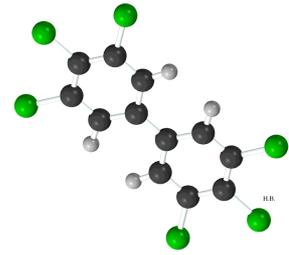
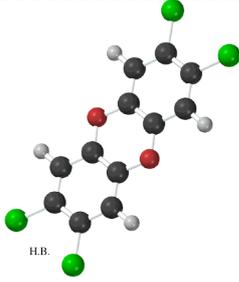


| | | | |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--|
| PCDD, PCDF, PCB Qu'est-ce que c'est ? | Sources d'émission ? Formation ? | Effets sur la santé ? Action ? | Quantité toxique ? Mesures ? Normes ? |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--|



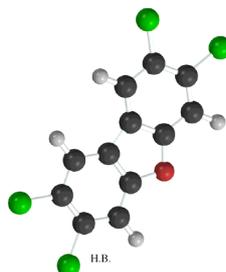
Dioxines, Furanes & PCBs

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"

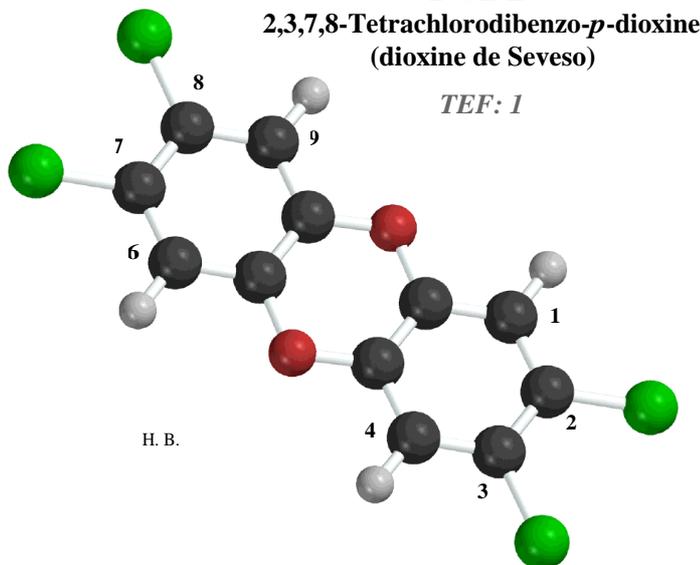
Composés aromatiques tricycliques chlorés

PolyChloroDibenzoDioxines, PolyChloroDibenzoFuranes auxquels j'ajoute ici les PolyChloroBiphényles

PCDD

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

TEF: 1



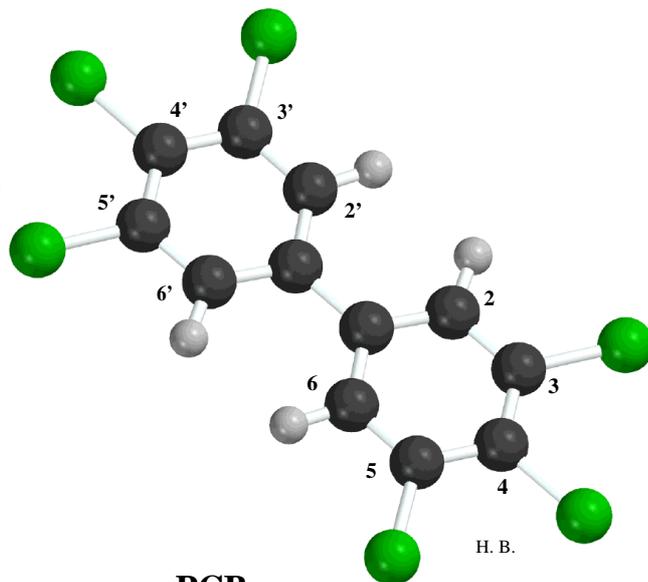
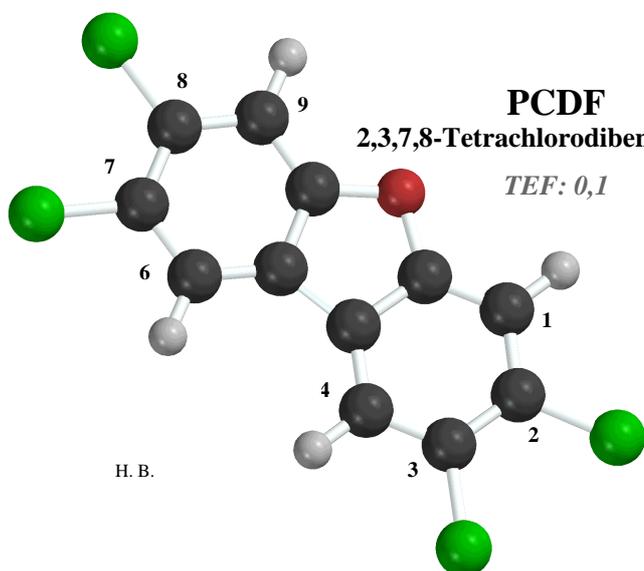
Dioxines, Furanes & PCBs

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.

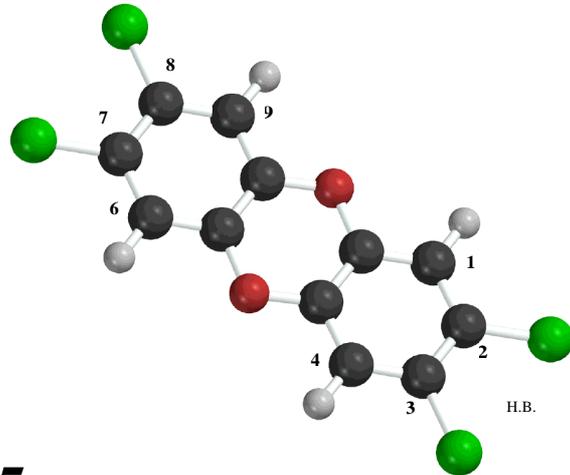
| | | | |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--|
| PCDD, PCDF, PCB Qu'est-ce que c'est ? | Sources d'émission ? Formation ? | Effets sur la santé ? Action ? | Quantité toxique ? Mesures ? Normes ? |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|--|

toxiques / congénères

PCDDs 7 / 75

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

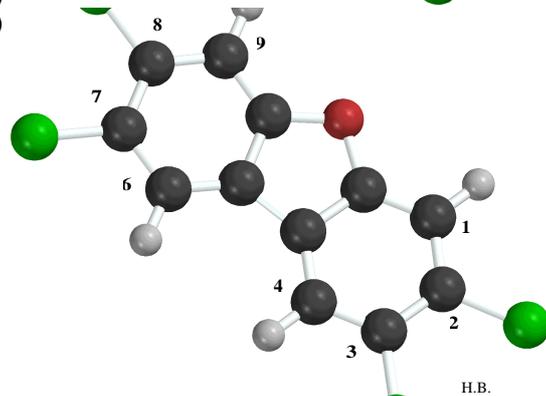
TEF: 1



PCDFs 10 / 135

2,3,7,8-Tetrachlorodibenzofurane

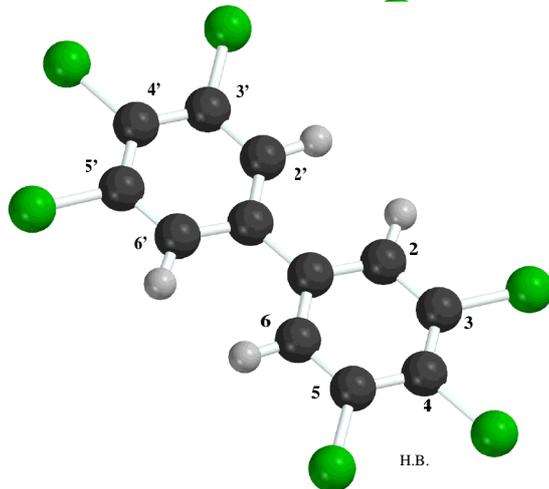
TEF: 0,1



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)

