait générer 40 g ITEQ par an, soit 10.4% des émissions totales, ce qui en fait le troisième contributeur au niveau français.
- o la combustion du bois dans le secteur résidentiel (7.5%)
- o les aciéries électriques (3.6%) (voir encadré « La fabrication de l'acier ») et la production d'aluminium de seconde fusion (1.6%).

On retrouve ensuite plusieurs sources marginales, telles que l'incinération des boues de STEP (stations d'épuration), de Déchets Industriels Spéciaux, les cimenteries... D'après l'inventaire du CITEPA, le trafic routier représenterait moins de 1% des émissions nationales.

Si les sources industrielles de dioxines sont maintenant bien connues et maîtrisées, les sources diffuses, telles que le brûlage des câbles, la combustion résidentielle du bois sont plus difficilement quantifiables et maîtrisables, et pourtant fortement émettrices. De plus, l'inventaire des émissions ne prend pas en compte à l'heure actuelle d'autres sources diverses de feux non-maîtrisés tels que des feux de déchets domestiques, des feux de déblais de construction, des feux de débroussaillage, le brûlage des terres agricoles et les feux de forêt, qui font l'objet d'études, notamment par le CITEPA et l'INERIS [34] et l'US-

EPA [35] [36] [37]. Les premiers résultats suggèrent que la contribution des feux non-maîtrisés à l'inventaire des PCDD/PCDF pourrait s'avérer comparable à celle des sources industrielles mieux connues. Au niveau local, certaines de ces sources pourraient être identifiées comme prépondérantes.

LA FABRICATION DE L'ACIER

L'acier est élaboré de 2 façons :

- à partir de **minerai de fer aggloméré** et de coke dans les hauts-fourneaux (filiale fonte)
- à partir d'acier de récupération dans les **aciéries électriques** (filiale électrique).

Filiale Fonte :

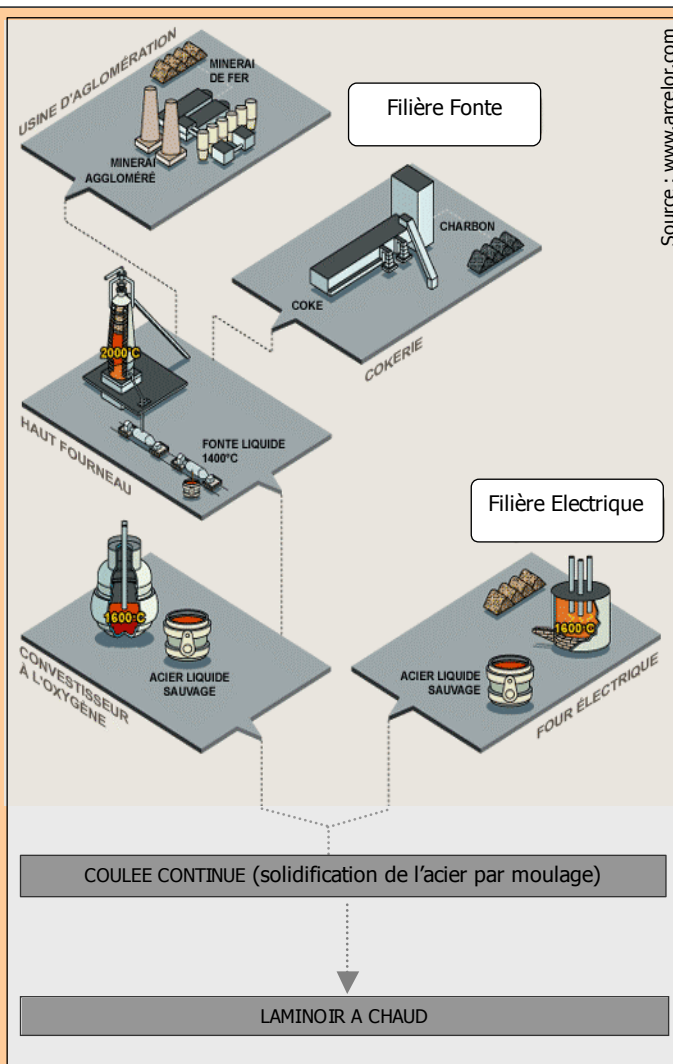
Le minerai de fer est transformé, à haute température, en minerai aggloméré. Le charbon est distillé dans une cokerie pour en extraire les impuretés et l'humidité. Le coke ainsi produit sert de combustible aux hauts-fourneaux pour faire fondre le minerai de fer aggloméré. On obtient de la fonte liquide qui est acheminée vers l'aciérie où elle sera transformée en acier.

Filiale Electrique :

Dans ce cas, l'acier est produit à partir de ferrailles de récupération, fondues par chauffage par un arc électrique.

L'acier est ainsi le matériau le plus recyclé au monde car le plus facile à séparer des autres matériaux. 45% de l'acier est produit à partir d'acier usagé récupéré. En France, près de 80% de l'acier d'un véhicule usagé est recyclé et 40% de l'acier d'une voiture neuve est issu de la filiale électrique.

Les dioxines peuvent naître dans ces procédés industriels car tous les éléments chimiques nécessaires à leur synthèse sont présents, et soumis à une forte température : le carbone, l'oxygène, l'hydrogène (produits de combustion). Le chlore et des catalyseurs, comme le cuivre, peuvent être amenés sous forme d'impuretés, notamment lorsqu'il y a recyclage de matières.



Source : www.sollacmediterranee.com

A-II. LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE

A-II-1. Au niveau international

Les PCDD/F font partie des Polluants Organiques Persistants (POP), substances définies selon les critères suivants :

- le risque de transport atmosphérique transfrontière à longue distance,
- la toxicité : risque d'effets nocifs sur la santé et/ou l'environnement,
- la persistance, c'est-à-dire la résistance aux dégradations biologiques,
- la bioconcentration, c'est-à-dire que leur concentration augmente le long de la chaîne alimentaire.

Etant donné l'impact planétaire de ces Polluants Organiques Persistants, la limitation de leurs rejets nécessite une entente à l'échelle mondiale et a fait l'objet de 2 textes internationaux, visant à maîtriser, réduire et/ou éliminer ces substances :

- le protocole d'Aarhus [38] [39], signé en juin 1998 dans le cadre de la Convention de Genève sur la Pollution Transfrontalière Longue Distance, sous l'égide de la Commission Economique des Nations-Unies pour l'Europe (CEE-NU). Les composés visés par ce texte sont les dioxines et furannes, les polychlorobiphényles (PCB) et les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP). Ce protocole, ratifié par la France le 25 juillet 2003, est entré en vigueur le 23 octobre 2003.

- La Convention de Stockholm [40] [41], signée en mai 2001 dans le cadre du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUJ). 12 substances sont visées dans ce texte : les dioxines et furannes, les PCB, et l'hexachlorobenzène (HCB). Il y a 151 pays signataires. La France a ratifié cette convention le 16 février 2004, devenant ainsi la 50^{ème} partie. La Convention est entrée en vigueur le 17 mai 2004.

Cette convention, comme toutes les Conventions des Nations Unies sur l'Environnement, est un instrument juridiquement contraignant accepté d'un commun accord ; les Parties de la Convention doivent en appliquer les obligations dans les délais indiqués et les respecter.

En ce qui concerne les POP résultant d'une production intentionnelle, les principales obligations de la Convention visent à interdire leur usage et à éliminer progressivement les équipements de production en place. Certaines substances peuvent faire néanmoins l'objet de dérogation, comme le DDT, dont l'utilisation est strictement interdite dans l'agriculture, à la seule exception de sa fabrication et de son utilisation en vue de l'élimination des moustiques et autres vecteurs de maladie comme la malaria, conformément aux recommandations et aux directives de l'Organisation Mondiale de la Santé.

En ce qui concerne les POP résultant d'une production non intentionnelle, comme les dioxines et les furannes, la Convention a pour objet d'améliorer progressivement les moyens propres à réduire leurs rejets. Les gouvernements disposent de deux ans à compter de l'entrée en vigueur de la Convention pour élaborer des plans de mise en œuvre et pour appliquer ou encourager l'utilisation des meilleures techniques disponibles et des meilleures pratiques environnementales.

A-II-2. Au niveau communautaire [42]

Dans ce cadre, l'Union Européenne a défini une stratégie communautaire concernant les dioxines, les furannes et les PCB, adoptée en octobre 2001 [43].

La stratégie vise à réduire la présence de ces composés dans l'environnement ainsi que dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux. Elle a trois objectifs :

- évaluer l'état actuel de l'environnement et de l'écosystème,
- réduire à court terme l'exposition humaine aux dioxines et aux PCB et la maintenir à moyen et long termes à des niveaux inoffensifs,
- réduire l'effet des dioxines et des PCB sur l'environnement.

En outre, la directive européenne 2000/76/CE du 4 décembre 2000 [44] relative à l'incinération des déchets fixe une valeur limite à l'émission de 0.1 ng TEQ/m³ pour les dioxines et furannes³. Elle fixe également des valeurs limites pour les émissions d'oxydes d'azote.

A-II-3. Au niveau national [45] [46]

Les textes réglementaires existant au niveau français et européens concernent essentiellement les émissions de dioxines par les installations d'incinération de déchets.

L'arrêté du 25 janvier 1991 [47], basé sur les directives européennes de 1989 sur l'incinération des déchets municipaux, ne précise pas de valeur limite pour les émissions de dioxines par les Usines d'Incinération d'Ordures Ménagères, mais fixe les conditions de combustion à respecter pour prévenir leur formation (porter à une température d'au moins 850°C, pendant 2 secondes en présence d'au moins 6% d'oxygène, les gaz issus de la combustion des déchets). Ces contraintes s'appliquent aux installations existantes d'une capacité supérieure à 6 tonnes par heure depuis décembre 1996 et depuis décembre 2000 aux installations d'une capacité inférieures à 6 tonnes par heure.

³ Les PCDD/F étant présents dans l'environnement en très faible quantité, les unités utilisées sont généralement les suivantes :

1 nanogramme (ng) = 10⁻⁹ gramme = 1000 picogrammes (pg)

1 picogramme (pg) = 10⁻¹² gramme = 1000 femtogrammes (fg)

1 femtogramme (fg) = 10⁻¹⁵ gramme = 0.001 picogramme

L'arrêté du 10 octobre 1996 [48], qui transpose en droit français la directive européenne du 16 décembre 1994 sur l'incinération des déchets dangereux, impose une valeur limite d'émission de dioxines de 0.1 ng/m³ pour les incinérateurs de déchets industriels spéciaux.

La circulaire du 24 février 1997 [49] demande aux préfets d'appliquer la valeur limite à l'émission de 0.1 ng/m³ fixée par l'arrêté du 10 octobre 1996 à toute nouvelle UIOM dans le cadre des arrêtés ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement).

La circulaire du 30 mai 1997 [50] impose aux exploitants des UIOM de plus de 6 tonnes par heure de réaliser une mesure annuelle des émissions de dioxines et furannes.

La transposition en droit français de la directive européenne du 4 décembre 2000, qui étend à l'ensemble des installations d'incinération les exigences applicables aux incinérateurs de déchets dangereux, et notamment la valeur limite de 0.1 ng/m³ pour les émissions de dioxines, a conduit à la rédaction des deux arrêtés du 20 septembre 2002 [51] [52], l'un relatif à l'incinération des déchets dangereux, l'autre à l'incinération des déchets non dangereux. Ces arrêtés imposent pour les nouvelles usines et pour toutes les installations à compter du 28 décembre 2005 des mesures à l'émission 2 fois par an et la mise en place par l'exploitant d'un programme de suivi de l'impact de l'installation dans l'environnement au minimum pour les dioxines et les métaux lourds. En attendant leur application à toutes les installations, la circulaire du 9 octobre 2002 [53] demande de réaliser une fois par an une mesure de dioxines à l'émission de chaque four d'incinération, indépendamment de sa capacité, ainsi que des mesures dans l'environnement dès lors que le flux total annuel de dioxines émis dépasse 0.5 g. Ces résultats sont diffusés chaque année par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. L'annexe 2 présente les résultats des mesures à l'émission des différentes UIOM franciliennes.

Toutes les usines d'incinération existantes, quels que soient la taille de l'installation et le type de déchets traités, devront se mettre en conformité avec ce texte au plus tard le 28 décembre 2005. Afin de s'assurer de la tenue de ces délais, une étude de mise en conformité devait être remise avant le 28 juin 2003. Début 2004, toutes les études avaient été remises, à l'exception des unités qui seront arrêtées avant le 28 décembre 2005.

Les dernières installations vétustes qui ne respectaient pas les dispositions de l'arrêté du 25 janvier 1991 ont été fermées en fin d'année 2002.

Deux générations d'usines sont actuellement en fonctionnement en France :

- les installations autorisées avant février 1997, qui sont conformes à l'arrêté du 25 janvier 1991, mais qui ne sont pas conformes aux arrêtés du 20 septembre 2002,
- les installations autorisées après février 1997 ou les plus anciennes sur lesquelles ont été effectués des travaux afin de respecter les dispositions des arrêtés du 20 septembre 2002, dont les rejets de dioxines sont très faibles. C'est sur ce niveau que devront s'aligner toutes les unités d'incinération au 28 décembre 2005.

A-II-4. Recommandations sanitaires.

En France, il n'existe à l'heure actuelle aucune valeur de référence pour les dioxines dans l'air ambiant, dans la mesure où la contamination directe par inhalation est jugée faible comparativement à la voie alimentaire.

Au niveau international, le Ministère de l'Environnement de l'Ontario (Canada) préconise un critère de qualité d'air ambiant de 5 pg I-TEQ / m³ en moyenne sur 24 heures [54].

L'OMS définit une dose journalière admissible de 1 à 4 pg TEQ_{OMS} par kg de poids corporel par jour [5], 4 pg/kg/j étant la valeur à respecter actuellement, et 1 étant l'objectif à atteindre dans les années à venir.

En 1998, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France recommandait une Dose Journalière Tolérable de 1 pg TEQ_{OMS} / kg / jour [55].

Au niveau européen, une recommandation et un règlement [56] [57], immédiatement applicables par chaque Etat membre depuis 2002, fixent des teneurs maximales de dioxines et furannes dans les aliments pour animaux et les denrées alimentaires, notamment la viande bovine, le lait et les produits végétaux, ainsi que des niveaux d'intervention à partir desquels les états membres doivent identifier les sources de contamination et prendre des mesures pour réduire ou éliminer cette source.

A-III. LA MESURE DES DIOXINES

A-III-1. Mesure des dioxines et des furannes

Du fait de la présence des dioxines et des furannes dans tous les compartiments de l'environnement, de leur persistance et de leur accumulation le long de la chaîne alimentaire, différents types de mesure peuvent être mis en oeuvre pour évaluer les niveaux de ces composés.

A-III-1-1. Mesures à l'émission

Ces mesures sont effectuées en sortie de cheminée des installations émettrices de PCDD/F et permettent d'évaluer les quantités de dioxines rejetées dans l'air. Elles sont dorénavant obligatoires pour les UIOM, 1 à 2 fois par an selon la capacité de l'installation (Cf. contexte réglementaire). A compter du 28 décembre 2005, cette quantité ne devra pas dépasser 0.1 ng/Nm³.

A-III-1-2. Mesures dans l'environnement

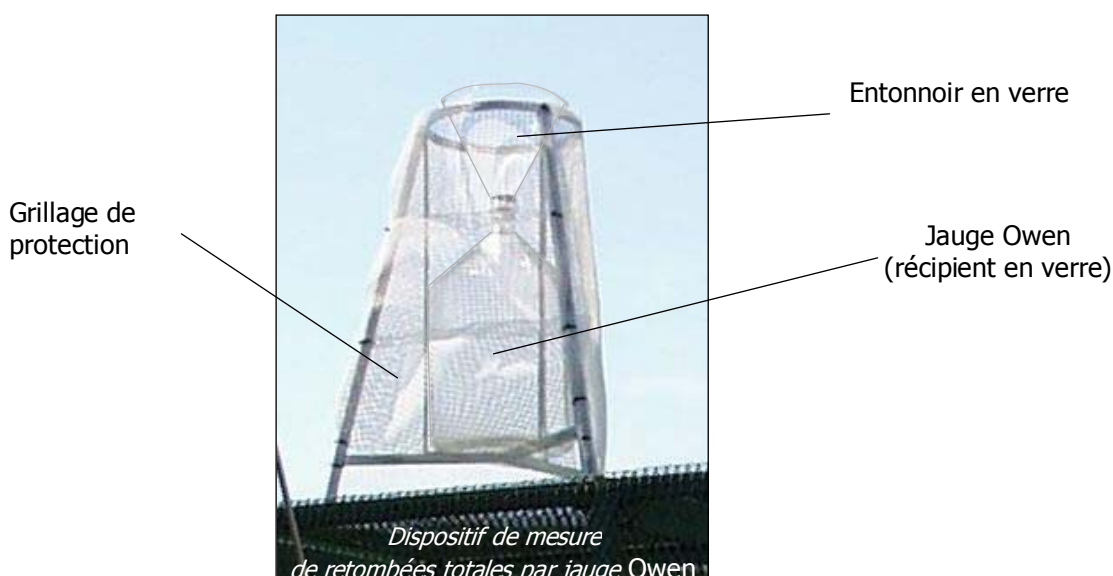
a) Mesures dans l'air ambiant

Ce type de mesure permet d'évaluer les teneurs en dioxines en suspension dans l'air. Les dioxines sont principalement émises dans l'atmosphère. Les teneurs dans l'air ambiant résultent donc principalement de ces émissions, diluées par les phénomènes de dispersion, de diffusion, et de transport. L'air est un vecteur important et les concentrations dans l'air ambiant contribuent aux niveaux retrouvés dans les sols. C'est notamment par ce vecteur que s'effectue le transport des dioxines à longue distance depuis les zones tempérées, où ces composés sont émis en grande majorité, vers des zones plus froides, notamment vers le Pôle Nord, où ils condensent sous l'effet du refroidissement. Ce phénomène peut transporter des polluants sur des milliers de kilomètres en quelques jours. On mesure ainsi des dioxines dans l'Arctique, où il n'y a que très peu de sources d'émission [58].

L'avantage de ce type de mesure est qu'il peut permettre de rechercher d'éventuelles sources de pollution, mais pour autant on ne peut en évaluer l'impact sanitaire à partir de cette information. La mesure s'effectue par aspiration d'air à travers un dispositif qui permet de piéger les dioxines sous forme particulaire et gazeuse (Cf. paragraphe II-2-2). C'est la méthode qui a été retenue pour la présente étude. Il n'existe pas de norme de dioxines dans l'air en France et en Europe.

b) Mesures de dépôt (retombées atmosphériques)

Ce type d'études caractérise les dioxines qui se déposent au niveau du sol (mesure des particules sédimentables). Il s'agit d'une mesure d'un dépôt sur une surface, dont le résultat s'exprime en unité de surface (mg/m²/jour). Les prélèvements sont effectués sur différents types de surfaces artificielles, selon le type de retombées étudiées (sèches, humides ou totales). La figure ci-dessous illustre une jauge Owen, qui permet d'échantillonner les retombées totales.



Même si le lien entre niveaux dans l'air et déposition est évident, il n'existe pas de relation simple entre ces deux méthodes d'évaluation. Cela donne une image globale de la contamination actuelle, mais il est délicat de remonter à une source de pollution.

c) Mesure des sols et sédiments : mesures de contamination par des dépôts anciens (pollution cumulée)

Dans le cas des sols, la contamination se fait essentiellement par dépôts des particules atmosphériques [2]. Dans les zones fortement contaminées, la migration des PCDD et PCDF dans le sol est très faible, et plus de 90% des composés se retrouvent dans la couche superficielle (les 10 premiers centimètres). D'autre part, rien n'indique une perte significative par évaporation ou dégradation sur une période de huit ans, ce qui souligne la persistance de ces composés dans les sols. La demi-vie des dioxines dans les sols étant longue (10 ans pour la 2,3,7,8, PCDD), les contaminations actuelles dépendent donc de la présence actuelle et passée de sources fixes d'émissions.

Compte-tenu de la faible solubilité des dioxines et des furannes, les eaux sont assez peu contaminées, et c'est surtout les sédiments qui sont utilisés pour ces analyses. La contamination des sédiments dépend elle aussi des sources de pollution, de leur distance au point de prélèvement, de la circulation des masses d'eau et des capacités de dilution des systèmes d'eau douce et marins.

d) Mesure dans les végétaux

Pour les espèces végétales, différentes voies d'exposition et de pénétration des composés sont possibles. En milieu extérieur, il semble néanmoins que la principale voie de contamination s'effectue également par dépôt atmosphérique.

L'échantillonnage peut être effectué au moyen de modèles d'exposition représentés par des cultures standardisées, par exemple de choux frisés, ou par prélèvements de légumes issus de potagers. Ce type de mesure permet à la fois d'estimer la contamination de l'environnement, et d'établir le cas échéant un lien entre cette contamination et l'exposition potentielle des populations humaines et des animaux via l'alimentation végétale. Certaines régions font appel à cette méthode dans le cadre de veilles environnementales et sanitaires.

A-III-1-3. Mesures d'imprégnation

Ce type de mesures permet d'évaluer les quantités de dioxines présentes tout au long de la chaîne alimentaire. Elles peuvent porter sur des aliments (lait, œuf). Elles peuvent également être effectuées sur des animaux d'élevage ou sauvages (poissons, viande). Cette méthode de mesure est notamment utilisée lors de contrôles réguliers dans les produits de consommation. Enfin, des analyses de dioxines peuvent être effectuées dans les tissus biologiques humains (lait maternel, sang, tissus adipeux), de façon à estimer le taux d'imprégnation de la population. Ces mesures s'accompagnent généralement d'études épidémiologiques visant à déterminer les facteurs pouvant influencer les niveaux mesurés.

Compte tenu de la complexité des phénomènes intervenant tout au long du transfert des dioxines dans les différents compartiments de l'écosystème, il est difficile d'établir une relation entre ces différents types de mesure.

A-III-2. Les niveaux de référence dans l'environnement

De nombreuses études ont ainsi été menées afin d'évaluer les concentrations en dioxines dans les différents compartiments de l'environnement. Nous ne nous citerons ici que les valeurs relevées dans l'air ambiant, milieu sur lequel porte l'étude menée par AIRPARIF.

Le tableau ci-dessous résume quelques exemples de valeurs relevées à l'étranger dans différents rapports et publications (liste non exhaustive)⁴.

Pays	Date	Concentrations en PCDD/F dans l'air ambiant (fg I-TEQ/m³)	Commentaires
Italie [59]	2002	22-125 144-337 10-67	Site sous influence industrielle
Canada [60] [61]	1987 à 1997 2000-2001	10-105 25-39	Mesures 24 heures
Australie (Sydney) [5][62]		20-60	
Etats-Unis Environnement côtier [5]	1989	100	Valeur moyenne (hiver)
Japon [5] Site urbain		790 (400-1300) 1460 (300-2900)	Moyenne (min-max), (été) Moyenne (min-max), (hiver)
Taiwan Nord [63]	1999-2000	188-348 56-166	Hiver été

Au niveau européen, la Commission Européenne a publié en 1999 un inventaire des niveaux relevés dans les différents compartiments de l'écosystème (sols, sédiments, air, végétation, boues d'épandage...) [58]. Le tableau ci-dessous résume les concentrations mesurées dans l'air ambiant par différents Etats membres européens.

	Date	Concentrations dans l'air ambiant (fg TEQ/m³)			
		Non spécifié	Urbain	Rural	Contaminé
Autriche	1992-1998	1.3-587			
Belgique	1993		86-129	70-125	
Allemagne	1989-1995	2-812			
Italie	1992-1995		48-277		
Luxembourg	1992-1994		54-77	30-64	
Pays-Bas	1992-1997		4-99	9-63	6-140
Suède	1988-1993	5.4-53.7	<1-29		
Royaume-Uni	1992-1996		0-810	1-24	14800

En France, une première étude exploratoire relative aux concentrations de dioxines dans l'air ambiant a été réalisée en 1997 en Ile-de-France par l'INERIS pour AIRPARIF [64]. Les concentrations mesurées sur 4 sites, situés à Paris en en proche banlieue, étaient comprises entre 95 et 208 fg I-TEQ/m³. Plus récemment, deux réseaux de surveillance de la qualité de l'air ont effectué des mesures de dioxines dans l'air ambiant, notamment au voisinage d'UIOM. Le réseau ORAMIP (Midi-Pyrénées) a ainsi mesuré en 2004 des teneurs comprises entre 36.8 et 50.9 fg I-TEQ_{OMS}/m³ au voisinage de l'incinérateur du Mirail à Toulouse [65]. AIR NORMAND (Haute-Normandie) a mené deux campagnes de mesure des dioxines avant la mise en œuvre d'Unités de Valorisation Energétique (usines d'incinération) [66] [67]. D'autres réseaux français ont effectué des mesures de retombées atmosphériques par jauges Owen (déposition au sol), dont les résultats ne peuvent être facilement comparés aux mesures dans l'air ambiant.

⁴ En raison de différences possibles dans la durée et la méthode d'échantillonnage, les méthodes analytiques, les limites de détection et le traitement des résultats des congénères non détectés, les résultats d'études individuelles doivent être comparés avec précaution. De plus, les concentrations exprimées en I-TEQ ne sont pas toujours calculées à partir du même référentiel d'équivalent toxique. Certaines sont calculées à partir du référentiel OMS, ce qui peut engendrer quelques différences entre les valeurs. Le référentiel n'est pas toujours précisé dans les rapports d'étude.

B- CAMPAGNE DE MESURE DES DIOXINES DANS L'AIR AMBIANT PRESENTATION DES PRINCIPAUX RESULTATS

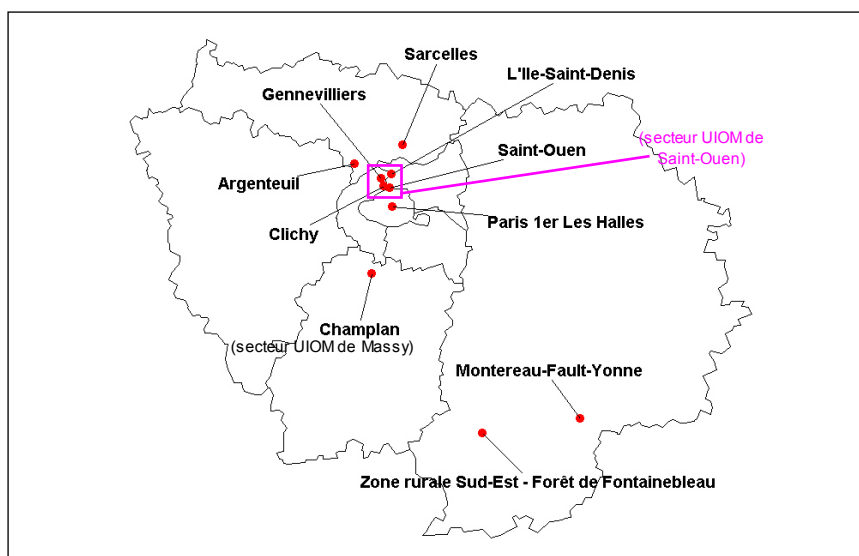
Rendues célèbres par des contaminations accidentelles telles que l'accident de Seveso en 1976, les dioxines sont un sujet de préoccupation permanent en France et en Europe. Si le débat est essentiellement centré autour de l'incinération des ordures ménagères, les sources de ces polluants sont très variées. Malgré de nombreux progrès effectués notamment dans le domaine industriel et une forte baisse des émissions, ces composés, reconnus dangereux pour la santé, constituent toujours une préoccupation environnementale forte.

Ce contexte a conduit AIRPARIF à mener fin 1997 une campagne exploratoire de mesures afin d'évaluer les concentrations de dioxines dans l'air ambiant de l'agglomération parisienne. Les prélèvements, effectués sur 4 stations du réseau AIRPARIF, avaient conduit à des niveaux homogènes, comparables à ceux d'autres agglomérations européennes ou internationales. Six ans plus tard, AIRPARIF met en œuvre une nouvelle campagne de mesure dans l'air ambiant, visant à évaluer les niveaux atmosphériques de dioxines et furannes en Ile-de-France au voisinage de plusieurs sources d'émissions industrielles, en comparaison avec les niveaux de fond urbains et ruraux. Il est à noter que cette étude n'est pas une étude d'impact visant à déterminer l'influence des installations citées dans leur environnement. Ce type d'études nécessiterait en effet un nombre de points de mesure beaucoup plus important autour de chacune d'entre elles et est effectué à travers d'autres méthodologies dans le cadre de leur réglementation spécifique.

B-I. DESCRIPTION DE L'ETUDE

Deux campagnes de mesure de 15 jours chacune ont été réalisées, une phase estivale du 3 au 17 juin 2004, une phase hivernale du 17 novembre au 1er décembre 2004, afin d'évaluer la variabilité saisonnière de ces composés.

L'objectif de l'étude étant d'évaluer la variabilité spatiale des concentrations en dioxines dans l'air ambiant, 8 points de mesure ont été placés au voisinage de différents types d'installations (voir carte page suivante) : 1 aciérie électrique (Montereau-Fault-Yonne, 77), l'UIOM de Saint-Ouen, l'une des 3 principales UIOM d'Ile-de-France, de capacité supérieure à 500000 tonnes par an, et 3 UIOM de moindre capacité (inférieure à 300000 tonnes par an) : Sarcelles (95), Argenteuil (95) et Massy (91). Pour compléter le plan d'échantillonnage, deux sites de référence ont été instrumentés : la station rurale de la Forêt de Fontainebleau, située a priori à l'écart de toute source importante de dioxines, et la station urbaine de Paris 1^{er} Les Halles, en tant que référence des niveaux du cœur dense de l'agglomération. Cette station est située au cœur de Paris, dans un environnement fortement urbain, non directement influencé par des UIOM, qui restent toutefois proches dans l'agglomération.



Localisation des points de mesure

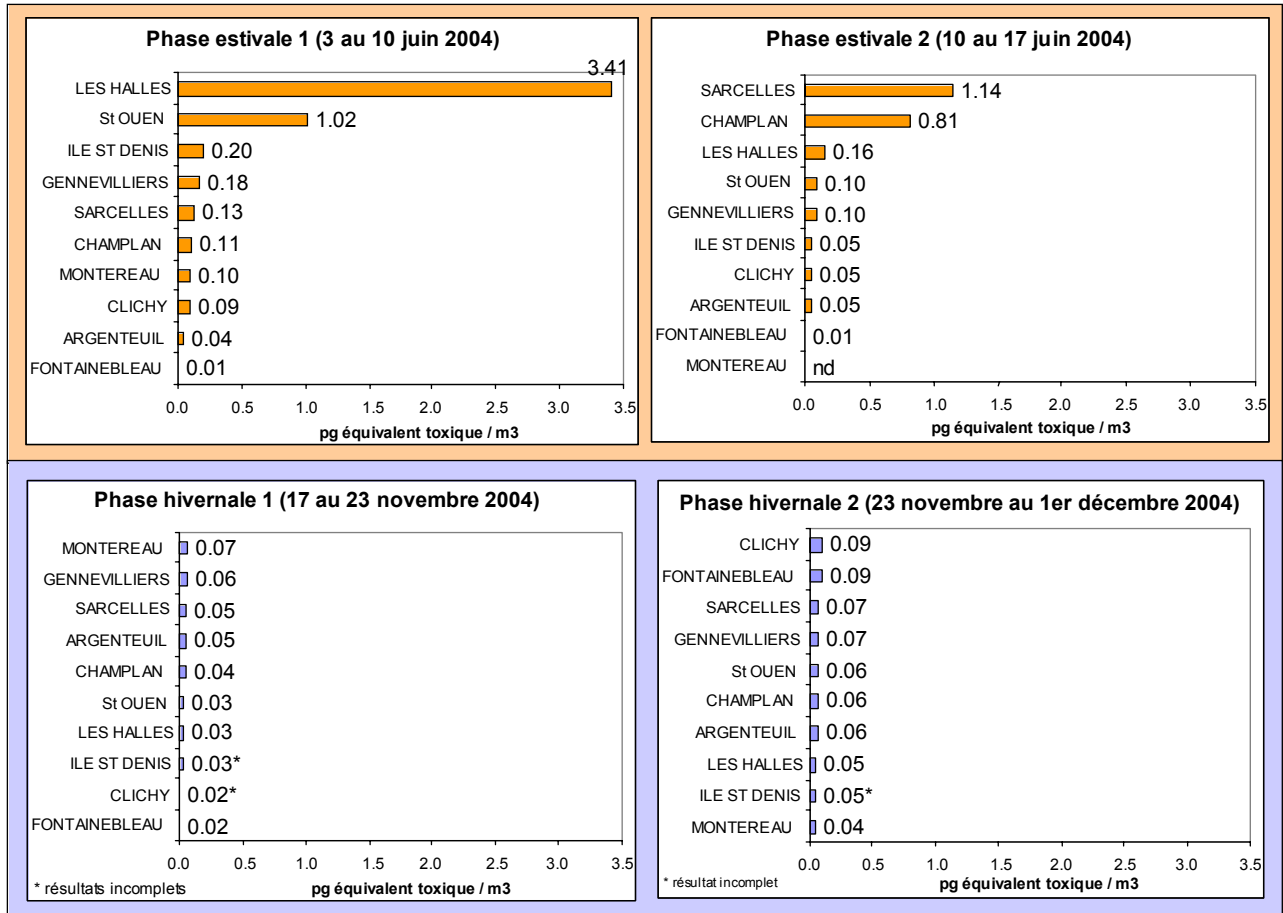
Les prélèvements ont été effectués par AIRPARIF, par aspiration d'air à travers un dispositif qui permet de piéger les dioxines sous forme particulaire et gazeuse. La durée d'échantillonnage est de 7 jours, de façon à récolter suffisamment de matière pour réaliser une analyse fiable, sans risquer de colmater les filtres en raison du niveau d'empoussièrément important de l'atmosphère urbaine francilienne. Les échantillons sont ensuite envoyés pour analyse par un des laboratoires spécialisés. Les dioxines sont des composés présents à très faibles concentrations dans l'air ambiant et leur identification nécessite des techniques analytiques complexes présentant des seuils de détection très faibles. Les analyses sont effectuées par Chromatographie Gazeuse Haute Résolution couplée à de la Spectrométrie de Masse Haute Résolution (HRGC / HRMS). Parmi les 210 congénères, les 17 congénères considérés comme les plus toxiques sont dosés individuellement.

Le choix s'est porté sur des mesures dans l'air ambiant, dans la mesure où il constitue le média vecteur des dioxines et furannes dès leur émission dans l'atmosphère. Une telle campagne focalisée sur l'air ambiant vise de plus à compléter les mesures plus classiquement réalisées à l'émission pour les principales sources concernées ainsi que sur de nombreux maillons de la chaîne alimentaire. Enfin, les mesures de dépôt, effectuées au moyen de jauges Owen, nécessitent des durées d'échantillonnage sensiblement plus longs (généralement de deux mois), ne permettant pas d'identifier d'éventuels impacts locaux ponctuels.



Dispositif utilisé pour les campagnes de mesure

B-II. PRINCIPAUX RESULTATS



Résultats des différentes campagnes de mesure

B-II-1. Observations générales

Les résultats de la campagne de mesure estivale sont dans l'ensemble assez homogènes. La grande majorité des sites de mesure présentent des teneurs faibles (de 0.01 à 0.05 pg ITEQ/m³) à moyennes (0.1 à 0.2 pg ITEQ/m³), comparables aux teneurs mesurées dans l'agglomération parisienne en 1997 (de 0.09 à 0.2 pg ITEQ/m³) et dans de nombreuses agglomérations européennes (Londres : 0.07 à 0.20 fg ITEQ/m³ ; Italie 0.04 à 0.28 pg ITEQ/m³ ; Belgique 0.07 à 0.13 pg ITEQ/m³). Quatre résultats sont plus élevés et plus atypiques, compris entre 0.81 et 3.41 pg ITEQ/m³. Ces niveaux, bien que supérieurs aux valeurs moyennes de la zone rurale, ne semblent néanmoins pas exceptionnels au regard des valeurs relevées dans d'autres pays, comme au Japon en zone urbaine (2.9 pg ITEQ/m³) et sont loin des 14.8 pg ITEQ/m³ mesurés au Royaume-Uni à proximité d'un incinérateur. Les niveaux les plus faibles sont relevés sur le site rural de la Forêt de Fontainebleau, qui ne présente aucune source proche de dioxines. En revanche, le site de référence parisien de Paris 1^{er} Les Halles présente les résultats les plus élevés au cours de la première semaine de mesure estivale.

Les résultats de la phase hivernale sont plus faibles, compris entre 0.02 et 0.09 pg ITEQ/m³. Ils sont plus homogènes que les résultats estivaux, et aucun impact local spécifique n'a été identifié en terme de quantité toxique équivalente. On peut néanmoins noter que le site de référence de Fontainebleau présente des niveaux légèrement plus élevés en hiver, qui pourraient s'expliquer par la présence d'une habitation avec une cheminée (feu de bois) proche du point de mesure.

La composition du mélange des PCDD et PCDF peut être très variable en fonction de leur origine. En effet, chaque type d'activité émettrice de dioxines et furannes présente des processus de formation privilégiés, générant préférentiellement certains composés. D'une façon générale, les processus de combustion émettent ainsi une plus grande proportion de furannes. Certaines installations industrielles, notamment

celles équipées de systèmes de traitement des fumées, peuvent présenter une répartition des différents congénères assez reproductible, que l'on appelle profil d'émission. Ce n'est cependant pas le cas pour toutes les sources, certaines d'entre elles, même industrielles, peuvent générer des profils très variables dans le temps, dépendant notamment du combustible et des conditions de combustion.

L'apparition d'un profil caractéristique sur un site de mesure peut donc orienter vers l'origine des composés mesurés. Néanmoins, l'identification d'une source est un exercice complexe, nécessitant une connaissance de toutes les sources potentielles présentes dans le secteur étudié et la connaissance de leurs profils d'émission. De plus, les profils mesurés résultent généralement de l'influence cumulée de plusieurs sources, les conditions de vent souvent variables plaçant le site de mesure sous le vent de différentes activités du secteur, auxquelles s'ajoute le niveau de fond.

En été, on observe une prédominance des furannes sur de nombreux sites urbains, caractéristique d'une formation par combustion, alors que le ratio entre les deux familles de composés est plus équilibré en hiver. Ce résultat est assez paradoxal, dans la mesure où le chauffage (urbain et individuel) est une source potentielle de dioxines en hiver. Néanmoins, la série de mesure hivernale a connu un temps relativement doux pour la saison, et des conditions météorologiques favorables à la dispersion des polluants, contrairement à la phase estivale. La présence de sources diffuses l'été qui n'existent pas en hiver (feux de déchets verts, barbecues...) peut avoir influencé les profils et le niveau de fond de l'agglomération parisienne.

B-II-2. Des impacts ponctuels et aléatoires

B-II-2-1. Paris 1^{er} Les Halles

C'est sur le site de référence de Paris 1^{er} Les Halles que la concentration la plus forte a été enregistrée, lors de la première phase de mesure estivale. Une concentration de 3,41 pg ITEQ/m³ a été relevée, qui, sans être exceptionnelle au regard de teneurs citées dans la littérature, n'en demeure pas moins importante par rapport aux teneurs moyennes de la campagne. Les profils des congénères montrent une forte prédominance de furannes par rapport aux dioxines, caractéristique des procédés de formation par combustion. Les sapeurs-pompiers de Paris nous ont confirmé plusieurs interventions pour des feux dans le stockage d'ordures dans les sous-sol du Forum des Halles, dont les bouches de désenfumage sont situées à proximité de la station de mesure. Ces combustions, de très courte durée, peuvent ponctuellement et localement générer d'importantes quantités de dioxines et furannes. Ce phénomène ne s'est pas reproduit sur les autres séries de mesure.

B-II-2-2. Secteur de Saint-Ouen

Une concentration de 1.02 pg ITEQ/m³ a été enregistrée sur le site de Saint-Ouen au cours de la première semaine de mesure. Les trois autres sites implantés dans le secteur présentent des résultats nettement plus faibles (0.09 à 0.2 pg ITEQ/m³). On relève un profil de congénères similaire sur les 4 sites de mesure du secteur, marqué par une forte prédominance de furannes, d'autant plus marquée que le résultat est fort. Le site de mesure de Saint-Ouen étant placé sur un toit en hauteur, l'influence d'une source très locale au niveau du sol peut vraisemblablement être exclue. Bien qu'assez variables, les directions de vent ont placé les sites de mesure sous l'influence potentielle de la zone industrielle de Saint-Ouen, où se trouve l'UIOM de Saint-Ouen. Les résultats de contrôles effectués à l'émission, obtenus auprès du Syndicat intercommunal de traitement des ordures ménagères (SYCTOM), montrent que les profils de l'installation sont assez reproductibles dans le temps. On peut y voir une influence au moins partielle de cette installation, bien que l'on ne retrouve pas exactement ce profil sur les résultats de nos mesures. Sur les autres séries de mesure, aucun impact n'a été identifié dans ce secteur.

B-II-2-3. Sarcelles

Les mesures effectuées à Sarcelles au cours de la seconde semaine de mesure estivale présentent une concentration de 1.14 pg ITEQ/m³, accompagnée d'un profil de congénères très atypique, portant à la fois sur les dioxines et les furannes. Le site de mesure n'ayant jamais été placé sous le vent de l'usine d'incinération au cours de cette semaine, une influence de cette installation peut être exclue. Aucune autre source industrielle potentiellement émettrice n'étant présente dans le secteur, il est probable que le phénomène, très ponctuel et probablement local, ait pour origine une activité de type brûlage artisanal,

résidentielle ou accidentelle. Ce phénomène ne s'est pas reproduit lors des autres séries de mesure.

B-II-2-4. Champlan

Le dernier impact identifié concerne le site de Champlan, au cours de la seconde semaine de mesure estivale (0.81 pg ITEQ/m³). Cette période a été marquée par des secteurs de vents assez réguliers (nord-ouest à nord-est), plaçant le site de mesure sous le vent de l'UIOM plus fréquemment que la première semaine. Le profil des congénères indique une prédominance de furannes par rapport aux dioxines, avec toutefois l'apparition de composés assez atypiques. Les mesures effectuées lors de contrôles à la cheminée de l'UIOM, obtenus auprès de l'exploitant, ne font cependant pas apparaître de signature reproductible pour cette installation. S'il est probable que l'usine d'incinération soit au moins en partie à l'origine de la concentration mesurée, il est également possible qu'une autre activité présente dans ce secteur ait influencé ce résultat.

B-IIIIV. PHASE COMPLEMENTAIRE AUTOUR D'IVRY-SUR-SEINE

A la demande du SYCTOM, une campagne de mesures complémentaire a été menée au voisinage de l'UIOM d'Ivry-sur-Seine (94). Trois séries de mesure ont été effectuées entre le 2 et le 29 mars 2005. Quatre sites de mesure ont été instrumentés : deux sur la commune d'Ivry-sur-Seine, un à Charenton-le-Pont et un site dans le 13^{ème} arrondissement de Paris. En complément, les sites de Paris 1^{er} Les Halles et de la Forêt de Fontainebleau ont servi de référence.

A l'instar de la campagne hivernale, les concentrations sont faibles et homogènes, comprises entre 0.04 et 0.09 pg ITEQ/m³. On peut noter que les concentrations sont légèrement plus élevées (0.11 à 0.15 pg ITEQ/m³) sous le vent de l'Usine d'Incinération d'Ivry-sur-Seine, sans toutefois révéler d'influence particulière sur les profils de congénère.



*Site de Charenton-le-Pont,
lors de la phase de mesure complémentaire
menée autour d'Ivry-sur-Seine*

CONCLUSION

La campagne de mesure des dioxines a mis en évidence des concentrations homogènes, très comparables à celles mesurées lors d'une précédente campagne de mesure en 1997 ou dans d'autres capitales européennes. Quelques impacts émergents largement du niveau de fond ont été enregistrés ponctuellement, certains d'origine vraisemblablement industrielle, d'autres provenant de sources plus aléatoires ou difficiles à identifier.

Cette étude confirme que, parallèlement aux grandes sources industrielles connues, des combustions non maîtrisées peuvent générer localement des concentrations importantes de dioxines. Les phases de mesure hivernales n'ayant pas bénéficié de conditions météorologiques froides, l'influence du chauffage individuel n'a pu être mise en évidence.

AIRPARIF remercie :

- les financeurs de cette étude : le Conseil Régional d'Ile-de-France, les Conseils Généraux des départements de la Seine-et-Marne (77), de l'Essonne (91), des Hauts-de-Seine (92) et de la Seine-Saint-Denis (93), le Syndicat intercommunal de traitement des ordures ménagères (Syctom), le groupe TIRU et la Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales d'Ile-de-France (DRASS) ;
- les Maires et les services des communes suivantes pour leur active collaboration à la recherche et à la mise en place des sites de mesure : Argenteuil, Champlan, Charenton-le-Pont, Clichy-la-Garenne, Gennevilliers, L'Ile-Saint-Denis, Ivry-sur-Seine, Montereau-Fault-Yonne, Saint-Denis, Saint-Ouen, Sarcelles, Villiers-le-Bel.

REFERENCES

- [1] *La dioxine et ses analogues*, Rapport commun n°4, Académie des Sciences, Comité des Applications de l'Académie des Sciences, Institut de France, 1994
- [2] *Dioxines dans l'environnement – Quels risques pour la santé ?*, Expertise collective, INSERM, 2000
- [3] *Incinérateurs et santé, exposition aux dioxines de la population vivant à proximité des UIOM*, AFSSA, InVS, 2003.
- [4] *Les dioxines dans l'environnement et la santé*, AFSSE, juin 2003.
- [5] *WHO Air Quality Guidelines for Europe, 2nd edition*, WHO Regional Office for Europe, Chapter 5.11 Polychlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans, 2000
- [6] *Evaluation du risque pour la santé lié aux émissions atmosphériques des incinérateurs soumis aux nouvelles valeurs limites de l'Union Européenne*, Rapport final, Institut Universitaire d'Hygiène et de Santé Publique, 2001
- [7] *L'incinération des déchets et la santé publique : bilan des connaissances récentes et évaluation du risque*, Société française de santé publique, Collection Santé et Société n°7, 1999
- [8] *Annexe technique à la recommandation « Dioxines »*, Comité de la Prévention et de la Précaution, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 1998
- [9] *Health risks of persistent organic pollutants from long-range transboundary air pollution*, Executive summary of the report prepared by the joint Task Force on the Health Aspects of Air Pollution of the World Health Organization/European Centre for Environment and Health and the Executive Body, Economic Commission for Europe, United Nations, 2002
- [10] *Toxicological Profile for Chlorinated Dibenzo-p-dioxins (CDDs)*, ATSDR, 1998
- [11] *Toxicological Profile for Chlorodibenzofurans (CDFs)*, ATSDR, 1994
- [12] *Polychlorodibenzodioxines et polychlorodibenzofurannes, Loi canadienne sur la protection de l'environnement, Liste des substances d'intérêt prioritaire*, Rapport d'évaluation n°1, Environnement Canada, 1990.
- [13] BERTAZZI PA, CONSONNI D, BACHETTI S, et al. *Health effects on dioxin exposure : a 20-year mortality study*, Am. Epidemiol., 153, 2001, p.1031-1044
- [14] FLORET N, MAUNY F, CHALLIER B, ARVIEUXP, CAHN JY, VIEL JF, *Dioxins emissions from a solid waste incinerator and risk of non-hodgkin lymphoma*, Epidemiology, 2003, 14 (4), 392-398
- [15] *Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and polychlorinated dibenzofurans*, IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 69, International Agency for Research on Cancer, 1997
- [16] COLE O, TRICHOPOULOS D, PASTIDES H, STARR T, MANDEL J, *Dioxin and cancer: a critical review*, Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2003, 38 (3), p. 378-388
- [17] *Health assessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and related compounds*, US-EPA, juin 1997
- [18] *Exposure and health reassessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and related compounds*, US-EPA, juin 2000

- [19] *International Toxicity Equivalent Factor (T-TEF) method of risk assessment for complex mixtures of dioxins and related compounds, Pilot study on international information exchange on dioxins and related compounds*, OTAN (Organisation du Traité de l'Atlantique Nord), Comité sur les défis de la société moderne n°188, 56p, 1988
- [20] MUTO H, TAKIZAWA Y, *Dioxins in cigarette smoke*, Arch. Environ. Health, 1989 vol 44, p 171-174
- [21] BALL M ET AL., *Polychlordienzodioxine und Polychlordibenzofurane in Zigarettenrauch*, Beitrag Tabakforschung International, 14, 1990, p. 393-402
- [22] *Dioxines, données de contamination et d'exposition de la population française*, AFSSA, 2000
- [23] *Evaluation of the Occurrence of PCDD/PCDF and POPs in wastes and their potential to enter the foodchain*, Final report, University of Bayreuth, Study on behalf of the European Commission, DG Environment, 2000
- [24] *Etude sur les dioxines et les furannes dans le lait maternel en France*, InVS-CAREPS, 2000
- [25] *Les incinérateurs d'ordures ménagères : Quels risques ? Quelles politiques ?*, Comité de la Prévention et de la Précaution, Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, 2004
- [26] *L'incinération des déchets et la santé publique : bilan des connaissances récentes et évaluation du risque*, Société Française de Santé Publique, Collection Santé et Société n°7, 1999
- [27] *Les dioxines et furannes – Connaissances, réglementation, situation en France et dans les Yvelines*, Commission Air, SPI Vallée de Seine, 2001
- [28] BARD D, *Les hydrocarbures aromatiques polycycliques chlorés présents dans l'environnement, I – Sources*, Pollution Atmosphérique n°137, 1993, p.103-113
- [29] DOUTE C, DELFAU JL, VOYELLE C, *Mécanismes de formation des dioxines et des furannes dans les incinérateurs de déchets ménagers*, CNRS, Laboratoire de Combustion et Systèmes Réactifs, Recueil des interventions des Journées Techniques Nationales du 8 et juin 1999
- [30] *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – séries sectorielles et analyses étendues – format secten*, CITEPA, 2004
- [31] *Inventaire départementalisé des émissions de polluants atmosphériques en France en 2000*, CITEPA, 2004
- [32] BEGUIER S, *Inventaire des dioxines et des POP : sources d'émissions, tendances et méthodes de quantification*, CITEPA, Recueil des interventions des Journées Techniques Nationales du 10 et 11 mars 2004
- [33] ADAM K, *Emission de dibenzodioxines et dibenzofuranes lors de la combustion de câbles électriques*, INERIS, 1999.
- [34] ALLEMAND N, *Estimation des émissions de polluants liées à la combustion du bois en France*, CITEPA-INERIS-ADEME, 2003
- [35] GULLET B, TOUATI A, HAYS M, *PCDD/PCDF, PCB, HxCBs, PAH and PM emission factors for fireplace and woodstove combustion in the San Francisco Bay region*, Environmental Science Technology 37, 2003, p. 1758-1765
- [36] GULLET B, TOUATI A, *PCDD/PCDF emissions from burning of wheat and rice field residue*, Atmospheric Environment 37, 2003, p. 4893-4899
- [37] GULLET B, TOUATI A, *PCDD/PCDF emissions from forest fire simulations*, Atmospheric Environment 37, 2003, p. 803-813

[38] BALLAMAN R, *Le protocole d'Aarhus : pollution atmosphérique à longue distance et polluants organiques persistants (POP)*, Recueil des interventions des Journées Techniques Nationales du 10 et 11 mars 2004

[39] Site internet de la Commission Economique des Nations-Unies pour l'Environnement : http://www.unece.org/env/lrtap/pops_h1.htm

En particulier : Texte du Protocole d'Aarhus : *Protocole à la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, de 1979, relatif aux Polluants Organiques Persistants*, CEE-NU, 24 juin 1998

[40] FIEDLER H, *La Convention de Stockholm : un instrument global de réduction des risques associés aux POP*, (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), Recueil des interventions des Journées Techniques Nationales du 10 et 11 mars 2004

[41] Site internet du Programme des Nations-Unies pour l'environnement : <http://www.chem.unep.ch/pops/>

En particulier : *Texte de la Convention de Stockholm relative aux Polluants Organiques Persistants*, PNUE, mai 2001

[42] SPENS K, *Stratégie communautaire concernant les dioxines, les furannes et les PCB – Mise en œuvre par l'UE de la Convention de Stockholm et du Protocole d'Aarhus*, (Commission Européenne – Direction Générale de l'Environnement), Recueil des interventions des Journées Techniques Nationales du 10 et 11 mars 2004

[43] *Communication de la commission au conseil, au parlement européen et au comité économique et social, Stratégie communautaire concernant les dioxines, les furannes et les polychlorobiphényles*, Commission des communautés européennes, JO des Communautés Européennes n° C322 du 17/11/2001, p.0002-0018

[44] *Directive 2000/76/CE du Parlement Européen et du Conseil du 4 décembre 2000 sur l'incinération des déchets*, Journal Officiel des Communautés Européennes n° L 332 du 28.12.2000, p.91.

[45] *Les textes réglementaires pour les installations d'incinération de déchets*, note du Ministère du Développement et du Développement Durable, 5 mars 2004

[46] *Incinération des déchets ménagers en France - situation en 2000 - évolution et perspectives au 31.12.2002*, ADEME-AGHTM

[47] *Arrêté du 25 janvier 1991 relatif aux installations d'incinération de résidus urbains*, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Journal Officiel de la République Française n°58 du 08.03.1991, p.3330.

[48] *Arrêté du 10 octobre 1996 relatif aux installations spécialisées d'incinération et aux installations de co-incinération de certains déchets industriels spéciaux*, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Journal Officiel de la République Française n°242 du 16.10.1996, p.15098.

[49] *Circulaire du Ministre de l'Environnement du 24 février 1997 (circulaire Lepage), relative aux plans départementaux d'élimination des déchets ménagers et assimilés.*

[50] *Circulaire du Ministre de l'Environnement du 30 mai 1997 relative aux dioxines et furannes.*

[51] *Arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux et aux installations incinérant des déchets d'activités de soins à risques infectieux*, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Journal Officiel de la République Française n° 280 du 01.12.2002, p. 19778.

- [52] *Arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets dangereux*, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Journal Officiel de la République Française n° 280 du 01.12.2002, p. 19789.
- [53] *Circulaire du 9 octobre 2002 relative aux Installations classées (arrêtés ministériels relatifs à l'incinération de déchets, émissions de dioxines et de métaux des incinérateurs)*, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Bulletin Officiel MEDD n°2-2003 du 31 janvier 2003
- [54] *Summary of points of impingement standards, point of impingement guidelines and ambient air quality criteria (AAQCs)*, Standards development branch, Ontario Ministry of the environment, septembre 2001
- [55] *Circulaire DGS/VS 3/98 n°98-333 du 11 juin 1998 relative aux recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France, section de l'alimentation et de la nutrition, sur la dioxine*, Bulletin Officiel n°98/26
- [56] *Règlement (CE) n° 2375/2001 du Conseil du 29 novembre 2001 modifiant le règlement (CE) n° 466/2001 de la Commission portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires*, Journal Officiel des Communautés Européennes n° L321 du 6/12/2001, p.1-5
- [57] *Recommandation de la Commission du 4 mars 2002 sur la réduction de la présence de dioxines, de furannes et de PCB dans les aliments pour animaux et les denrées alimentaires*, Journal Officiel des Communautés Européennes n°L 67 du 9 mars 2002, p. 69-73
- [58] *Compilation of EU dioxin exposure and health data, Task 2 – Environmental Levels*, Report produced for European commission DG environment, UK Department of the environment, transport and the regions, 1999
- [59] CASERINI S, ET AL., *Air and soil dioxin levels at three sites in Italy in proximity to MSW incineration plants*, Chemosphere vol 54, 2004, p. 1279-1287
- [60] *Ambient air measurements of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH), Polychlorinated Dibenzop-dioxins (PCDD) and Polychlorinated Dibenzofurans in Canada (1987-1997)*, report series n° AAQD 98-3, Environmental Technology Centre, Environnement Canada, 1998
- [61] GERMAIN A, CHIU C, POOLE G, *Présence de dioxines et furannes au Saguenay (Québec), Canada*, Pollution atmosphérique n°182, 2004, p. 235-245
- [62] TAUCHER JA, ET AL., *Levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans in ambient urban air in Sidney, Australia*, Chemosphere vol 25, 1992, p. 1361-1365
- [63] MOO BEEN CHANG, ET AL., *Sampling and analysis of ambient dioxins in northern Taiwan*, Chemosphere vol 51, 2003, p. 1103-1110
- [64] *Mesure des dioxines dans l'air ambiant de l'agglomération parisienne*, INERIS-AIRPARIF, 1998.
- [65] *Mesures de qualité de l'air autour de l'incinérateur du Mirail à Toulouse (SETMI), suivi des particules en suspension, des métaux, des retombées totales et des dioxines et furannes*, Rapport d'étude, ORAMIP, 2003.
- [66] *Point initial avant U.V.E autour de Guichainville*, Rapport d'étude n° E 03_04, AIR NORMAND, 2003.
- [67] *Saint-Jean de Folleville – Lillebonne, Point initial avant U.V.E ECOSTAU'AIR du 25/09 au 02/12/2003*, Rapport d'études n° E 03_11, AIR NORMAND, 2003.