

Partie III Catégorie de source (h) :
Les véhicules à moteur, notamment ceux utilisant de
l'essence au plomb

Table des matières

Les véhicules à moteur, notamment ceux utilisant de l'essence au plomb

1.	Introduction.....	3
1.1	Description du procédé	3
1.2	Les combustibles, les types de moteur et les émissions	3
2.	La formation et les rejet des PCDD/PCDF	4
2.1	Etudes des émissions des PCDD/PCDF.....	4
2.2	Résumé des résultats	6
3.	Les meilleures techniques disponibles et pratiques environnementales	6
4.	Les réglementations visant à une réduction des émissions de PCDD/PCDF.....	7
	Références	8

Encadrés

Tableau 1.	Les émissions de PCDD/PCDF issues des véhicules à moteur.....	5
------------	---	---

VI.H Les véhicules à moteur, notamment ceux utilisant de l'essence au plomb

Résumé

Les principaux combustibles utilisés dans les moteurs pour véhicules sont l'essence et le diesel. Le gaz de pétrole liquéfié, les huiles à base de végétaux et autres biocombustibles, et les mélanges alcool huile gagnent en importance.

Des PCDD et PCDF ont été détectés dans les émissions de véhicule à moteur brûlant de l'essence ou du diesel. Les émissions les plus importantes identifiées provenant de véhicules fonctionnant sur de l'essence au plomb sont dues à la présence de *scavengers* (composés, ajoutés au carburant, qui piègent les impuretés non désirables) chlorés et bromés dans le carburant.

Comme substituts à l'essence au plomb, les carburants suivants peuvent être pris en compte : essence sans plomb (mieux quand muni d'un catalyseur); le diesel (mieux quand équipé d'un catalyseur pour oxydation du diesel, et d'un filtre à particules); le gaz de pétrole liquéfié (GPL); le gaz naturel comprimé; le mélange butane/propane ; les biocarburants, et les mélanges alcool/huile.

Les meilleures techniques disponibles comprennent l'interdiction des *scavengers* halogénés, et l'équipement de véhicules avec un catalyseur d'oxydation ou un filtre à particule.

Il n'existe pas de données mesurées pour les biocarburants, les mélanges alcool/huile ou le gaz de pétrole liquéfié, ni pour les moteurs à 2 temps.

1. Introduction

1.1 Description du procédé

Pour les véhicules à moteur, la description du procédé est relativement simple. Le moteur à essence tire sa puissance de l'explosion d'un mélange air-essence, tandis que dans le moteur diesel le carburant brûle plutôt que d'exploser. Le mélange air-carburant, quand il est allumé, se dilate rapidement dans un cylindre, forçant le piston à se déplacer du haut du cylindre vers le bas. Après être sorti du véhicule, le gaz d'échappement est dilué environ mille fois dans les premières secondes puis est refroidi très rapidement (DEH 2004).

1.2 Les carburants, les types de moteur et les émissions

Les carburants principaux utilisés pour le transport sont l'essence, le diesel et le gaz de pétrole liquéfié (GPL). La plupart des moteurs à combustion interne, fonctionnant à l'essence et utilisés dans des voitures, camions légers, motocyclettes et autres véhicules, sont des moteurs à 4-temps. Comme dans le cas de beaucoup de procédés de combustion, les moteurs à combustion interne génèrent des dibenzo-*p*-dioxines polychlorés (PCDD) et des dibenzofuranes polychlorés (PCDF) comme produits indésirables (PNUE 2005).

La plupart des petits moteurs à combustion interne, brûlant de l'essence et utilisés dans des bateaux, des jet skis, des cyclomoteurs, petites motos, tuk-tuk, tondeuses à gazon, scies à chaînes, et autre véhicules et dispositifs sont des moteurs 2-temps. Ces moteurs suivent le même cycle de combustion thermodynamique; cependant ils n'ont que deux mouvements par cycle, à savoir celui combinant l'échappement et l'admission, et celui pour la compression, l'allumage et la combustion. La

différence la plus importante par rapport au moteur 4-temps est le fait que tous les mouvements se produisent pendant seulement un tour complet du vilebrequin. La lubrification est normalement faite par de l'huile qui est ajoutée au combustible. Il est possible donc que de plus grandes quantités de polluants soient formées, et que l'efficacité soit plus faible que pour le moteur 4-temps. Cependant sa simplicité et les coûts de production faibles rendent le moteur 2-temps très attractif pour des applications à petite échelle.

Les moteurs au diesel sont utilisés dans les camions lourds, les camions légers, les voitures de particulier, les équipements lourds pour la construction, les bateaux, les générateurs, les pompes et les équipements agricoles, y compris les tracteurs et autres équipements lourds. Ils utilisent normalement du diesel (fuel léger) et un moteur à cycle 4-temps. C'est la compression plutôt qu'une étincelle qui est utilisée pour l'allumage. L'air est aspiré dans le cylindre et comprimé. Le combustible diesel est introduit à haute pression et brûle. Ceci mène à une utilisation plus efficace du combustible, et donne des émissions spécifiques plus faibles. Cependant les moteurs diesel mènent à des émissions de particules, sous la forme de suie, à cause de la combustion incomplète, surtout pendant le démarrage, le chauffage et des changements de charge. Il est bien connu que les émissions de particules des moteurs diesel contiennent des concentrations élevées d'hydrocarbures polycycliques aromatiques.

Depuis que les PCDD/PCDF ont été détectés pour la première fois dans des huiles usagées de moteur (Ballschmiter *et al.* 1986), il y a des indications de plus en plus concordantes que les PCDD/PCDF sont formés et rejetés par les procédés de combustion dans les moteurs à l'essence et au diesel. Une combustion incomplète et la présence d'une source de chlore sous forme d'additifs dans l'huile ou l'essence au plomb mènent à la formation de PCDD/PCDF, des produits chimiques qui sont inscrits à l'Annexe C de la Convention de Stockholm (Marklund *et al.* 1987, 1990 ; Schwind *et al.* 1991; Hutzinger *et al.* 1992; Gullett et Ryan 1997). Tandis que pour les moteurs à essence le seul vecteur de rejet pour les PCDD/PCDF est l'air, les moteurs diesel génèrent des quantités considérables de dépôts solides (suie). Il n'existe cependant pas de données pour les concentrations de PCDD/PCDF dans la suie de diesel (PNUE 2005).

2. La formation et le rejet des PCDD/PCDF

2.1 Etudes des émissions des PCDD/PCDF

Plusieurs études en Europe et une aux Etats-Unis ont évalué les émissions de PCDD/PCDF venant de véhicules, en mesurant la présence de PCDD/PCDF de l'air dans des tunnels. Cette approche présente l'avantage de faire l'échantillonnage au hasard d'un grand nombre de voitures, y compris avec une gamme d'anciennetés et de niveaux d'entretien. Par contre, l'inconvénient de cette approche est qu'elle dépend de mesures indirectes, ce qui pourrait introduire des incertitudes et rendre l'interprétation des résultats difficile. On peut craindre aussi, dans des études en tunnel, que les particules en suspension avec les PCDD/PCDF absorbés, qui se sont accumulés dans le temps, peuvent conduire à une surestimation des émissions. Il a donc été estimé ici que cette approche n'était pas valable, et les résultats y associés ne seront pas pris en considération en plus de détail dans ces directives. Pour plus d'informations, se référer aux références traitant d'études en tunnel, et à l'air ambiant.

Translator's note : "Tunnel and ambient air studies" does not appear as such at the end of this section..

La première étude concernant les émissions venant des extrémités des tuyaux (d'échappement) de voitures, a été faite par Marklund *et al.* (1987) sur des voitures suédoises. Depuis lors, plusieurs études ont été effectuées, soit sur des moteurs en marche (voitures de particuliers, ou camions), soit sur des dynamomètres moteurs/châssis. Divers carburants ont été testés dans des conditions différentes (en simulant des conditions différentes de trafic, ou en faisant varier les charges). Les résultats de ces études, qui indiquent les émissions sur la base de la consommation de carburant, sont résumés dans le Tableau 1.

Tableau 1. Les émissions de PCDD/PCDF issues des véhicules à moteur

Combustible	Type de véhicule	Emission (pg TEQ/L)	Référence
Essence au plomb, 4-temps	Voiture de particulier : avant pot d'échappement/dans le tuyau de sortie	60/10	Marklund <i>et al.</i> 1990
	Voiture de particulier neuve : avant silencieux/dans pot d'échappement	21/23	Marklund <i>et al.</i> 1990
	Voiture de particulier	0.55–1.66	Schwind <i>et al.</i> 1991
Diesel	Camion	291	Geueke <i>et al.</i> 1999
	Véhicule lourd de service	29.3–47.7	Gullett and Ryan 1997
	Voiture de particulier	2–141	Schwind <i>et al.</i> 1991
	Camion	4–88	Schwind <i>et al.</i> 1991
	Pas d'information	0,5 ; 0,6 ; 2,0	Kim <i>et al.</i> 2003
	Camion	1,20–103	Gouvernement du Japon 2003
	Voiture de particulier	1,47–121	Gouvernement du Japon 2003
	Voiture de particulier (chlore : 12, 131, 259 ppm)	3–49	Dyke 2005
Essence sans plomb, 4-temps	Voiture de particulier, ancienne et neuve: avant silencieux ou dans pot d'échappement	3,5	Marklund <i>et al.</i> 1990
	Voiture de particulier	5–22	Schwind <i>et al.</i> 1991
	Camion	0,42 ; 0,99	Gouvernement du Japon 2003
	Voiture de particulier	0,34–16,42	Gouvernement du Japon 2003
Essence sans plomb, avec catalyseur, 4-temps	Voiture de particulier	2–3	Schwind <i>et al.</i> 1991

En 1994, Hagenmaier et collaborateurs ont analysé les émissions d'un bus à moteur diesel (Hagenmaier 1994 ; Hagenmaier *et al.* 1995). Les concentrations des PCDD/PCDF étaient autour de 1 pg/L pour les congénères individuels substitués en 2,3,7,8, donnant un I-TEQ de 0,01 ng I-TEQ/L. Les résultats de 1994 étaient donc beaucoup plus faibles que les résultats obtenus en 1990 (Hagenmaier *et al.* 1990). Tandis qu'en 1990 il était possible de quantifier les dibenzo-*p*-dioxines (PXDD) et les dibenzofuranes (PXDF) à halogénéation mixte (X = Br, Cl), les émissions de 1994 ne contenaient pas de quantités détectables de PXDD/PXDF. De la même manière, les concentrations de PCDD/PCDF étaient inférieures aux limites de quantification dans un extrait provenant d'un véhicule

à moteur à essence (Hagenmaier *et al.* 1995). Ces résultats indiquent qu'avec l'interdiction d'utiliser les *scavengers* halogénés (en Allemagne, voir : BImSchV 1992), on a éliminé la source principale de PCDD/PCDF (et de PXDD/PXDF). Les résultats ont aussi démontré qu'une contamination croisée a eu lieu car les mêmes récipients étaient utilisés pour le transport des 3 carburants : diesel, essence au plomb et essence sans plomb. Lors d'un programme de test destiné à mesurer les émissions de PCDD/PCDF et des polychlorobiphényles (PCB) venant des moteurs au diesel, les PCB ont été détectés dans certains essais à des valeurs de 3,6 à 8,0 pg WHO-TEQ/L, faibles comparées aux niveaux des dioxines (Dyke 2005). Il est possible qu'il y ait eu des effets incontrôlés dus à un mauvais entretien des moteurs qui ont affecté les essais précédents.

2.2 Résumé des résultats

La littérature documentant les résultats obtenus en Europe, au Japon (voir aussi Miyaet *et al.* 1999), en Corée, ainsi qu'aux Etats-Unis indiquent que :

- Les émissions de PCDD/PCDF issus de véhicules utilisant des combustibles sans plomb sont plus faibles que les émissions de véhicules à l'essence au plomb ;
- Les émissions plus élevées constatées pour les véhicules utilisant des carburants au plomb sont dues à la présence de *scavengers* bromés rajoutés au carburant ;
- Les voitures équipées de catalyseur - utilisant de l'essence sans plomb - ont les émissions les plus faibles ;
- Des tests limités démontrent que les catalyseurs à oxydation pour le diesel sont efficaces pour réduire les émissions de PCDD/PCDF ;
- Les filtres à particules diesel sont efficaces pour réduire les émissions PCDD/PCDF dans les véhicules utilisant le diesel ;
- Les véhicules diesel ont des émissions plus faibles que ceux brûlant de l'essence au plomb, et des émissions un peu plus élevées que les véhicules à essence sans plomb et équipés de convertisseurs catalytiques ;
- L'utilisation des huiles de moteur à faible teneur en chlore (dans les expériences sur diesel) n'a pas permis de réduire les émissions de PCDD/PCDF.

L'influence de l'âge du véhicule n'est pas claire. Tandis que Marklund *et al.* (1990) ont trouvé des émissions plus élevées dans les véhicules plus âgés, l'étude allemande (Schwind *et al.* 1991 ; Hutzinger *et al.* 1992) n'a pas pu mettre en évidence une telle dépendance.

On ne dispose pas de données mesurées pour les types de moteurs suivants :

- Moteur à 2-temps ;
- Utilisant du GPL ;
- Utilisant des mélanges alcool-huile ;
- Utilisant des biocarburants (colza, etc.)

3. Les meilleures techniques disponibles et pratiques environnementales

Les meilleures techniques disponibles pour réduire les émissions de PCDD/PCDF provenant des véhicules à moteur pourraient comprendre :

- L'interdiction d'additifs (*scavengers*) halogénés ;
- L'interdiction de l'utilisation de l'essence au plomb ;

- L'installation de filtres à particules pour diesel et/ou de convertisseurs catalytiques ;
- Des alternatives au moteur à essence (électrique, à énergie solaire et à pile à combustible).

Les meilleures pratiques environnementales pourraient inclure:

- des politiques d'économie, telles une plus grande efficacité du carburant devraient être encouragées ; de même, des moyens alternatifs de transport, y compris le vélo, le train et autres transports publics, devraient être favorisés;
- la séparation des conteneurs de transport selon le carburant (par exemple, ne pas transporter de l'essence au plomb contenant des *scavengers* halogénés dans des conteneurs qui sont aussi utilisés pour le transport de diesel ou d'essence sans plomb) ;
- l'interdiction d'utiliser l'essence au plomb ;
- la promotion de véhicules à faible consommation de carburant ;
- l'éducation pour identifier les conditions de conduite qui mènent à une faible formation et rejet de polluants ;
- un bon entretien du véhicule.

4. Les réglementations visant à une réduction des émissions de PCDD/PCDF

Au Japon, la loi sur les mesures spéciales concernant les dioxines (entrée en vigueur en 1999) réglemente les concentrations des émissions de PCDD/PCDF provenant de sources spécifiques, mais ne couvre pas les émissions de véhicules à moteur. Pour les carburants utilisés dans les véhicules à moteur, l'essence totalement sans plomb a été introduite pendant les années '80 et les ventes d'essence au plomb ont été interdites par la loi sur le plomb, le benzène et le soufre. Dans la zone métropolitaine de Tokyo, il est obligatoire que les véhicules au diesel soient équipés de filtres à particules diesel.

En Allemagne, la 19^e BImSchV interdit l'utilisation de *scavengers* halogénés dans les véhicules à moteur, ceci dans le but de réduire les émissions de PCDD/PCDF provenant de véhicules roulant à l'essence au plomb (BImSchV 1992).

Références

- Ballschmiter K., Buchert H., Niemczyk R., Munder A. and Swerev M. 1986. "Automobile Exhausts versus Municipal Waste Incineration as Sources of the Polychlorodibenzodioxins (PCDD) and -furans (PCDF) found in the Environment." *Chemosphere* 15:901–915.
- BImSchV. 1992. *19. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes vom 24.07.1992 (Verordnung über Chlor- und Bromverbindungen als Kraftstoffzusatz - 19. BImSchV)*. Bundesgesetzblatt Teil 1, Jahrgang 1992, 75 (Ordinance on ban of halogenated scavengers, Germany).
- DEH (Department of the Environment and Heritage, Australia). 2004. *Dioxins Emissions from Motor Vehicles in Australia*. Technical Report No. 2, National Dioxins Programme. Australian Government, Department of the Environment and Heritage.
- Dyke P.H., Sutton M. 2005. "The Effect of Lubricating Oil on Diesel Engine PCDD/F and PCB Emissions." *Organohalogen Compd.* 67:2189–2191.
- Dyke P.H., Sutton M., Wood D. 2006. Study on the effect of chlorine in lubricating oil on emissions of PCDD/F from a diesel engine. *Organohalogen Compd* 68.
- Geueke K.-J., Gessner A., Quass U., Bröker G. and Hiester E. 1999. "PCDD/F Emissions from Heavy Duty Vehicle Diesel Engines." *Chemosphere* 38:2791–2806.
- Government of Japan. 2003. *Inventory of PCDDs/DFs Emissions*. Government of Japan, Ministry of the Environment. www.env.go.jp/air/report/h15-05/index.html.
- Gullett B. and Ryan J.V. 1997. "On-Road Sampling of Diesel Engine Emissions of Polychlorinated Dibenzop-dioxin and Polychlorinated Dibenzofuran." *Organohalogen Compd.* 32:451–456.
- Hagenmaier H. 1994. "Contributions of Diesel-Powered Vehicles and Wood Burning to Overall PCDD/PCDF Emissions." *Organohalogen Compd.* 20:267–270.
- Hagenmaier H., Dawidowsky N., Weberuss U., Hutzinger O., Schwind K.-H., Thoma H., Essers U., Buhler B. and Greiner R. 1990. "Emission of Polyhalogenated Dibenzodioxins and Dibenzofurans from Combustion Engines." *Organohalogen Compd.* 2:329–334.
- Hagenmaier H., Krauss P., Vatter J. and Walczok M. 1995. "Eintrag und Verbleib von PCDD/PCDF: Bedeutung der Einträge durch Automobilabgase und Holzfeuerungen." *Organohalogen Compd.* 22:49–54.
- Hutzinger, O., Hagenmaier H., Essers U., Bessy E., Schwind K.-H., Thoma H., Dawidowsky N., Weberuss U., Betz U., Bühler U. and Greiner R. 1992. "Untersuchungen zur Emission halogenierter Dibenzodioxine und Dibenzofurane aus Verbrennungsmotoren beim Betrieb mit handelsüblichen Betriebsstoffen." GSF-Forschungszentrum, Munich, Germany.
- Kim K.-S., Hong K.-H., Ko Y.-H., Yoon K.-D. and Kim M.-G. 2003. "Emission Characteristics of PCDD/Fs in Diesel Engine with Variable Load Rate." *Chemosphere* 53:601–607.
- Larsen S., Brevik E.M. and Oehme M. 1990. Emission Factors of PCDD and PCDF for Road Vehicles Obtained by Tunnel Experiment. " *Organohalogen Compd.* 1:453-456.
- Marklund S., Andersson R., Tysklind M., Rappe C., Egebäck K.E., Bjorkman E. and Grigoriadis V. 1990. "Emissions of PCDDs and PCDFs in Gasoline and Diesel Fueled Cars." *Chemosphere* 20:553–561.
- Marklund S., Rappe C., Tysklind M. and Egebäck K. 1987. "Identification of Polychlorinated Dibenzofurans and Dioxins in Exhausts from Cars Run on Leaded Gasoline." *Chemosphere* 16:29–36.
- Miyabara Y., Hashimoto S., Sagai M. and Morita M. 1999. "PCDDs and PCDFs in Vehicle Exhaust Particles in Japan." *Chemosphere* 39:143–150.

Oehme M., Larssen S. and Brevik E.M. 1991. "Emission Factors of PCDD/CDF for Road Vehicles Obtained by a Tunnel Experiment." *Chemosphere* 23:1699–1708.

Rappe C., Kjeller L.O., Bruckmann P. and Hackhe K.H. 1988. "Identification and Quantification of PCDD/CDFs in Urban Air." *Chemosphere* 17:3–20.

Wevers M., De Fre R. and Rymen T. 1992. "Dioxins and Dibenzofurans in Tunnel Air." *Organohalogen Compd.* 9:321–324.

Schwind K.-H., Thoma H., Hutzinger O., Dawidowsky N., Weberuss U., Hagenmaier H., Bühler U., Greiner R., Essers U. and Bessey E. 1991. "Emission halogener Dibenzdioxine (PXDD) und Dibenzofurane (PXDF) aus Verbrennungsmotoren beim Betrieb mit handelsüblichen Betriebsstoffen." *UWSF-Z Umweltchem. Oekotox* 3:291–298.

PNUE (Programme des Nations Unies sur l'Environnement). 2005. Outil standard (Toolkit) pour l'identification et quantification des rejets de dioxines et des furannes. Edition 2.1. PNUE, Genève.