

# BIOACCUMULATION D'UN POLYCHLOROBIPHENYLE COMMERCIAL DANS UNE CHAÎNE TROPHODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE EN EAU DOUCE

J.-C. CAZIN, J. DEQUIDT, F. ERB, A. BRICE, Ph. COLEIN

---

## RESUME

Ce travail décrit les conditions d'expérimentation d'un polychlorobiphényle commercial sur les différents maillons d'une chaîne alimentaire en eau douce : algues-crustacés-poissons.

Après avoir déterminé les modalités de contamination compatibles avec la croissance normale des organismes végétaux et animaux, les cinétiques de concentration au niveau de chaque espèce, l'association des différents maillons a permis d'apprécier l'importance du transfert biologique du polluant qui apparaît limité, aux environs de 10 ppm, par l'état d'équilibre qui s'installe progressivement dans le milieu aquatique.

## MOTS CLEFS

PCB - Chaîne alimentaire - Algues Crustacés Poissons - Eau douce.

Laboratoires de Pharmacodynamie, Toxicologie et Hydrologie  
Faculté de Pharmacie - Rue du Professeur Laguesse - 59045 LILLE Cedex

## BIOACCUMULATION OF COMMERCIAL POLYCHLOROBIPHENYLE THROUGH AN EXPERIMENTAL FEEDING SEQUENCE IN FRESH WATER

### SUMMARY

This note describes testing conditions of commercial polychlorobiphenyle on various links of feeding sequence in fresh water : seaweed - crustaceous - fish .

Contamination's ways possible with vegetables and animals usual growth and concentration's speed according to each kind of them being definite, gathering the various links let us appreciate that the main point was biological transfer of polluting that seemed to be limited to about 10 ppm, stabilisation being settled by degrees in the aquatic surrounding.

### INTRODUCTION

L'objectif de ce travail, réalisé dans le cadre de la contamination des chaînes biologiques, était d'élaborer au laboratoire un modèle de chaîne trophodynamique : Algues - Crustacés - Poissons visant à reconstituer le plus exactement possible les conditions de vie dans les milieux aquatiques en eau douce.

L'expérimentation a porté sur un polychlorobiphényle : le Pyralène 3010, produit commercial encore utilisé et dont nous avons déjà étudié le comportement analytique (1), la toxicité à court terme chez la truitelle (2), et le devenir métabolique chez le rat (3).

Il était indispensable dans un premier temps :

- d'apprécier la résistance au toxique de différentes espèces d'algues, de crustacés, de poissons que nous nous proposons d'utiliser pour l'élaboration du modèle expérimental.
- de déterminer la cinétique de concentration du Pyralène au niveau de chaque maillon avant de réaliser l'association progressive des trois maillons pour reconstituer la pyramide écologique dans son ensemble et estimer les phénomènes de transfert et de bioconcentration d'un maillon à l'autre.

Au cours des expérimentations, la concentration de l'eau en Pyralène a été arbitrairement fixée à 20 ppb, taux jugé insuffisant pour engendrer un effet nocif quelconque, même chez les espèces végétales les plus sensibles.

La nécessité de maintenir en permanence au laboratoire : cultures d'algues, élevages de crustacés et de poissons est difficile à concilier avec la fragilité de certains organismes aquatiques. Cette considération nous a guidés dans le choix des espèces à retenir pour la réalisation d'une chaîne trophodynamique en eau douce.

### PARTIE EXPERIMENTALE

La réalisation de ce modèle expérimental fait appel à

une algue : *Chlorella Viridis*

un crustacé : *Daphnia Magna*

un poisson : Tanche (*Tinca Tinca* L.)

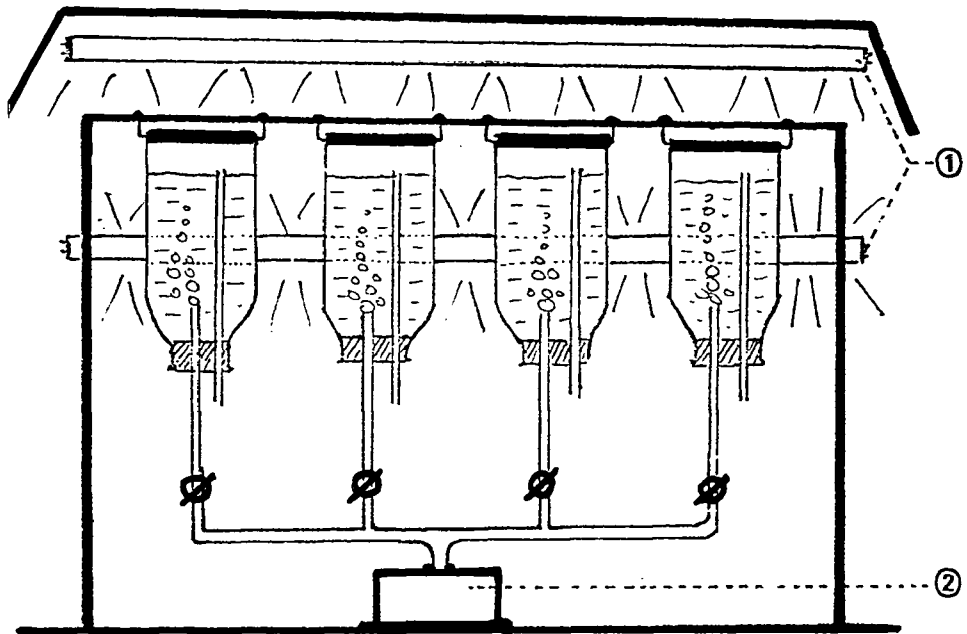
pour lesquels nous décrivons successivement

- les modalités de culture et d'élevage qui ont été mises au point dans nos laboratoires.
- les cinétiques de concentration du Pylalène dans ces différents organismes aquatiques séjournant dans une eau contaminée à 20  $\mu\text{g/litre}$ .
- les phénomènes de transfert biologique du polluant constatés lors de l'association des différents maillons de la chaîne trophodynamique.

#### A - MODALITES DE CULTURE ET D'ELEVAGE (4)

##### 1) Chlorelles

Les chlorelles sont des algues d'eau douce que l'on cultive selon la technique de PERSOONE (5), sous lumière artificielle intense et bullage d'air constant, en milieu nutritif (voir annexe) artificiellement contaminé par le Pylalène à la concentration de 20 ppb. Les cultures sont réalisées à partir d'inoculum, en batterie de flacons (fig. 1) pour l'entretien de la souche, ou en bac de 40 litres pour une production plus importante. Il est nécessaire de réajuster la concentration en Pylalène dans le milieu par des ajouts effectués tous les deux ou trois jours, de façon à compenser la fixation sur les parois et la bioconcentration.



① Tubes fluorescents

② Pompe d'oxygénation

Figure I - Culture d'algues

## 2) Daphnies

Les daphnies de souche commune sont maintenues en aquarium dans une eau de dureté 20° TH, additionnée de Pyralène (20 ppb), constamment aérée par un léger bullage, relativement fraîche (température de 20° C) et éclairée par un tube néon douze heures sur vingt-quatre. Leur nourriture est constituée par l'apport continu en goutte à goutte (250 ml en 24 h) d'une culture de chlorelles non intoxiquées.

## 3) Tanches

Le maintien en survie au laboratoire de poissons tels que les truites exige un dispositif complexe d'aération, de refroidissement, de filtration de l'eau en aquarium, déjà décrit (2), ainsi qu'un ajout de NaCl (6 g‰) pour éviter l'apparition de mycoses.

La mortalité importante intervenant malgré ces précautions dans les élevages nous a conduits à préférer un poisson moins fragile : la tanche qui nous a été aimablement fournie par la Pisciculture du Paraclet. Cette espèce beaucoup plus résistante est maintenue sans difficulté en aquarium, dans une eau aérée, contaminée régulièrement par le Pyralène (20 ppb), de dureté 20° TH, à une température de 15 à 20° C.

## B - CINÉTIQUES DE CONCENTRATION DU PYRALÈNE DANS LES ORGANISMES AQUATIQUES (6)

### 1) Chlorelles

L'accumulation a été étudiée à partir d'une batterie de 10 flacons contenant chacun 500 ml de culture d'algues dans un milieu nutritif décrit en annexe et contenant 20 µg/l de Pyralène.

Un flacon est prélevé chaque jour afin de doser le Pyralène fixé par les algues et celui demeurant dans le milieu aquatique. Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Temps en jours	0	1	2	4	7	9
Teneur en PCB de l'eau (ppb)	20	5	1	+ 20	+ 20	+ 20
Teneur en PCB des algues (ppb)	0	489	523	519	506	538

La courbe d'accumulation (fig. II) fait apparaître, dès le deuxième jour, un palier se situant aux environs de 500 ppb et se maintenant jusqu'à dégénérescence de la culture.

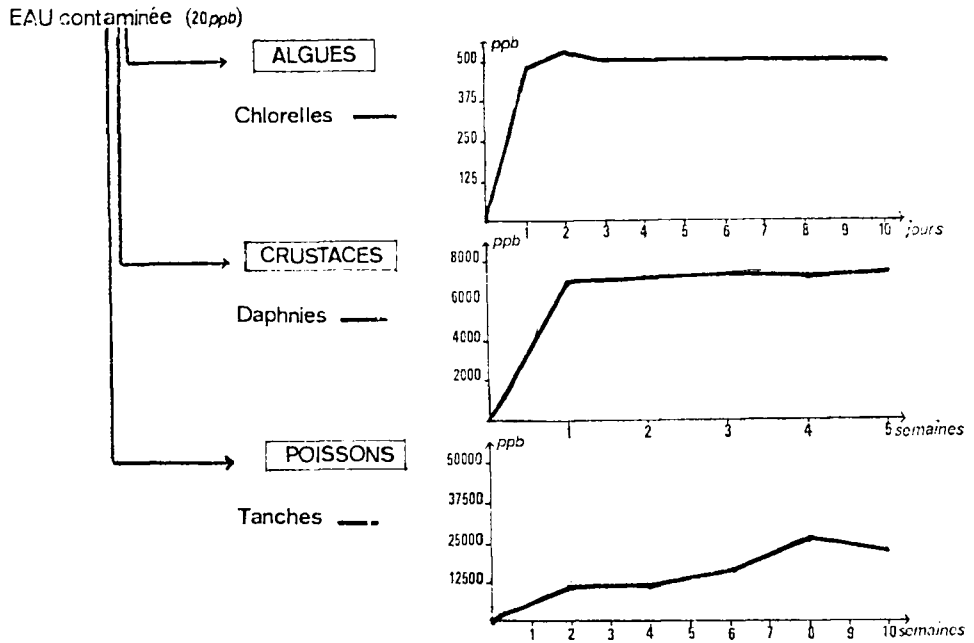


Figure II - Cinétique de concentration du Pyralène

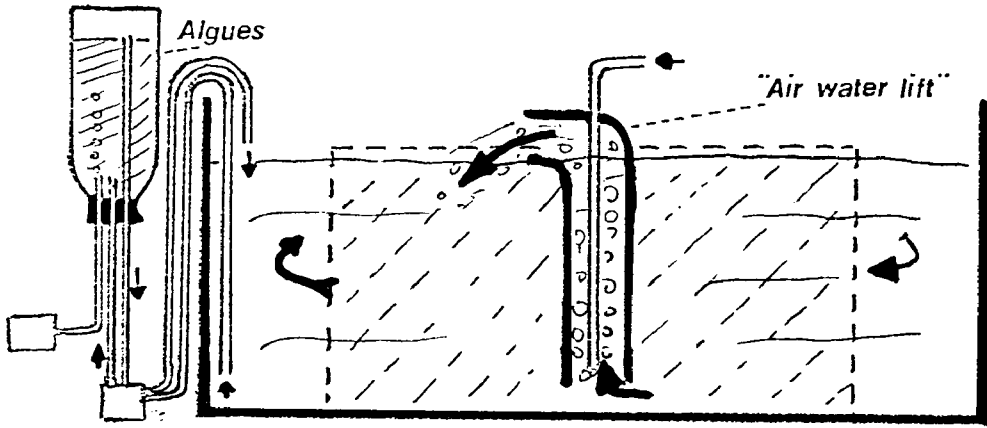
L'addition systématique du Pyralène tous les deux ou trois jours pour compenser la bioconcentration et surtout le phénomène de fixation sur les parois ne modifie pas l'allure de la courbe. Il semble donc qu'une intoxication de deux jours suffise pour atteindre le plateau de concentration.

## 2) Daphnies

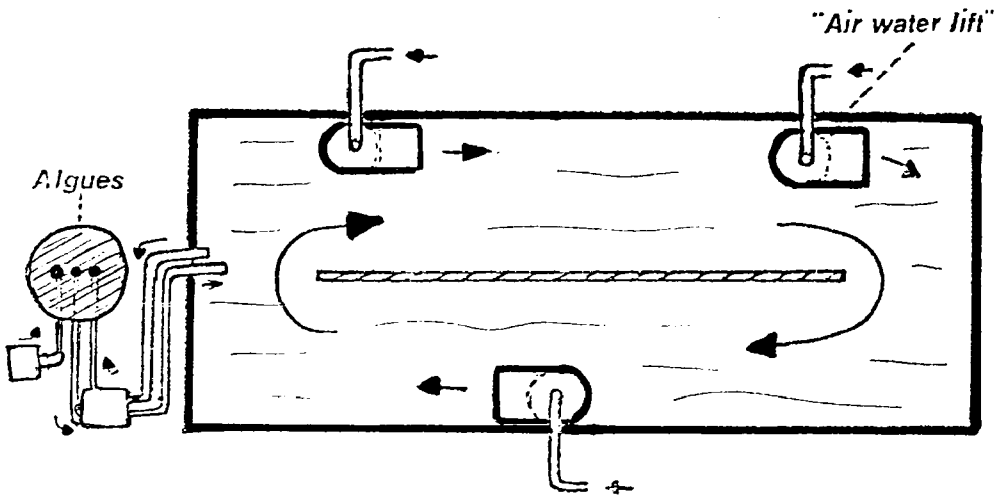
L'accumulation est observée sur un élevage de daphnies en aquarium, au moyen de prélèvements réguliers de 500 ml d'eau contenant environ 0,5 g de daphnies vivantes, avec apport régulier de Pyralène pour maintenir la concentration de l'eau à 20  $\mu\text{g/l}$  de Pyralène (fig. III).

Temps en jours	2	5	8	15	20	28	35
Teneur (ppb) en Pyralène ds les Daphnies	2965	6477	7059	7165	7379	7171	7583

La concentration des daphnies en Pyralène se stabilise aux environs de 7 000 ppb entre les cinquième et huitième jours et se maintient pendant les semaines suivantes (fig. II).



Coupe verticale



Coupe horizontale

Figure III - Bac d'élevage de crustacés

### 3) Tanches

L'accumulation est étudiée sur un élevage de tanches maintenu en aquarium pendant 10 semaines, avec prélèvement d'un poisson tous les quinze jours.

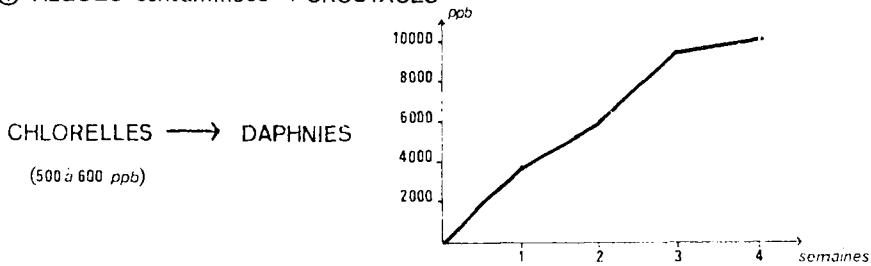
L'analyse a porté d'une part sur la chair du poisson, d'autre part sur le tube digestif isolé pour apprécier la quantité de Pyralène réellement assimilée.

Temps en semaines	S <sub>2</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>8</sub>	S <sub>10</sub>
Concentration dans la chair (ppb)	10933	9369	13130	24774	21820
Concentration dans le tube digestif (ppb)	51941	34347	60474	46880	60399

Les tanches supportent beaucoup mieux le Pyralène que les truitelles : l'accumulation se fait très progressivement et atteint à la dixième semaine une concentration de l'ordre de 25 ppm sans aucune mortalité de l'élevage (fig. II).

### C - TRANSFERT BIOLOGIQUE DU PYRALÈNE DANS LES DIFFÉRENTS MAILLONS DE LA CHAÎNE

#### ① ALGUES contaminées → CRUSTACES



#### ② CRUSTACES contaminés → POISSONS

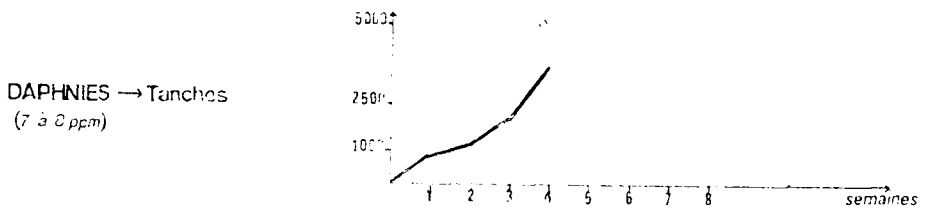


Figure IV - Transfert biologique du Pyralène

### 1) Chlorelles contaminées → Daphnies (fig. IV)

L'expérience précédente a permis de fixer à deux jours le délai nécessaire à l'obtention du plateau de concentration en Pyralène 3010 chez les chlorelles (environ 500 ppb).

Les daphnies en aquarium sont donc nourries quotidiennement par des algues intoxiquées à raison de 250 ml de suspension par jour. Les résultats des dosages effectués dans les conditions précédemment décrites sont rapportés dans le tableau suivant :

Temps en jours	1	2	4	7	9	11	14	21	28
Teneur (ppb) en Pyralène dans les daphnies	500	1558	3172	3722	5542	6145	7014	8500	9913

On remarque la très nette augmentation de la concentration en Pyralène dans les daphnies au cours des quatorze premiers jours d'intoxication. La teneur en Pyralène augmente ensuite beaucoup plus modérément et plafonne aux environs de 10 000 ppb tandis qu'on note l'apparition de formes de résistance qui nuisent à la reproduction normale de l'élevage.

On peut donc considérer qu'après deux semaines d'intoxication, la teneur de Pyralène dans les daphnies est suffisante pour qu'elles puissent être données comme nourriture aux tanches constituant le dernier stade de la chaîne trophodynamique.

### 2) Crustacés contaminés → Poissons (fig. IV)

Les expériences précédentes ont montré :

- que le délai de deux jours était suffisant pour atteindre un plateau de concentration en PCB (500 ppb) chez les chlorelles placées dans un milieu nutritif renfermant 20 ppb de Pyralène 3010.
- que nourries par ces algues, les daphnies fixaient et concentraient progressivement les PCB pour atteindre un premier maximum de concentration vers le quatorzième jour (7 000 ppb).

L'expérience de la bioconcentration a été réalisée sur quatre tanches d'un poids moyen de 25 g auxquelles on a donné en nourriture journalière une quantité de daphnies intoxiquées correspondant à 3 % de leur poids.



Les dosages effectués chaque semaine sur la chair des tanches sont regroupés sur le tableau ci-dessous :

Durée d'intoxication en semaines	1	2	3	4
Teneur en PCB de la chair de la tanche (ppb)	539	978	989	3307

La difficulté qu'on éprouve à alimenter les poissons en quantité suffisante, uniquement à l'aide de ces crustacés, nous a obligés à compléter l'alimentation des tanches par des vers de terre pour les maintenir en vie et ceci explique les chiffres moyens obtenus dans cette expérimentation.

Les résultats de cette expérimentation limitée dans le temps laissent penser que la bioconcentration très progressive ne devrait pas dépasser 10 ppm en raison de l'alimentation par des quantités limitées de daphnies.

Selon la littérature d'ailleurs, on peut supposer l'installation progressive d'un état d'équilibre dans les milieux aquatiques en fonction de la bioaccumulation mais aussi de l'élimination naturelle des produits intégrés.

## CONCLUSION

L'ensemble de ces résultats nous amène à des conclusions plutôt rassurantes quant à la toxicité des PCB dont la diffusion dans notre environnement subsistera pour un certain nombre d'années encore.

Par contre, on peut redouter l'effet inhibiteur que pourraient manifester les PCB sur l'ovulogénèse et la spermatogénèse chez la truite (travaux en cours au laboratoire) et qui pourrait alors perturber la reproduction normale des espèces aquatiques.

C'est un aspect qu'il conviendra d'approfondir car il peut avoir d'importantes répercussions en pisciculture où l'utilisation de bacs en matière plastique est chose courante.

L'intérêt essentiel de ce travail consiste en la mise au point d'une chaîne trophodynamique en laboratoire.

Ceci représente un modèle expérimental : instrument de travail relativement difficile à mettre en œuvre et à maintenir en bon état de fonctionnement, mais qui devrait constituer un précieux moyen d'étude pour les toxiques cumulatifs et leurs éventuels produits de transformation au contact de quelques maillons constitutifs des pyramides écologiques.

**ANNEXE**

**MILIEU DE CULTURE POUR CHLORELLES**

**1 - Préparation de la solution d'oligo-éléments I**

— CuSO <sub>4</sub> , 5H <sub>2</sub> O .....	0,3 mg
— (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> , 4H <sub>2</sub> O .....	0,6 mg
— ZnSO <sub>4</sub> , 7 H <sub>2</sub> O .....	0,6 mg
— CoCl <sub>2</sub> , 6H <sub>2</sub> O .....	0,6 mg
— Mn (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 4 H <sub>2</sub> O .....	0,6 mg
— C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> , H <sub>2</sub> O (acide citrique) .....	0,6 mg
— H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> .....	0,6 mg
— Eau bidistillée .....	10 ml

**2 - Préparation de la solution d'oligo-éléments II**

— Citrate de fer .....	16,25 mg
— Sulfate de fer .....	6,25 mg
— Perchlorure de fer .....	6,25 mg
— Eau bidistillée .....	10 ml

**3 - Préparation du milieu nutritif « L.C. Oligo »**

— Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , 4 H <sub>2</sub> O .....	40 mg
— KNO <sub>3</sub> .....	100 mg
— MgSO <sub>4</sub> , 7 H <sub>2</sub> O .....	30 mg
— K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> .....	40 mg
— Solution oligo-éléments I .....	0,5 ml
— Solution oligo-éléments II .....	0,5 ml
— Eau bidistillée Q.S.P. ....	1 000 ml

Autoclave 120° C pendant 20 minutes, pH 7 ± 0,1

### BIBLIOGRAPHIE

- DEQUIDT J., ERB F., VAN AERDE Ch. Méthodes de détermination des polychlorobiphényles dans les milieux biologiques. Bull. Soc. Ph. Lille, 1975, n° 2-3, 149-156.
- DEQUIDT J., ERB F., CAZIN J.C., POMMERY J. Toxicité à court terme du Pylalène 3010 chez la truitelle. Bull. Fr. Pisciculture, 1977, n° 264, 82-87.
- DEQUIDT J., ERB F., POMMERY J., COLEIN Ph. Evolution et transformation dans l'organisme animal de quelques polychlorobiphényles à l'état pur. Contribution à l'étude d'un produit commercial. J. Europ. Toxicol., (sous presse)
- DEQUIDT J., ERB F., CAZIN J.C., DIVE D., GOUDALIEZ F., COLEIN Ph. Essais de bioaccumulation et de transfert de polychlorobiphényles dans les éléments d'une chaîne trophodynamique en eau douce. Tribune Cebedeau, 1977, 30, n° 403-404, 277-284.
- PERSOONE G., BENIITS CLAUS C. La toxicité de trois herbicides sur l'écosystème aquatique. Tribune Cebedeau, 1975, 383, 340-347.
- ERB F., DEQUIDT J., CAZIN J.C., BRICE A., DIVE D., COLEIN Ph. Quelques aspects de l'étude des polychlorobiphényles dans l'eau et les systèmes aquatiques. Techn. Sc. Munic., 1978, n° 3, 117-123.