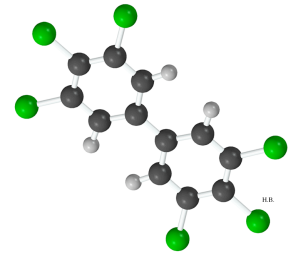
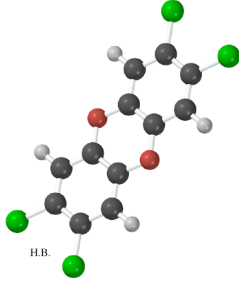


PCDD, PCDF, PCB Qu'est-ce que c'est ?	Sources d'émission ? Formation ?	Effets sur la santé ? Action ?	Quantité toxique ? Mesures ? Normes ?
--	-------------------------------------	-----------------------------------	--



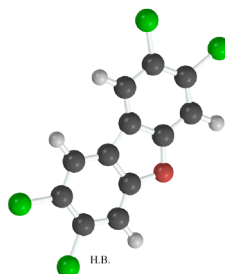
# *Dioxines, Furanes & PCBs*

**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



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

## "Dioxines"

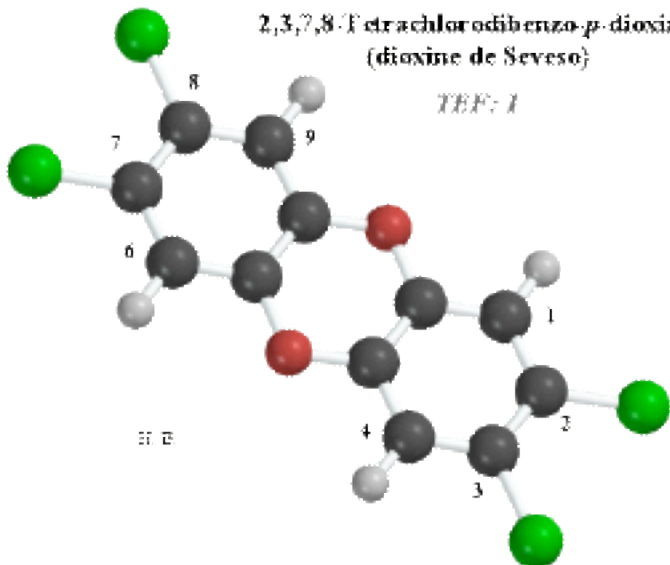
### Composés aromatiques tricycliques chlorés

PolyChloroDibenzoDioxines, PolyChloroDibenzoFuranes auxquels j'ajoute ici les PolyChloroBiphényles

#### PCDD

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

TEF: 1



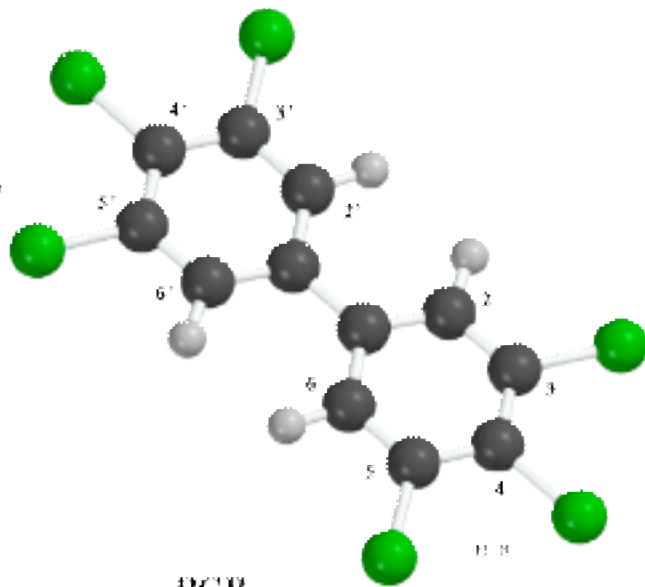
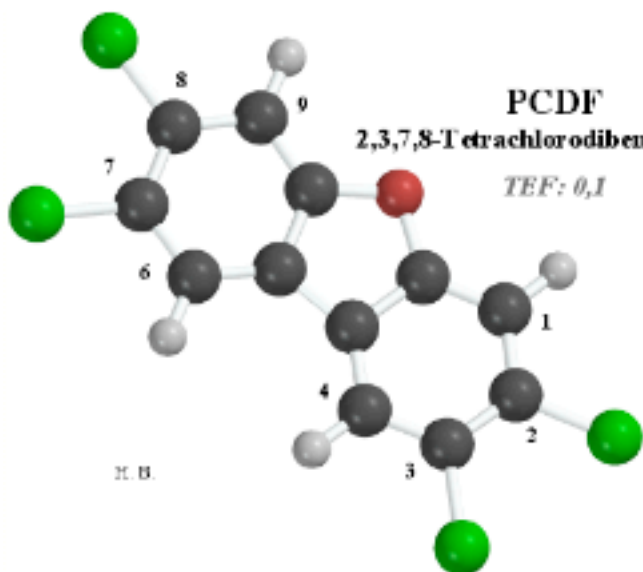
### Dioxines, Furanes & PCBs

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

#### PCDF

2,3,7,8-Tetrachlorodibenzofurane

TEF: 0,1



#### PCB

3,3',4,4',5,5'-Hexachlorobiphényl

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 ?	<b>Sources d'émission ? Formation ?</b>	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 ?	<b>Effets sur la santé ?</b> <b>Action ?</b>	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 masse corporelle ; p = pico = 10<sup>-12</sup>  
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.

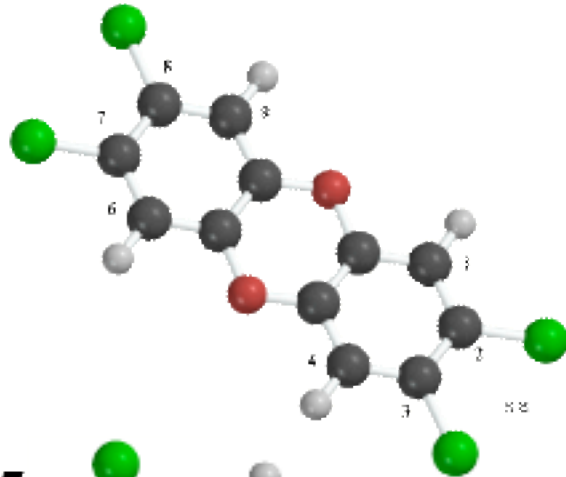
PCDD, PCDF, PCB Qu'est-ce que c'est ?	Sources d'émission ? Formation ?	Effets sur la santé ? Action ?	<b>Quantité toxique ? Mesures ? Normes ?</b>
--	-------------------------------------	-----------------------------------	--

*toxiques / congénères*

## PCDDs 7 / 75

1,2,3,7,8-Tétrachlorodibenz-p-dioxine

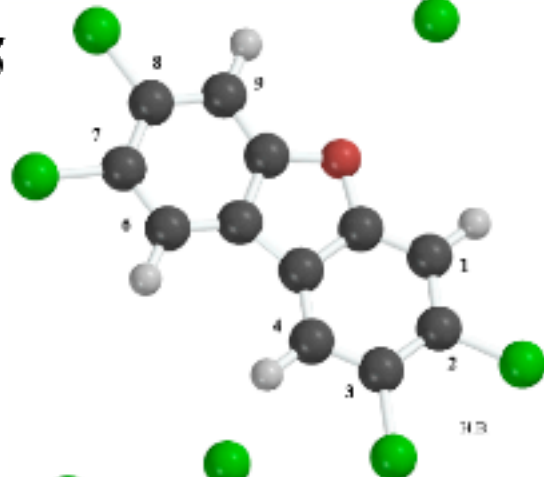
**TEF: 1**



## PCDFs 10 / 135

2,3,7,8-Tétrachlorodibenzofurane

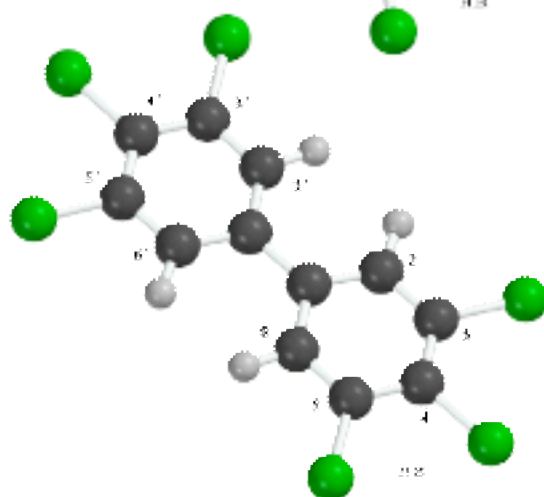
**TEF: 0,1**



## PCBs 13 / 209

3,3',4,4',8,8'-Hexachlorodibiphényl

**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 ?	<b>Quantité toxique ?</b> <b>Mesures ? Normes ?</b>
--	-------------------------------------	-----------------------------------	--

## Facteur équivalent toxique (TEF)

<b>I. DIOXINES (7)</b>	
<b>2,3,7,8-TCDD</b>	<b>1.0</b>
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	<b>0.001</b>
<b>II. FURANES (10)</b>	
2,3,7,8-TCDF	0.1
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05
2,3,4,7,8-PeCDF	<b>0.5</b>
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	<b>0.001</b>
<b>III. PCBs (13)</b>	
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)	<b>0.1</b>
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)	<b>0.00001</b>
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)	<b>0.00001</b>
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 ?	<b>Quantité toxique ?</b> <b>Mesures ? Normes ?</b>
--	-------------------------------------	-----------------------------------	--

- 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 masse corporelle
  - 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 / Nm<sup>3</sup>**
  - 3 juin 1999 **2,7 pg TEQ / Nm<sup>3</sup>**
  - Norme : **100 pg TEQ / Nm<sup>3</sup>**

- **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)

