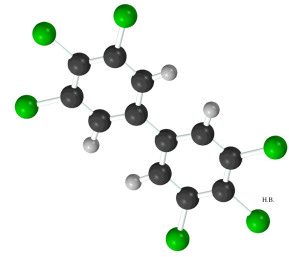
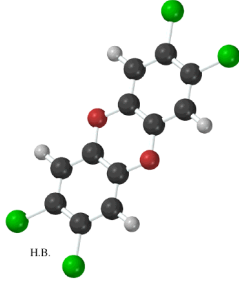


PCDD, PCDF, PCB Qu'est-ce que c'est ?	Sources d'émission ? Formation ?	Effets sur la santé ? Action ?	Quantité toxique ? Mesures ? Normes ?
--	-------------------------------------	-----------------------------------	--



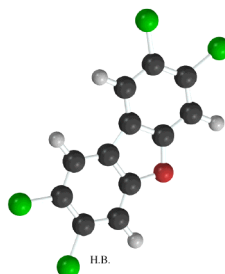
Dioxines, Furanes & PCBs

Henri BROCH

Professeur à l'Université de Nice-Sophia Antipolis

- 1 Les "dioxines", qu'est-ce que c'est ?
- 2 Quelles sont les sources d'émission ?
Que sait-on sur les mécanismes de formation ?
- 3 Quels sont les effets sur la santé ?
Et les mécanismes d'action ?
- 4 Que mesure-t-on ? Qu'est-ce que la "quantité toxique" et quelles sont les normes ?

Annexe Potentiels électrostatiques moléculaires



PCDD, PCDF, PCB Qu'est-ce que c'est ?	Sources d'émission ? Formation ?	Effets sur la santé ? Action ?	Quantité toxique ? Mesures ? Normes ?
--	-------------------------------------	-----------------------------------	--

"Dioxines"

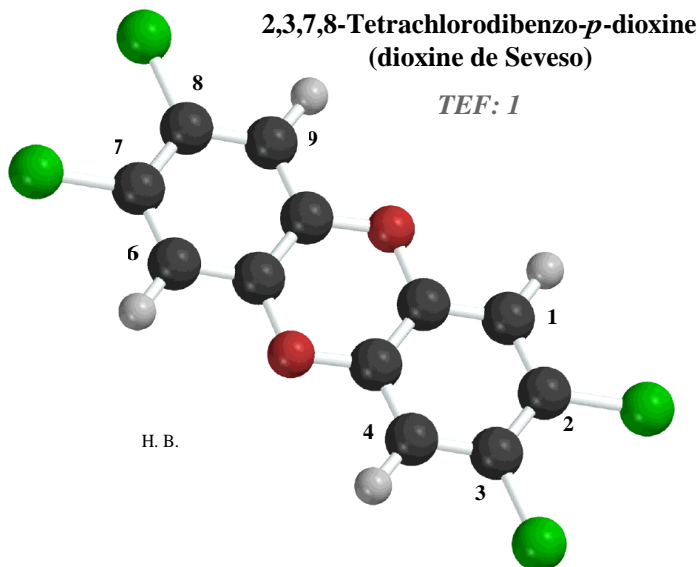
Composés aromatiques tricycliques chlorés

PolyChloroDibenzoDioxines, PolyChloroDibenzoFuranes auxquels j'ajoute ici les PolyChloroBiphényles

PCDD

2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-dioxine
(dioxine de Seveso)

TEF: 1



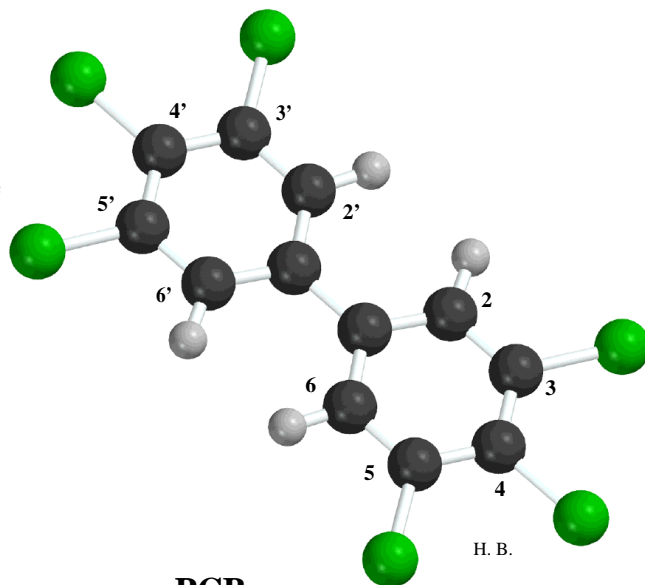
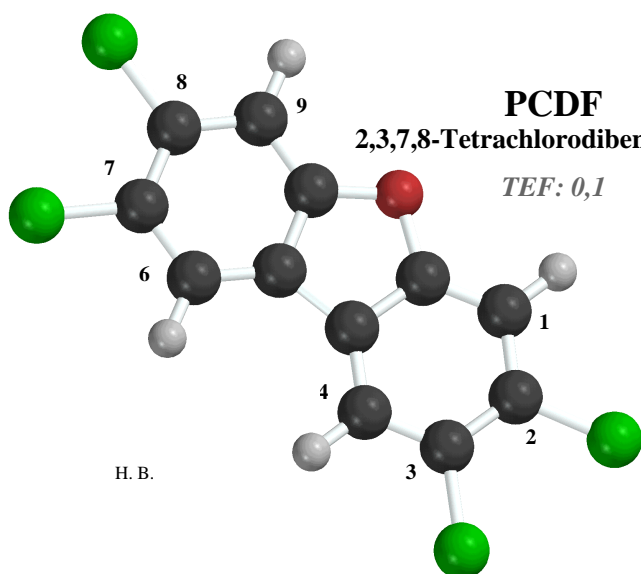
Dioxines, Furanes & PCBs

75 + 135 + 209
congénères
(7 + 10 + 13)

PCDF

2,3,7,8-Tetrachlorodibenzofurane

TEF: 0,1



PCB

3,3',4,4',5,5'-Hexachlorobiphényle

TEF: 0,01

Composants extrêmement stables sous de nombreuses conditions environnementales

- "aromatiques" = possèdent au moins un noyau benzénique
- en grisé le nombre de congénères toxiques et les TEF (cf. infra) des molécules présentées

PCDD, PCDF, PCB Qu'est-ce que c'est ?	Sources d'émission ? Formation ?	Effets sur la santé ? Action ?	Quantité toxique ? Mesures ? Normes ?
--	---	-----------------------------------	--

- Les dioxines n'existent quasiment pas naturellement et ne sont pas produites intentionnellement*

- **Sources principales** (combustion, incinération, sidérurgie)

- combustion des fuels en secteur industriel
- incinération des déchets ménagers et des D.I.S.
- fabrication des solvants chlorés et des pesticides
- production et élimination des plastiques PVC**

- **Où les trouve-t-on ?**

- essentiellement sous forme gazeuse ou adsorbées sur des particules de très petite taille (poussière de clinker).
- 80% des dioxines émises par l'incinération se trouvent dans les résidus d'épuration des gaz (cendres volantes).
- plus les congénères sont chlorés (Hx, Hp, O), plus ils sont adsorbés sur des particules aériennes (T et Pe principalement en phase vapeur).

- **Comment se forment-elles ?**

Large incertitude sur les mécanismes de formation

- condition pour la réaction de formation: t° de 250°C à 400°C
- formation pouvant intervenir lors du refroidissement des gaz
- formation semble se faire après que le précurseur se soit condensé et adsorbé sur les sites récepteurs de la surface de particules de cendres volantes.

* en principe... (cf. "Agent Orange", guerre du Vietnam)

** polychlorure de vinyle

PCDD, PCDF, PCB Qu'est-ce que c'est ?	Sources d'émission ? Formation ?	Effets sur la santé ? Action ?	Quantité toxique ? Mesures ? Normes ?
--	-------------------------------------	---	--

- Actives sur les organismes vivants à dose extrêmement faible
Lipophiles, très faible solubilité (eau) => **bio-accumulation**
- **Effets néfastes** (dioxines, furanes et PCBs) sur la santé:
 - cancers
 - suppression du système immunitaire
 - perturbation du système endocrinien
(interférences avec les hormones de régulation)
 - troubles du développement psychomoteur (du jeune enfant)
 - troubles de la reproduction
- **Incertitude sur les mécanismes d'action** (toxicologie)
 - 2,3,7,8 TCDD classée cancérigène pour l'homme
 - les toxiques: au minimum 4 atomes de chlore
 - les dioxines jouent un rôle de promoteur de la cancerogénèse
 - exposition principale pour l'homme via la nourriture
- France :
 - apport par voie alimentaire: ~ **2,3 pg / j.kg***
 - modélisation => **1800 à 5200 décès annuels par cancer***

* par jour et par kg de poids corporel ; p = pico = 10⁻¹²
Annexe à la recommandation "Dioxines", 3/04/98, du Comité de la Prévention et de la Précaution,
Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

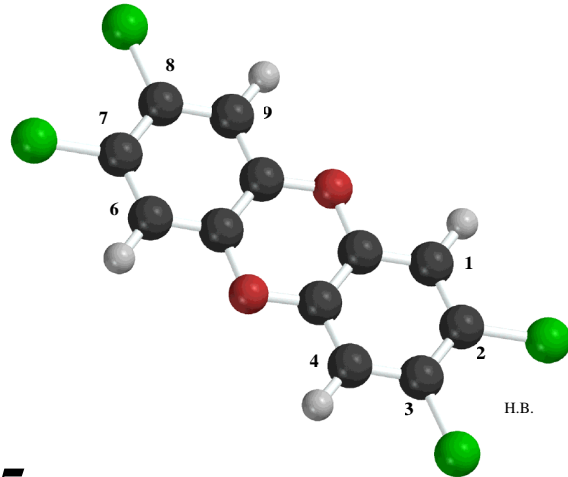
PCDD, PCDF, PCB Qu'est-ce que c'est ?	Sources d'émission ? Formation ?	Effets sur la santé ? Action ?	Quantité toxique ? Mesures ? Normes ?
--	-------------------------------------	-----------------------------------	--

toxiques / congénères

PCDDs 7 / 75

2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-dioxine

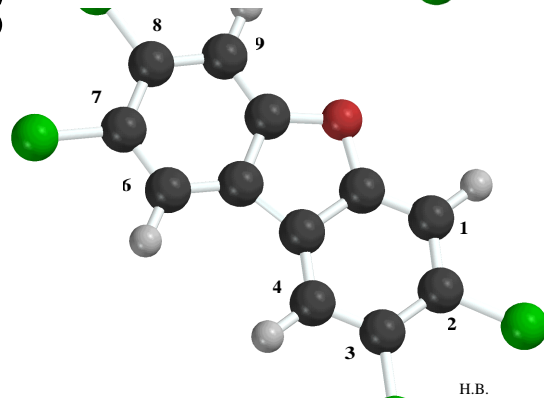
TEF: 1



PCDFs 10 / 135

2,3,7,8-Tetrachlorodibenzofurane

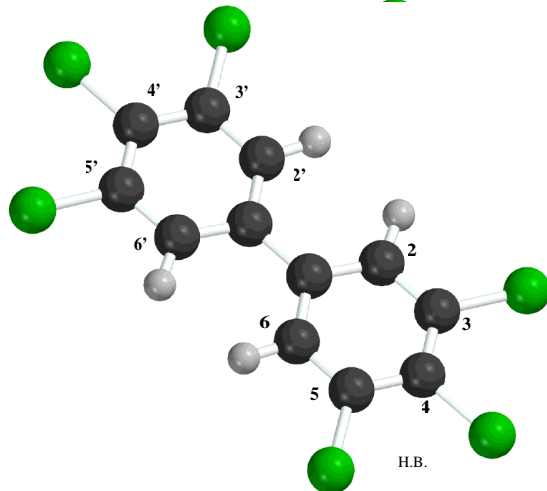
TEF: 0,1



PCBs 13 / 209

3,3',4,4',5,5'-Hexachlorobiphényl

TEF: 0,01



Toxique ? Non toxique ? Beaucoup toxique ? Peu toxique ?
419 ---> 30

Définir un "facteur de toxicité" pour chaque congénère "actif"

PCDD, PCDF, PCB Qu'est-ce que c'est ?	Sources d'émission ? Formation ?	Effets sur la santé ? Action ?	Quantité toxique ? Mesures ? Normes ?
--	-------------------------------------	-----------------------------------	--

Facteur équivalent toxique (TEF)

I. DIOXINES (7)	
2,3,7,8-TCDD	1.0
1,2,3,7,8-PeCDD	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	0.001
II. FURANES (10)	
2,3,7,8-TCDF	0.1
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF	0.001
III. PCBs (13)	
3,3',4,4'-TeCB (PCB 77)	0.0005
2,3,3',4,4'-PeCB (PCB 105)	0.0001
2,3,4,4',5'-PeCB (PCB 114)	0.0005
2,3',4,4',5'-PeCB (PCB 118)	0.0001
2',3,4,4',5'-PeCB (PCB 123)	0.0001
3,3',4,4',5'-PeCB (PCB 126)	0.1
2,3,3',4,4',5'-HxCB (PCB 156)	0.0005
2,3,3',4,4',5'-HxCB (PCB 157)	0.0005
2,3',4,4',5,5'-HxCB (PCB 167)	0.00001
3,3',4,4',5,5'-HxCB (PCB 169)	0.01
2,2',3,3',4,4',5'-HpCB (PCB 170)	0.0001
2,2',3,4,4',5,5'-HpCB (PCB 180)	0.00001
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB (PCB 189)	0.0001

EPA, 10/2/98

==> **International-TEQ** Quantité d'équivalent toxique

PCDD, PCDF, PCB Qu'est-ce que c'est ?	Sources d'émission ? Formation ?	Effets sur la santé ? Action ?	Quantité toxique ? Mesures ? Normes ?
--	-------------------------------------	-----------------------------------	--

- Limites de détection de l'ordre du "ppt" au "ppq"
(partie par trillion, 10^{-18}) (partie par quadrillion, 10^{-24})
- **France**, total des sources d'émission*: ~ **1300 g TEQ / an**
dont installations d'incinération de déchets :
 - Estimation ADEME 400 g TEQ / an
 - Estimation CITEPA 510 g TEQ / an
- **Dose journalière tolérable** par kg de poids corporel
 - CSHPF **1 pg TEQ / j.kg**
(Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France)
Rappel: France, apport par voie alimentaire: ~ **2,3 pg TEQ / j.kg**
 - EPA **0,006 pg TEQ / j.kg**
(Agence gouvernementale USA)

Cimenteries :

- **Mesures à Lafarge-Contes** en sortie de cheminée de four:
 - 2 juin 1999 (avec boues injectées) **3,6 pg TEQ / Nm³**
 - 3 juin 1999 **2,7 pg TEQ / Nm³**
 - Norme : **100 pg TEQ / Nm³**
- **Rapport EPA (USA): les cimenteries qui incinèrent des D.I.S. émettent en moyenne 80 fois plus de dioxines que celles qui ne brûlent pas de D.I.S.**

* Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 22/10/99
Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

Potentiels électrostatiques moléculaires

calculés par méthode *ab-initio* sur deux molécules représentatives, à titre d'exemple (en volts)

