

Organochlorés
Mammifères marins
Organochlorines
Marine mammals

Teneurs en composés organochlorés chez les Cétacés et Pinnipèdes fréquentant les côtes françaises

Cl. Alzieu ^a, R. Duguy ^b

^a Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, B.P. n° 1049, 44037 Nantes Cedex, France.

^b Centre d'Étude des Mammifères Marins, 28, rue Albert-I^{er}, 17000 La Rochelle, France.

Reçu le 12/6/78, révisé le 20/9/78, accepté le 20/10/78.

RÉSUMÉ

Des déterminations des teneurs en PCB, DDT, DDE et DDD, ont été effectuées dans le lard, les muscles, le foie, le rein et l'estomac de 87 Mammifères marins, la plupart échoués sur les côtes françaises de la Méditerranée et de l'Atlantique. Les prélèvements ont été réalisés sur 80 Cétacés Odontocètes (75 *Delphinidae*, 2 *Physeteridae*, 3 *Hyperoodontidae*), 3 Cétacés Mysticètes (*Balaenopteridae*) et 4 Pinnipèdes (*Phocidae*). Des teneurs extrêmement élevées en PCB ont été rencontrées dans le lard d'un jeune globicéphale *Globicephala melaena* (840 mg/kg de lipides) et d'un dauphin bleu et blanc *Stenella coeruleoalba* (833 mg/kg de lipides). De façon générale les résultats montrent que la contamination par les PCB et le DDE varie très largement en fonction du régime alimentaire, de l'âge et suivant que les individus se sont échoués en Atlantique ou en Méditerranée.

Les Odontocètes ichtyophages et plus particulièrement les dauphins *Stenella coeruleoalba* et *Delphinus delphis* sont plus contaminés que les espèces partiellement ichtyophages et teutophages. Les teneurs les plus faibles ont été décelées chez les Mysticètes, vraisemblablement en raison de la contamination peu élevée du plancton qui constitue la base de leur nourriture. Dans l'ensemble, les animaux immatures sont plus contaminés que les adultes de la même espèce. Les teneurs en organochlorés trouvées dans les fœtus sont importantes et souvent du même ordre de grandeur que celles des organes maternels. Il n'existe pas de relation étroite entre les teneurs en PCB et les lésions pathologiques observées à l'autopsie, mais certaines observations laissent penser que la santé des dauphins pourrait être menacée quand la concentration en PCB dépasse dans le foie la valeur de 20 mg/kg de tissu lyophilisé.

Oceanol. Acta, 1979, 2, 1, 107-120.

ABSTRACT

Organochlorine compounds levels in Cetaceans and Pinnipedia living along the french coasts

The accumulation levels of PCB, DDT, DDE, and DDD were determined in samples from the blubber, muscles, liver, kidney and stomach of 87 marine mammals, most of which had been found stranded on the Atlantic and Mediterranean French coasts. Sampling covered 80 Cetacea Odontoceti (75 *Delphinidae*, 2 *Physeteridae*, 3 *Hyperoodontidae*), 3 Cetacea Mysticeti (*Balaenopteridae*), and 4 Pinnipedia (*Phocidae*). Very high levels of PCB were found in the blubber from an immature pilot whale, *Globicephala melaena* (840 mg/kg of lipids) and from striped dolphin, *Stenella coeruleoalba* (833 mg/kg

of lipids). In general, the results indicated considerable variations in concentrations of PCB and DDE according to the diet, age and location (Atlantic or Mediterranean) of the specimens examined.

Ichthyophagous Odontoceti, and *Stenella coeruleoalba* and *Delphinus delphis* in particular, showed a higher degree of contamination than teuthophagous Odontoceti species. Lower levels of contamination were found in the Mysticeti; this is most probably due to the low contamination of zooplankton, their basic food. As a general rule, immature specimens appeared to be more contaminated than adults. Organochlorine content in the foetus was found to be important and was frequently at the same level as that detected in maternal organs. There is no close relation between PCB level and pathological features of the organs, but certain observations suggest that the health of the dolphin may be endangered if PCB level in the liver exceeds 20 mg/kg of lyophilised tissue.

Oceanol. Acta, 1979, 2, 1, 107-120.

INTRODUCTION

Les Cétacés trouvés échoués sur les côtes ont de tout temps constitué une source de première importance pour la collecte des données biologiques sur ces animaux marins. Mais on peut constater que, si les observations ont été largement exploitées dans le domaine de l'anatomie et de la répartition des espèces, peu de recherches ont été réalisées en ce qui concerne la pathologie des Mammifères marins vivant dans le milieu naturel.

L'exploitation systématique des échouages de Cétacés sur les côtes de France, entreprise depuis 1972 par le Centre d'Étude des Mammifères Marins, a permis de consacrer une partie du programme à l'étude des facteurs de mortalité (Duguay, Toussaint, 1977). De ce point de vue, il est apparu que certaines espèces soulevaient un problème particulier : c'est le cas des populations de marsouins (*Phocoena phocoena*) (fig. 1) dont la diminution rapide depuis les années 50, en France ainsi que sur la majorité des côtes européennes, n'est pas explicable par une pression de chasse, et laisse supposer une baisse de fécondité.

L'accumulation dans les organismes marins de certains micropolluants, métaux lourds, composés organochlorés, peut avoir des effets néfastes sur la vie des espèces situées en fin de chaîne alimentaire, comme les Mammifères. Ceci nous a incité à entreprendre des recherches pour connaître le niveau de contamination des Cétacés et Pinnipèdes qui fréquentent nos côtes, et tenter d'établir des relations entre les teneurs accumulées et les lésions observées à l'autopsie.

Les résultats que nous présentons ici concernent la contamination des Cétacés et Pinnipèdes des côtes françaises par les diphenylpolychlorés ou polychloro-

biphényles (PCB), le DDT et ses deux dérivés : DDE, DDD. La présence dans les organismes vivants de ces substances qui n'existent pas à l'état naturel, est révélatrice de la pollution du milieu marin par certaines activités humaines : industrie, traitements agricoles.

MÉTHODES

Échantillonnage

Les prélèvements ont été assurés par le réseau de collecte mis en place par le Centre d'Étude des Mammifères Marins du Muséum national d'Histoire naturelle. Ils ont

Figure 1
Jeune femelle de marsouin, *Phocoena phocoena* (Linné, 1758).
Subadult female of *Phocoena phocoena* (Linné, 1758).



porté sur sept individus capturés vivants et 80 échoués sur les côtes françaises entre le 1^{er} avril 1972 et le 31 décembre 1977.

Rappelons que les Mammifères marins comprennent les Cétacés et les Pinnipèdes. Les Cétacés se divisent en deux sous-ordres, les Odontocètes et les Mysticètes qui se distinguent par la présence de dents ou de fanons.

La collection qui s'est trouvée ainsi constituée comprend surtout des Odontocètes :

Delphinidés :

Stenella coeruleoalba (Meyen, 1833) ou dauphin bleu et blanc (27 spécimens),

Delphinus delphis Linné, 1758 ou dauphin commun (20 spécimens),

Globicephala melaena (Traill, 1809) ou globicéphale noir (14 spécimens),

Grampus griseus (G. Cuvier, 1812) ou dauphin de Risso (6 spécimens),

Tursiops truncatus (Montagu, 1821) ou grand dauphin (ou souffleur) (5 spécimens),

Phocoena phocoena (Linné, 1758) ou marsouin (3 spécimens);

Physeteridés :

Physeter macrocephalus (= *catodon*) Linné, 1758 ou cachalot (2 spécimens);

Hyperoodontidés :

Mesoplodon bidens (Sowerby, 1804) (1 spécimen),

Ziphius cavirostris (G. Cuvier, 1823) (2 spécimens).

Chez les Mysticètes il n'y a eu que trois spécimens de Balaenoptéridés : deux *Balaenoptera physalus* (Linné, 1758) et un *Balaenoptera acutorostrata* Lacépède, 1840, chez les Pinnipèdes quatre phoques gris *Halichoerus grypus* (Fabricius, 1791) de la famille des Phocidés.

65 % des animaux inventoriés (46 mâles et 41 femelles) avaient atteint la maturité sexuelle. L'âge des individus les plus jeunes a été estimé être de quelques mois. De plus, deux fœtus ont été recueillis, un sur *Delphinus delphis* et un sur *Phocoena phocoena* échoués en décembre 1977 sur les côtes de l'Atlantique; le foie et le rein ont pu être prélevés dans un bon état de conservation.

Des prélèvements ont été effectués sur le foie (72), les muscles (71), le rein (69), l'estomac (51), le lard (40), la rate (25) et dans quelques cas sur les organes génitaux et le sang.

Les échantillons ont été conservés congelés à -20°C dans des bocaux en verre ou enveloppés dans une feuille d'aluminium et placés dans un sac en polyéthylène hermétiquement clos.

Techniques d'analyse

Tout d'abord l'échantillon a été homogénéisé. Les prises d'essai sur tissu homogénéisé ont été de 2 à 5 g de graisse ou de lard, de 10 g pour les autres tissus. Elles ont été lyophilisées et soumises à une extraction en continu pendant 8 heures par du *n*-hexane qualité « Pestipur » (SDS) dans un appareil d'extraction solide-liquide du type Soxhlet. Les teneurs en lipides extractibles par le *n*-hexane sont obtenues par pesée du résidu après

évaporation du solvant. La teneur en eau a été déterminée par pesée au moment de la lyophilisation.

Après élimination des graisses dans l'extrait hexanique par précipitation à l'acide sulfurique concentré, les polychlorobiphényles sont séparés du DDT par chromatographie de partage sur une colonne de gel de silice suivant la technique de Holden et Marsden (1969). Les constituants contenus dans les-deux fractions d'élu-tion sont ensuite identifiés et dosés par chromatographie en phase gazeuse. L'appareil est doté d'un détecteur à capture d'électrons. La colonne de verre longue de 1,50 m (Ø intérieur 4 mm) est remplie de chromosorb WHP, AW, DMCS 80-90 mesh imprégné à 3 % de silicone OV1. Les températures du four, du détecteur et de l'injecteur sont fixées respectivement à 199, 210 et 275°C. Le détail des conditions opératoires, ainsi que les temps de rétention de divers résidus par rapport à l'aldrine et la méthode de quantification des PCB ont été indiqués par Alzieu (1976).

L'identification et l'évaluation quantitative des résidus organochlorés ont été limitées aux composés suivants :

– polychlorobiphényles (PCB) exprimés en phéno-chlor DP6;

– *pp'* DDT : 1,1,1-trichloro-2,2-bis (*p*-chlorphényl) éthane;

– *pp'* DDE : 1,1-dichloro-2,2-bis (*p*-chlorphényl) éthylène;

– *pp'* DDD : 1,1-dichloro-2,2-bis (*p*-chlorphényl) éthane.

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Les concentrations en composés organochlorés ont été calculées à la fois par rapport à la chair lyophilisée et par rapport aux lipides extractibles par le *n*-hexane. Nous avons adopté ce mode d'expression parce qu'il permet une comparaison entre les organes. Par ailleurs tous les échantillons n'ayant pu être analysés dès réception, certains d'entre eux ont subi un stockage prolongé qui a eu pour résultat d'abaisser leur teneur en eau. Faute de connaître les pertes en eau par cryodessiccation, variables suivant les échantillons, l'origine des tissus et la durée de stockage en chambre froide, il a paru préférable de s'en tenir à l'expression par rapport à la matière lyophilisée et aux lipides.

Les concentrations par rapport à la chair humide, calculées à partir des teneurs en eaux des échantillons au moment de l'analyse, permettent cependant de comparer l'ordre de grandeur des résultats par rapport à ceux indiqués dans la bibliographie.

Contamination des Odontocètes

Tous les échantillons de Cétacés contiennent des PCB à des concentrations supérieures à celles des composés du groupe du DDT. Parmi les dérivés du DDT, le DDE se trouve toujours à une teneur supérieure à celle du DDT et du DDD. Ceci montre que chez les Mammifères marins comme chez leurs homologues terrestres, le DDT est transformé essentiellement en DDE, alors que le DDD constitue un résidu secondaire.

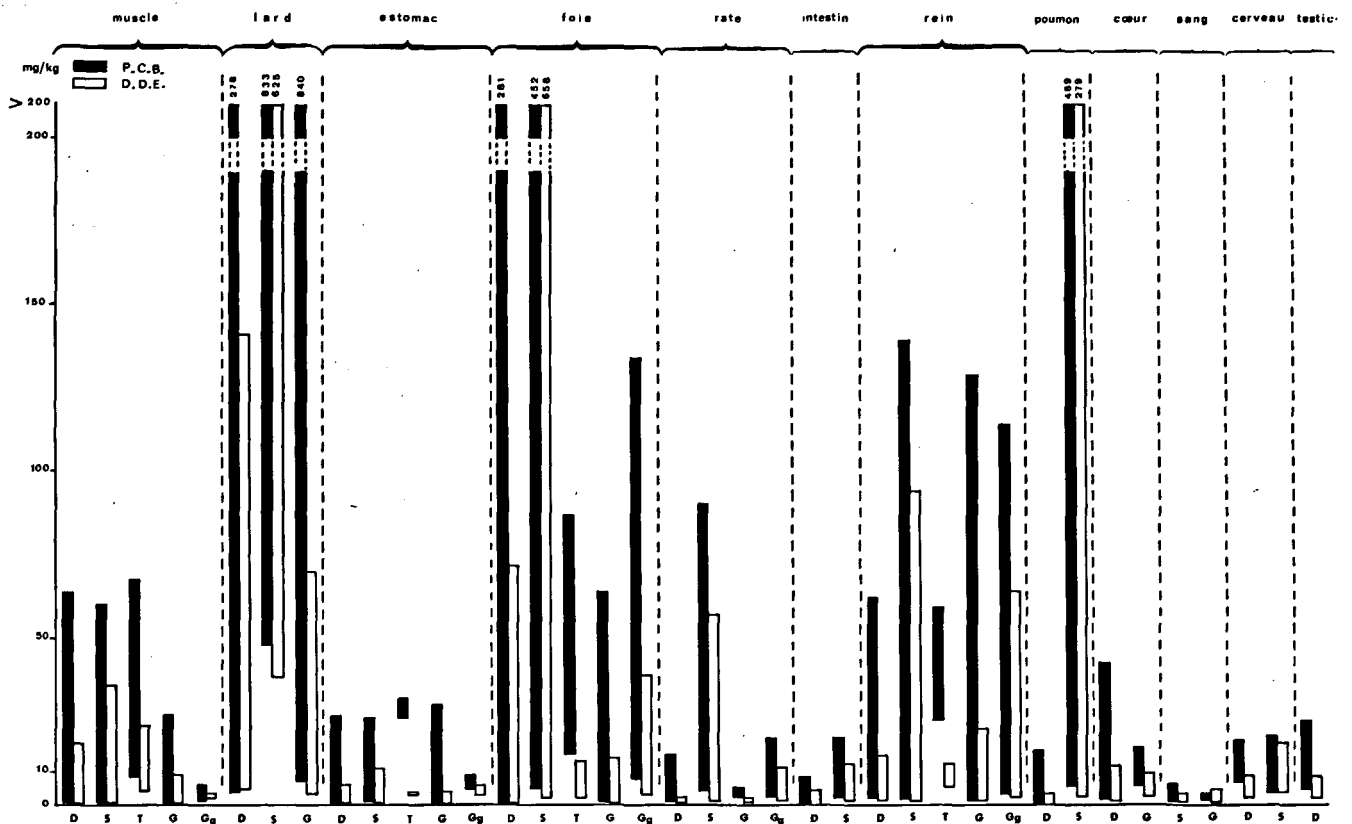


Figure 2
Intervalle de variation des teneurs en diphénylpolychlorés (PCB) dans le lard (mg/kg de lipides) et les organes (mg/kg de lyophilisat) de *D. delphis* (D.), *S. coeruleoalba* (S.), *T. truncatus* (T.), *G. melaena* (G.) et *G. griseus* (G_g).

Variations in the level of diphenylpolychlorines (PCB) in the blubber (mg/kg of lipids) and organs (mg/kg lyophilisated tissue) of *D. delphis* (D.), *S. coeruleoalba* (S.), *T. truncatus* (T.), *G. melaena* (G.), and *G. griseus* (G_g).

Intervalle de variation des concentrations

Les intervalles de variation des teneurs en PCB et DDE dans divers organes de Delphinidés (fig. 2) montrent que les quantités accumulées peuvent être très importantes. Elles se répartissent différemment suivant les organes, et pour une même espèce les teneurs dans un organe déterminé varient notablement suivant les individus.

Des concentrations extrêmement élevées en PCB ont été rencontrées chez certains spécimens dans :

- le lard : 840 et 833 mg/kg de lipides respectivement chez un jeune globicéphale (mâle, 4,20 m) échoué en rivière d'Auray, (Morbihan, 12/10/1977) et un dauphin bleu et blanc immature (mâle, 1,73 m) échoué au Grau-du-Roi (Gard, 6/10/1977);

- le foie : 452 mg/kg de tissu lyophilisé chez un dauphin bleu et blanc nouveau-né (10 kg) échoué à Hyères (Var, 1/10/1976);

- les poumons : 489 mg/kg de tissu lyophilisé chez le même bébé dauphin.

La contamination de ces animaux est très remarquable puisqu'ils présentent aussi les teneurs en DDE les plus élevées de tout notre échantillonnage :

- 625 mg/kg de lipides dans le lard du dauphin au Grau-du-Roi;

- 658 mg/kg de chair lyophilisée dans le foie d'un dauphin bleu et blanc immature (femelle, 1,53 m) échoué à Port-Cros (Var, 9/03/1977);

- 279 mg/kg de tissu lyophilisé dans les poumons du bébé dauphin échoué à Hyères.

Ces teneurs en PCB sont du même ordre de grandeur que celles trouvées par Vicente et Chabert (1978) dans le tissu graisseux d'un dauphin commun échoué en Méditerranée. Elles sont cependant très supérieures à celles habituellement rencontrées dans le lard des Delphinidés : Koeman *et al.* (1972) indiquent moins de 4,8 ppm par rapport au poids humide dans quatre échantillons de dauphin commun, Taruski *et al.* (1975) 114 et 42 ppm chez deux globicéphales noirs, 69 et 39 ppm dans deux échantillons de dauphin bleu et blanc et 69 ppm chez un dauphin commun. Ces derniers auteurs ont également signalé une concentration très élevée de DDE (878 ppm par rapport au poids humide) dans le lard d'un lagénorhynque du Pacifique *Lagenorhynchus obliquidens* (Pacific white-sided dolphin).

Tableau 1

Rapports entre teneurs maximales et minimales de PCB et DDE dans le lard, le foie et le muscle des Delphinidés.
Comparison between maximum and minimum levels of PCB and DDE in blubber, liver and muscle tissue of Delphinidae.

| Espèces | Teneur max. | | | |
|------------------------------|-------------|------|------|--------|
| | Teneur min. | Lard | Foie | Muscle |
| <i>Delphinus delphis</i> | PCB | 70 | 560 | 160 |
| | DDE | 28 | 143 | 102 |
| <i>Stenella coeruleoalba</i> | PCB | 16 | 84 | 72 |
| | DDE | 16 | 286 | 60 |
| <i>Globicephala melaena</i> | PCB | 120 | 81 | 81 |
| | DDE | 17 | 60 | 66 |

Tableau 2

Concentration moyenne (\bar{c}), écart-type $\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N (C_i - \bar{c})^2 / (N-1)}$ et somme des teneurs moyennes en DDT, DDE et DDD dans divers organes de Delphinidés.

Average concentration (\bar{c}), standard deviation $\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N (C_i - \bar{c})^2 / (N-1)}$ and average levels of DDT, DDE and DDD in various tissue samples from Delphinidae.

| Organe | Espèce | N | Milligrammes par kilogramme de tissu lyophilisé | | | | | | | | ΣDDT total |
|---------|------------------------|----|-------------------------------------------------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------------|
| | | | PCB | | DDT | | DDE | | DDD | | |
| | | | c | σ | c | σ | c | σ | c | σ | |
| Lard | <i>D. delphis</i> | 12 | 122,9 | 91,1 | 19,6 | 19,0 | 45,6 | 39,4 | 8,3 | 5,8 | 73,5 |
| | <i>S. coeruleoalba</i> | 8 | 266,9 | 250,7 | 70,9 | 68,7 | 248,0 | 218,6 | 25,3 | 15,6 | 344,2 |
| | <i>G. melaena</i> | 7 | 189,0 | 298,0 | 20,2 | 25,2 | 69,6 | 110,6 | 4,3 | 3,8 | 94,2 |
| | <i>G. griseus</i> | 3 | 68,1 | 23,1 | 24,0 | 8,3 | 36,7 | 21,7 | 9,3 | 3,9 | 70,0 |
| Foie | <i>D. delphis</i> | 17 | 28,2 | 66,7 | 0,2 | 0,2 | 6,8 | 10,4 | 3,9 | 8,1 | 10,9 |
| | <i>S. coeruleoalba</i> | 24 | 101,8 | 136,9 | 5,9 | 12,7 | 88,3 | 157,6 | 15,5 | 24,2 | 109,8 |
| | <i>G. melaena</i> | 11 | 18,0 | 20,5 | 0,4 | 0,8 | 5,0 | 4,4 | 1,8 | 2,1 | 7,2 |
| | <i>T. truncatus</i> | 4 | 36,7 | 34,0 | 0,6 | 0,9 | 8,2 | 4,6 | 4,2 | 2,4 | 13,0 |
| Rein | <i>G. griseus</i> | 4 | 49,0 | 57,0 | 0,1 | 0,2 | 17,2 | 15,5 | 3,9 | 2,4 | 21,4 |
| | <i>D. delphis</i> | 18 | 13,5 | 15,9 | 0,2 | 0,2 | 3,9 | 4,2 | 2,3 | 4,5 | 6,4 |
| | <i>S. coeruleoalba</i> | 26 | 36,2 | 36,9 | 2,4 | 3,2 | 20,6 | 22,7 | 5,1 | 5,4 | 28,1 |
| | <i>G. melaena</i> | 7 | 31,1 | 44,2 | 0,5 | 0,6 | 7,4 | 7,2 | 1,1 | 0,9 | 9,0 |
| Muscle | <i>G. griseus</i> | 4 | 35,8 | 53,0 | 1,2 | 2,0 | 21,1 | 29,1 | 1,9 | 1,3 | 24,2 |
| | <i>D. delphis</i> | 25 | 10,6 | 15,5 | 0,6 | 1,5 | 3,2 | 5,1 | 1,8 | 4,2 | 5,6 |
| | <i>S. coeruleoalba</i> | 10 | 12,3 | 19,1 | 2,2 | 5,8 | 9,1 | 12,8 | 2,0 | 3,2 | 13,3 |
| | <i>G. melaena</i> | 16 | 5,6 | 7,5 | 0,4 | 0,5 | 2,1 | 2,8 | 0,4 | 0,4 | 2,8 |
| Estomac | <i>G. griseus</i> | 3 | 3,9 | 2,2 | 0,3 | 0,4 | 2,8 | 0,7 | 1,1 | 0,7 | 4,2 |
| | <i>D. delphis</i> | 12 | 4,2 | 7,3 | 0,1 | 0,05 | 1,2 | 1,7 | 0,6 | 1,1 | 1,9 |
| | <i>S. coeruleoalba</i> | 21 | 8,2 | 6,7 | 0,6 | 0,6 | 4,3 | 2,7 | 1,1 | 0,8 | 6,0 |
| | <i>G. griseus</i> | 3 | 6,8 | 2,1 | 0,1 | 0,05 | 4,5 | 1,2 | 0,6 | 0,2 | 5,2 |

Les rapports entre teneurs maximales et minimales relevées sur plusieurs individus d'une même espèce sont généralement très importants (tableau 1). Ils montrent une dispersion des valeurs plus grande chez *Delphinus delphis* que chez *Stenella coeruleoalba*. Ceci paraît en relation avec le mode de vie de cette espèce qui se déplace sur de grandes distances aussi bien en Atlantique qu'en Méditerranée. Les différences de contamination entre individus d'une même espèce semblent être plus faibles dans le lard que dans le foie des dauphins. Il en est autrement chez *Globicephala melaena*.

Répartition dans l'organisme

Le nombre élevé de prélèvements de lard, muscle, foie, rein et estomac, permet une étude statistique espèce par espèce. Les moyennes et écarts-types corrigés à N-1, des teneurs en organochlorés (tableau 2) montrent que la contamination décroît dans l'ordre : lard, foie, rein, muscle, estomac. Toutefois dans trois cas particuliers les concentrations dans les reins sont plus élevées que celles du foie : PCB chez *Globicephala melaena* et DDT total chez *Globicephala melaena* et *Grampus griseus*.

L'accumulation des organochlorés dans le lard n'est pas surprenante puisque ces composés liposolubles sont métabolisés avec les lipides et se retrouvent naturellement avec les graisses de réserve. Le dépôt témoigne de l'ancienneté de la contamination à laquelle l'organisme a été soumis alors que la répartition entre les organes est liée au métabolisme présent, qu'il y ait accumulation ou décontamination par mobilisation des résidus accumulés antérieurement. A ce titre l'examen des teneurs en DDT et ses dérivés dans le foie est particu-

lièrement intéressant. Il est significatif que le rapport entre le DDE et le DDT total (DDT + DDE + DDD) tende à être plus élevé dans le foie où s'effectuent la majorité des réactions de dégradation qui conduisent au DDE. C'est ainsi que dans 63 % des échantillons de foie de Delphinidés, ce rapport est compris entre 0,7 et 0,9, alors qu'il varie entre 0,5 et 0,8 dans l'intestin. Cependant, il ne semble pas exister de relation générale entre la contamination du foie et celle d'autres organes : le rapport entre les teneurs dans le rein, la rate, l'estomac et celles rencontrées dans le foie (tableau 3) varie de façon importante en fonction des individus. Chez un même individu ce rapport est identique pour les PCB

Tableau 3

Rapports entre les teneurs en PCB et DDE dans le rein, la rate et l'estomac et celles rencontrées dans le foie des dauphins. Comparison between PCB and DDE levels in the kidney, spleen, stomach and liver of Delphinidae.

| | Rein | | Rate | | Estomac | |
|---------------------------------|------|------|------|------|---------|------|
| | PCB | DDE | PCB | DDE | PCB | DDE |
| <i>D. delphis</i> adulte : | | | | | | |
| N. | 14 | 14 | 2 | 2 | 10 | 10 |
| Minimal | 0,09 | 0,09 | 0,96 | 0,48 | 0,015 | 0,02 |
| Maximal | 3,98 | 3,23 | 15,0 | 1,65 | 4,15 | 4,27 |
| Moyen | 1,42 | 1,32 | | | 0,57 | 0,57 |
| σ | 1,15 | 0,99 | | | 1,14 | 1,18 |
| <i>S. coeruleoalba</i> adulte : | | | | | | |
| N. | 18 | 18 | 12 | 12 | 17 | 17 |
| Minimal | 0,06 | 0,07 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Maximal | 2,94 | 2,19 | 1,2 | 0,99 | 0,85 | 0,68 |
| Moyen | 0,86 | 0,79 | 0,39 | 0,36 | 0,25 | 0,23 |
| σ | 0,76 | 0,64 | 0,29 | 0,24 | 0,21 | 0,20 |

et le DDE; il est plus élevé dans les reins que dans la rate ou l'estomac. Ceci laisse penser que chaque animal réagit très différemment à l'absorption de composés organochlorés. Ces résultats montrent également que la fraction de PCB et DDE retenue est légèrement plus élevée chez *Delphinus delphis* que chez *Stenella coeruleoalba*.

La répartition des organochlorés dans la musculature n'est pas uniforme; elle paraît sans relation avec la teneur en lipides (tableau 4). Ainsi chez les Delphinidés, les valeurs moyennes sont plus élevées dans les muscles de la queue que dans ceux du cou ou du dos. Ces indications sont à considérer comme des tendances. En effet, bien que les intervalles de variation des concentrations soient voisins d'un muscle à l'autre, les valeurs sont très dispersées comme le montre le calcul des écarts-types. Cette disparité des teneurs suivant les muscles se retrouve également lorsqu'on examine les résultats individu par individu, même si l'ordre de répartition n'est pas identique à celui établi sur la base des moyennes. A titre d'exemple pour la jeune femelle *Delphinus delphis* échouée à l'Île-de-Ré le 14/07/1972, les concentrations dans la queue, le cou et l'épaule sont respectivement de 37,5; 63,96; 14,64 pour les PCB et 18,7; 47,5; 6,24 pour le DDT total. Les écarts peuvent être moins marqués comme c'est le cas chez le *Globicephala melaena* mâle, adulte, échoué le 24/08/1977 au Clapet et dont les teneurs dans la queue, le cou et le dos sont dans l'ordre de 0,57; 0,68; 0,43 pour les PCB et 0,66; 0,9 et 0,38 pour le DDT total.

En ce qui concerne les organes, dont le nombre d'échantillons est insuffisant pour se prêter au calcul d'une moyenne statistique par espèce, l'ordre de contamination décroissant paraît s'établir comme suit :

— poumons : leur contamination est d'ordinaire très faible, < 0,21 mg de PCB par kilogramme de tissu lyophilisé, mais peut être aussi très élevée (489 mg/kg) chez le bébé dauphin bleu et blanc échoué à Hyères;

— rate : 16 échantillons sur 19 concernent *Stenella coeruleoalba*, la teneur moyenne en PCB est de 24,0 avec un écart-type de 22,0. Les trois autres résultats sont très nettement inférieurs et compris entre 0,96 et 4,70 mg/kg de chair lyophilisée;

— cœur : les teneurs en PCB qui varient entre 1,05 et 19,2 mg/kg de chair lyophilisée (moyenne 13,1, écart-type 12,2) sont comparables à celles relevées pour le DDT total : 2,0 à 19,4 (moyenne 8,9, écart-type 6,7);

— cerveau : la contamination est comparable à celle du cœur soit pour les PCB de 0,92 à 19,6 mg/kg;

— intestin : la teneur maximale est voisine de celle relevée pour le cerveau soit 19,9 mg de PCB par kilogramme de chair lyophilisée, mais la majorité des teneurs en PCB et DDT total est inférieure à 5 mg/kg;

— organes génitaux : les concentrations les plus élevées sont à signaler dans les testicules de deux *Delphinus delphis* adultes : le premier (2,23 m) échoué le 23/03/1976 à Anglet, le second (1,95 m) échoué à La Rochelle le 3/07/1977 contenaient respectivement 25,3 et 10,5 mg/kg de PCB et 11,6 et 3,52 mg/kg de DDT total. Dans les autres échantillons les teneurs en PCB sont comprises entre 0,3 et 6,6 mg/kg et celles en DDT total entre 0,26 et 3,5 mg/kg de tissu lyophilisé.

En ce qui concerne les organes femelles nous possédons seulement deux échantillons de *Delphinus delphis* : l'ovaire d'une adulte (2,04 m) capturée vivante dans le NE Atlantique qui renfermait 2,56 mg/kg de PCB et 1,75 mg/kg de DDT total;

l'utérus et ses annexes, d'une gestante échouée à Pornic le 21/12/1977, peu contaminé par les PCB (0,98 mg/kg) comme par le DDT et ses métabolites (0,23 mg/kg);

— sang : pour les 11 échantillons prélevés sur *Stenella coeruleoalba* les concentrations moyennes en PCB sont de 2,0 mg/kg ($\sigma = 2$) et pour le DDT total de 1,41 ($\sigma = 0,95$). Il est à remarquer que la proportion de DDE par rapport au DDT total est élevée, et se rapproche de celle mesurée dans le foie, elle est en moyenne de 70,0 % ($\sigma = 10,6$).

Dans les trois échantillons prélevés sur *Globicephala melaena* les teneurs varient entre 0,75 et 3,07 mg/kg pour les PCB et 0,5 à 7,1 mg/kg de sang lyophilisé pour le DDT total.

Ceci démontre que les déterminations dans le lard ne sont pas représentatives de la contamination des organismes, d'autant plus que la relation entre les teneurs dans le lard et dans les organes est des plus variables. Les dosages dans le foie nous paraissent rendre compte plus exactement de la contamination générale de l'organisme.

Influence de l'âge

Thibaud et Duguy (1973) ont mis en évidence, chez les Odontocètes fréquentant le littoral français, un accroissement des teneurs en mercure en relation directe avec l'âge des individus. Il nous paraît donc intéressant de vérifier, sur un échantillonnage plus important, si cette relation existe également pour les composés organochlorés, bien que ces derniers soient liés au métabolisme lipidique tandis que le mercure se fixe sur les radicaux sulfhydryle des protéines.

L'âge des Mammifères marins étant difficile à déterminer avec exactitude, nous avons choisi de classer les individus en deux groupes suivant qu'ils ont atteint ou non la maturité sexuelle. Nous avons isolé par ailleurs quatre nouveau-nés et deux fœtus en raison de l'intérêt particulier que présentent les stades très jeunes. La maturité sexuelle a été considérée comme atteinte lorsque les individus dépassaient la taille reconnue comme correspondant à l'aptitude à la reproduction chez l'espèce considérée (tableau 5).

Tableau 4

Teneurs moyennes en organochlorés dans les muscles de Delphinidés.

Average organochlorine level in muscle tissue from Delphinidae.

| Muscle | Lipides (%) | PCB | | Σ DDT Moyenne |
|--------|-------------|---------|----------|---------------|
| | | Moyenne | σ | |
| Queue | 1,7 | 17,5 | 18,6 | 7,5 |
| Cou | 5,2 | 13,25 | 19,9 | 7,8 |
| Dos | 2,5 | 8,14 | 14,2 | 3,95 |

Tableau 5

Tailles des Odontocètes à la naissance et à maturité sexuelle.
Odontoceti: size at birth and sexual maturity.

| | Longueur à la naissance (m) | Longueur à la maturité sexuelle (m) |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| <i>Stenella coeruleoalba</i> | 0,90 | 1,80 |
| <i>Delphinus delphis</i> | 0,90 | 1,65 (mâle) 1,55 (femelle) |
| <i>Globicephala melaena</i> | 1,80 | 4,50 (mâle) 3,70 (femelle) |
| <i>Grampus griseus</i> | 1,50 | 2,50 |
| <i>Tursiops truncatus</i> | 1,00 | 2,70 |
| <i>Phocoena phocoena</i> | 0,75 | 1,50 |
| <i>Physeter macrocephalus</i> | 4,0 | 10,0 |
| <i>Mesoplodon bidens</i> | 1,5 | 3,5 |
| <i>Ziphius cavirostris</i> | 2,0 | 5,5 |

Sur la base de ce classement on remarque que la majorité des adultes échoués appartiennent aux espèces suivantes :

- *Delphinus delphis* : 17 adultes, 2 immatures, 1 nouveau-né, 1 fœtus;
- *Stenella coeruleoalba* : 19 adultes, 6 immatures, 2 nouveau-nés;
- *Grampus griseus* : 6 adultes.

Par contre un grand nombre de *Globicephala melaena*, soit 9 sur 14, sont des immatures.

Une partie des composés organochlorés accumulée par la mère est transmise à son fœtus pendant la gestation. Nous avons tenté de déterminer l'importance du passage transplacentaire des PCB du DDT et de ses métabolites en comparant la contamination des organes fœtaux et maternels (fig. 3). Deux fœtus ont pu être prélevés dans un bon état de conservation, l'un sur *Delphinus delphis* échouée en décembre 1977 à Pornic et atteinte d'une infection osseuse généralisée, l'autre sur *Phocoena phocoena* capturée vivante et en bonne santé apparente au large de Saint-Guénolé.

Les résultats (tableau 6) montrent que la teneur en PCB dans le foie du fœtus du dauphin est trois fois moins élevée que dans l'organe maternel, alors qu'elle est du même ordre de grandeur dans le rein. Cette relation se vérifie également en ce qui concerne la contamination par le DDE.

Tableau 6

Contamination fœtale comparée à celle des organes maternels.
Comparison of contamination levels in the foetus and in maternal organs.

| Spécimen | Organe | Fœtus | | | Mère | | |
|--------------------------------------------------------|----------|-------|------|--------|------|------|--------|
| | | PCB | DDE | Σ DDT | PCB | DDE | Σ DDT |
| <i>Delphinus delphis</i> Pornic (21/12/1977) | Foie | 1,33 | 0,29 | 0,42 | 4,24 | 1,35 | 2,03 |
| | Rein | 1,76 | 0,52 | < 0,70 | 2,44 | 0,47 | 0,72 |
| <i>Phocoena phocoena</i> Saint-Guénolé (20/12/1977) | Placenta | 0,40 | 0,04 | 0,11 | | | |
| | Graisse | 1,46 | 0,16 | 0,37 | 6,18 | 0,75 | 1,66 |
| | Foie | 0,18 | 0,02 | < 0,04 | 0,80 | 0,09 | 0,21 |
| | Rein | 0,23 | 0,02 | < 0,08 | 0,38 | 0,02 | < 8,87 |
| | Muscle | 0,38 | 0,05 | < 0,11 | 0,19 | 0,03 | < 0,06 |

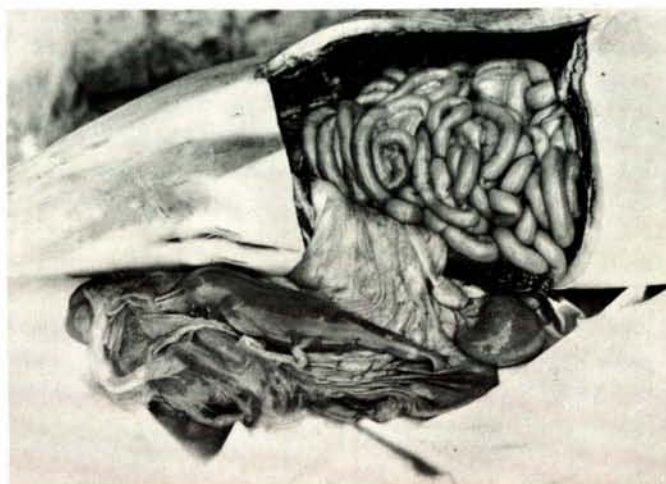


Figure 3

Dauphin commun, *Delphinus delphis* Linné, 1758. Femelle gestante (fœtus de 320 mm) trouvée à Ars-en-Ré (Charente-Maritime) le 26/02/1978.

Common dolphin, *Delphinus delphis* Linné 1758. Pregnant female (fœtus length = 320 mm) stranded at Ars-en-Ré (Charente Maritime) on 26/02/1978.

Dans le fœtus de marsouin les résidus organochlorés sont en quantité notable malgré la contamination très faible des organes et du lard maternel. Les teneurs en PCB sont plus faibles que celles de la mère dans le foie, le rein, la graisse, et plus élevées dans le muscle. Ce fœtus qui pesait 1,57 kg et mesurait 0,43 m avait vraisemblablement 5 mois. Les organes prélevés ont été conservés dans le formol avant l'analyse.

Les résidus en PCB, DDT, DDE et DDD décelés dans le placenta montrent que les organochlorés traversent la barrière placentaire des Mammifères marins en quantités importantes. On remarquera que le DDT et ses deux métabolites s'y trouvent en quantités égales alors que dans le fœtus les teneurs en DDE sont supérieures à celles du DDT. Cette observation peut laisser penser que ce fœtus était capable de métaboliser le DDT en DDE ce que semble confirmer l'absence de DDT dans son foie.

Ceci explique que les échantillons prélevés sur les nouveau-nés présentent parfois une contamination très importante. C'est le cas, par exemple, du spécimen de *Stenella coeruleoalba* (10 kg; 0,93 m) échoué à Hyères

en octobre 1976, où les teneurs en organochlorés sont extrêmement élevées dans tous les organes. Par contre le bébé *Delphinus delphis* échoué à la Cotinière en décembre 1976 qui mesurait 1,23 m, donc légèrement plus âgé, avait accumulé des quantités de PCB et DDT total nettement inférieures à celles des autres individus de la même espèce, qu'ils soient immatures ou adultes. Quant aux deux bébés *Tursiops truncatus* échoués, l'un à l'Ile d'Aix en février 1974, l'autre à l'Ile de Noirmoutier en novembre 1975, et de taille voisine (1,35 m et 1,42 m), leur contamination paraît légèrement supérieure à celle des autres individus que nous avons analysés. Ceci peut être en relation avec un habitat particulièrement rapproché de la côte. Il est certain que dès leur plus jeune âge les Odontocètes que nous avons étudiés sont exposés à des quantités importantes de composés organochlorés qui ont pu être introduites dans leur organisme pendant la période de gestation et par l'intermédiaire du lait maternel au moment de l'allaitement.

Les teneurs moyennes calculées pour différents organes (tableau 7) montrent que la contamination des *Delphinus delphis* et *Stenella coeruleoalba* immatures est plus forte que celle des adultes. On remarquera que les écarts-types de ces moyennes sont souvent très élevés surtout chez les immatures ce qui indique une exposition à la contamination très variable. Cependant dans chaque cas les écarts entre les deux valeurs moyennes sont suffisamment grands pour être représentatifs d'une tendance générale. C'est ainsi que pour le dauphin bleu et blanc, les teneurs moyennes dans le foie des individus immatures sont 2,4 fois plus élevées pour les PCB que dans celui des adultes, et 3,4 fois pour le DDT total.

Les différences entre adultes et immatures sont plus difficiles à estimer chez les globicéphales noirs en raison du nombre restreint d'individus adultes dans notre échantillonnage et les valeurs moyennes donnent de ce fait

une idée imparfaite des différences de concentration en fonction de l'âge. Si l'on examine les résultats individu par individu on remarque que le plus contaminé de tous est un vieux mâle de 5,90 m échoué à Saint-Denis-d'Oléron en décembre 1977 : les teneurs en PCB dans la bosse frontale, les reins et le foie étaient respectivement de 248 mg/kg de lipides, 129 et 64,2 mg/kg de chair lyophilisée. Ces valeurs sont nettement plus élevées que celles relevées à la fois chez les autres adultes soit 66 à 68 mg/kg de lipides dans le lard, 2 à 6 mg/kg de chair lyophilisée dans le foie et chez les immatures 7 à 82 mg/kg dans le lard, 0,8 à 37,4 mg/kg dans le foie et 2 à 25 mg/kg dans le rein.

Notre échantillonnage ne permet pas d'apprécier l'influence de l'âge sur la contamination des autres Odontocètes, on notera cependant que les teneurs trouvées chez un vieux *Grampus griseus* (2,88 m) échoué au Croisic en décembre 1975 sont du même ordre de grandeur que celles des autres adultes de la même espèce.

Il semblerait donc que contrairement à ce qui a pu être observé pour le mercure, la contamination des Odontocètes par les composés organochlorés n'augmente pas systématiquement avec l'âge des individus. L'accumulation des PCB, du DDT et ses métabolites, commence dès la vie fœtale des organismes, période pendant laquelle les teneurs dans le fœtus peuvent atteindre celles des organes maternels, s'amplifie chez les nouveau-nés, vraisemblablement en raison de la contamination du lait maternel, pour se stabiliser ou même diminuer à l'âge adulte où les teneurs des femelles en gestation sont particulièrement faibles.

Influence du régime alimentaire

Bon nombre d'Odontocètes n'ont pas de régime alimen-

Tableau 7

Contamination moyenne et écart-type, suivant la maturité sexuelle des individus.

Average contamination and standard deviation related to sexual maturity.

| Espèce | État sexuel | Organe | Milligrammes par kilogramme de tissu lyophilisé | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------|--------|-------------------------------------------------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|-------------|--|
| | | | PCB | | DDT | | DDE | | DDD | | Σ DDT total | |
| | | | m | σ | m | σ | m | σ | m | σ | | |
| <i>Delphinus delphis</i> | Immatures | Foie | 82,4 | 134,0 | 0,14 | 0,24 | 12,7 | 17,1 | 11,6 | 15,5 | 24,4 | |
| | Adultes | | 11,5 | 12,6 | 0,21 | 0,22 | 5,0 | 7,5 | 1,2 | 1,2 | 6,4 | |
| | Immatures | Rein | 24,7 | 26,8 | 0,35 | 0,15 | 5,6 | 4,4 | 6,4 | 9,0 | 12,3 | |
| | Adultes | | 10,3 | 10,6 | 0,17 | 0,17 | 3,5 | 4,2 | 1,1 | 0,9 | 4,8 | |
| | Immatures | Muscle | 24,6 | 26,0 | 1,2 | 3,1 | 6,3 | 7,7 | 7,7 | 9,2 | 15,2 | |
| | Adultes | | 6,9 | 10,4 | 0,4 | 0,7 | 2,4 | 4,1 | 0,6 | 0,5 | 3,4 | |
| <i>Stenella coeruleoalba</i> | Immatures | Foie | 183,3 | 156,2 | 13,7 | 17,2 | 197,0 | 249,4 | 23,9 | 32,8 | 234,6 | |
| | Adultes | | 74,6 | 122,7 | 3,3 | 10,1 | 52,1 | 98,8 | 12,7 | 21,1 | 68,2 | |
| | Immatures | Rein | 61,1 | 46,2 | 4,0 | 4,9 | 30,6 | 30,4 | 8,7 | 8,3 | 43,3 | |
| | Adultes | | 27,1 | 29,1 | 1,8 | 2,3 | 16,9 | 18,8 | 3,8 | 3,2 | 22,5 | |
| | Immatures | Muscle | 19,7 | 25,0 | 4,2 | 8,2 | 12,0 | 14,8 | 1,9 | 2,6 | 18,2 | |
| | Adultes | | 5,0 | 7,5 | 0,1 | 0,1 | 6,1 | 11,3 | 2,1 | 3,9 | 8,3 | |
| <i>Globicephala melaena</i> | Immatures | Lard | 331,1 | 301,0 | 51,0 | 57,5 | 228,7 | 242,8 | 22,1 | 13,9 | 301,8 | |
| | Adultes | | 259,7 | 47,7 | 163,6 | 6,1 | 455,3 | 38,2 | 45,3 | 8,1 | | |
| | Immatures | Foie | 17,5 | 15,6 | 0,6 | 0,9 | 5,4 | 5,0 | 2,1 | 2,6 | 10,3 | |
| | Adultes | | 19,0 | 30,2 | 0,1 | 0,1 | 4,3 | 3,6 | 1,2 | 0,8 | 5,6 | |
| | Immatures | Muscle | 6,4 | 8,4 | 0,4 | 0,6 | 2,5 | 3,2 | 0,4 | 0,4 | 3,3 | |
| | Adultes | | 3,8 | 5,1 | 0,2 | 0,4 | 1,1 | 1,4 | 0,3 | 0,4 | 1,6 | |
| Immatures | Rein | 17,5 | 8,9 | 0,6 | 0,7 | 5,6 | 2,6 | 1,3 | 1,0 | 7,5 | | |
| Adultes | | 129,0 | 1,0 | 0,3 | 0,1 | 22,6 | 1,0 | 0,8 | 0,6 | | | |

taire spécialisé ce qui les conduit à se nourrir d'organismes dont la contamination par les composés organochlorés est très variable et dépend essentiellement de la position qu'ils occupent dans la chaîne alimentaire. Par contre, les Hyperoodontidés, *Mesoplodon bidens* et *Ziphius cavirostris*, les Physétéridés *Physeter macrocephalus* et le Delphinidé *Grampus griseus*, sont des teutophages, c'est-à-dire qu'ils se nourrissent uniquement de céphalopodes.

La contamination des céphalopodes étant moins bien connue que celle de nombreuses espèces de poissons, nous avons procédé à l'analyse de cinq lots d'encornets pêchés au large de l'Écosse en janvier 1978. Ces échantillons provenant d'une même région se sont avérés très peu contaminés soit en moyenne : 0,17 mg de PCB, moins de 0,012 mg de DDT, 0,055 mg de DDE et 0,007 mg de DDD par kilogramme de chair lyophilisée. Ces valeurs sont nettement inférieures à celles obtenues lors de l'analyse d'un contenu stomacal de dauphin bleu et blanc soit respectivement : 0,55; 0,09; 0,59 et 0,04 mg/kg de lyophilisat.

Il semble donc que la contamination des Odontocètes ait lieu essentiellement par voie alimentaire.

Influences des conditions éthologiques

La relation proie-prédateur joue un rôle important dans la contamination de tous les échelons de la chaîne alimentaire. De façon générale, les écosystèmes des mers fermées comme la Baltique ou la Méditerranée qui n'ont que des échanges limités avec le reste de l'Océan Mondial sont relativement plus pollués que les autres. Il est donc intéressant de comparer les teneurs en organochlorés chez les Odontocètes suivant qu'ils fréquentent l'Océan Atlantique ou la Méditerranée, mais aussi selon que leur habitat est côtier ou pélagique, car il est bien connu que les eaux littorales sont plus polluées que celles du large.

Les cétozoologues estiment que la distribution géographique des différentes espèces peut être définie en fonction des lieux et de la fréquence des échouages. Si l'on se reporte aux observations qui ont été faites depuis plusieurs années en France, on peut sommairement classer les Odontocètes qui fréquentent nos côtes en quatre groupes, suivant qu'ils sont :

- également répartis en Atlantique et Méditerranée : *Ziphius cavirostris*, *Globicephala melaena*;
- communs en Atlantique et moins fréquents en Méditerranée : *Delphinus delphis*, *Tursiops truncatus* et *Physeter macrocephalus*;
- communs en Méditerranée et moins fréquents en Atlantique : *Stenella coeruleoalba*, *Grampus griseus*;
- présents surtout en Manche et Mer du Nord : *Phocoena phocoena*, *Mesoplodon bidens*.

L'échantillonnage dont nous disposons ne permet pas toujours d'identifier et donc de comparer deux populations distinctes d'une même espèce. C'est ainsi que la totalité des échouages (20) de *Delphinus delphis* et la quasi-totalité (13 sur 14) de *Globicephala melaena* ont eu lieu en Atlantique; tandis que d'autres espèces telles que : *Mesoplodon bidens*, *Physeter macrocephalus*, *Ziphius cavirostris*, et *Phocoena phocoena* se sont rarement échouées sur nos côtes. Cependant certains indices laissent penser que les populations vivant en Méditerranée ont un niveau de contamination différent de celui des populations fréquentant l'Atlantique.

Déjà lorsque nous avons comparé les teneurs en organochlorés suivant les espèces, nous avons remarqué qu'elles étaient plus élevées chez *Stenella coeruleoalba* que chez *Delphinus delphis*. Si l'on considère que ces deux dauphins, qui appartiennent à la même famille et ont de nombreux caractères communs, sont représentatifs de deux populations, l'une méditerranéenne l'autre atlantique, on peut raisonnablement admettre que les animaux vivant en Méditerranée sont plus exposés aux composés organochlorés que ceux de l'Atlantique : les teneurs en PCB et DDE des quatre dauphins bleus et blancs échoués en Atlantique, comparées à celles des 16 spécimens provenant de la côte méditerranéenne le confirment (tableau 8).

De même manière les teneurs en PCB dans les organes de *Grampus griseus* semblent, en dépit d'un échantillonnage très restreint, plus élevées dans les trois individus adultes de Méditerranée que dans le vieil individu échoué au Croisic en décembre 1975.

Bien qu'il soit difficile de définir avec précision les territoires de prédilection de chaque Odontocète, les observations faites dans les estuaires ou dans des eaux peu profondes laissent penser que *Tursiops truncatus* et

Tableau 8

Teneurs comparatives en PCB et DDE exprimées en milligrammes par kilogramme de chair lyophilisée chez les *S. coeruleoalba* échoués en Atlantique et Méditerranée.

Comparative levels of PCB and DDE (mg/kg of lyophilised tissue) in *S. coeruleoalba* from Atlantic and Mediterranean French coasts.

| | Foie | | Rein | | Muscle | | Graisse | |
|--------------|-------|-------|------|------|--------|------|---------|-------|
| | PCB | DDE | PCB | DDE | PCB | DDE | PCB | DDE |
| Atlantique | | | | | | | | |
| Minimales | 5,4 | 2,3 | 1,5 | 0,65 | 0,8 | 0,6 | | |
| Maximales | 9,2 | 5,5 | 8,5 | 6,2 | 3,3 | 1,97 | 47,7 | 38,2 |
| Méditerranée | | | | | | | | |
| Minimales | 6,6 | 2,4 | 4,14 | 1,7 | 3,3 | 2,0 | 172,2 | 346,9 |
| Maximales | 448,8 | 376,8 | 85,3 | 74,8 | 18,4 | 26,2 | 259,7 | 455,3 |
| Moyennes | 83,16 | 61,8 | 33,0 | 20,4 | | | | |
| σ | 127,8 | 106,1 | 30,1 | 19,8 | | | | |

Phocoena phocoena vivent normalement à proximité des côtes. Ces deux espèces qui de plus ne sont pas des teutophages, devraient figurer parmi les plus contaminées puisqu'elles fréquentent les eaux les plus exposées aux polluants, mais tout au contraire des animaux pélagiques comme *Delphinus delphis* ou *Stenella coeruleoalba* sont en moyenne plus contaminés qu'elles.

La contamination des Odontocètes par les composés organochlorés est incontestablement liée à leur régime alimentaire. Cependant bien des inconnues demeurent, qui ne permettent pas d'expliquer la dispersion des résultats que nous avons obtenus.

Contamination suivant les espèces

L'examen des niveaux moyens de contamination fait apparaître des variations importantes selon les espèces considérées.

Chez les Delphinidés, les teneurs les plus élevées en PCB sont observées dans le lard, le foie, les reins, les muscles et l'estomac du dauphin bleu et blanc *Stenella coeruleoalba* avec respectivement 266,9 mg/kg de lipides et 101,8; 36,2; 12,3 et 8,2 mg/kg de chair lyophilisée. Ces valeurs sont de 2 à 3,6 fois plus faibles chez le dauphin commun *Delphinus delphis*, sauf dans les muscles où elles sont du même ordre de grandeur. Cette remarque vaut également pour les résidus du groupe du DDT, puisque les teneurs moyennes en DDT total dans les organes sont de 10 (foie) à 3 (estomac-muscles) fois plus faibles.

Chez *Globicephala melaena* les niveaux de contamination semblent voisins de ceux de *Delphinus delphis* ou très inférieurs si l'on ne tient pas compte de deux teneurs singulièrement élevées : l'une concerne un échantillon de bosse frontale d'un vieil individu échoué à Saint-Denis-d'Oléron, l'autre un lard dont la concentration en PCB exprimée par rapport aux lipides est très forte en raison de sa teneur anormalement basse (0,7 %) en corps gras extractible par le *n*-hexane.

En ce qui concerne les quatre échantillons de *Tursiops truncatus*, dont un seul adulte, les teneurs en PCB sont comprises entre 14,6 et 87,2 mg/kg de chair lyophilisée dans le foie (4 échantillons); 24,9 et 59,3 dans les reins (3 échantillons), 8,5 et 67,8 dans trois muscles. Un prélèvement de bosse frontale (61,1 % de lipides) contenant 98,2 mg de PCB par kilogramme de lipides et un lard (321 mg/kg) dont la teneur en lipides est de 2,91 % ne permettent pas de se faire une idée précise du niveau de présence des résidus organochlorés. Cependant ces valeurs sont nettement plus élevées que celles rencontrées par Koeman *et al.* (1972) sur deux individus vivant en captivité.

L'échantillonnage de *Grampus griseus* comprend uniquement des individus adultes dont quatre proviennent de Méditerranée et deux de l'Atlantique. Les teneurs sont très différentes d'un individu à l'autre. Le mâle trouvé mort dans un filet de pêche au large du Cap Sicié paraît être le plus contaminé de tous, surtout dans le foie et les reins. Chez les autres individus, les concentrations en composés organochlorés dans les différents organes

semblent inférieures à celles des autres Delphinidés. Chez les trois marsouins *Phocoena phocoena* les concentrations en PCB et DDT total sont relativement faibles : de 0,8 à 10,6 et de 0,2 à 3,8 mg/kg de foie lyophilisé. L'individu le plus contaminé s'est échoué à La Rochelle en 1972; la concentration maximale en PCB a été rencontrée dans les poumons soit 31,96 mg/kg de chair lyophilisée. Pour les autres échantillons les teneurs peuvent être considérées comme très faibles, même dans le lard de la femelle capturée vivante à Saint-Guénolé qui contenait seulement 6,18 mg/kg de lipides de PCB et 1,66 de DDT total. Ces valeurs sont très inférieures à celles habituellement rencontrées dans les populations vivant dans l'Atlantique et en Mer du Nord. Sur un échantillonnage de 60 marsouins échoués sur les côtes canadiennes de l'Atlantique, Gaskin *et al.* (1971) ont trouvé dans le lard des teneurs en DDT total comprises entre 40 et 520 mg/kg de lipides. Otterlind (1976) a signalé des concentrations comparables pour des individus échoués sur la côte ouest de la Suède (24,8 à 560 mg/kg de lipides) ou dans la Baltique (30 à 289), mais voisine de nos résultats sur la côte est du Danemark (2,2 à 12 mg/kg). En ce qui concerne les PCB la contamination semble être aussi importante en Mer du Nord qu'en Baltique : Kerkhoff et de Boer (1977) ont signalé une concentration de 1 290 mg/kg de lipides dans le muscle d'un marsouin échoué mort sur la côte hollandaise de la Mer des Wadden (Wadden Sea).

La famille des Physétérinés n'est représentée dans notre échantillonnage que par deux *Physeter macrocephalus* adultes dont un échoué sur les côtes du sud de la Bretagne et un à Ploemeur en 1976. La concentration en PCB et DDT total est nettement plus élevée dans l'échantillon de lard de l'animal échoué à Ploemeur : il renferme 71,9 mg de PCB par kilogramme de lipides et 96,7 de DDT total, contre 6,2 et 10,4 mg/kg de lipides dans le lard du cachalot échoué à Doëlan en 1974. La contamination des organes apparaît faible, soit en milligrammes par kilogramme de chair lyophilisée respectivement pour les PCB et le DDT total : 1,48 et 1,35 dans le foie, 1,59 et 1,53 dans le muscle, 0,6 et 0,27 dans l'estomac. La comparaison de nos valeurs avec celles d'autres auteurs n'est pas aisée en raison du nombre peu élevé de travaux qui ont été consacrés à cette espèce. Cependant si l'on considère les teneurs en DDE trouvées par Wolman et Wilson (1970) dans six individus capturés sur la côte californienne et celles en PCB et DDT total rapportées par Taruski *et al.* (1975) pour trois individus de la côte atlantique des États-Unis, on remarque qu'elles sont dans le lard environ quatre fois plus faibles que pour notre échantillon de Ploemeur, mais du même ordre de grandeur que celui de Doëlan.

Les Hyperodontidés que nous avons eu à analyser : un *Mesoplodon bidens* et deux *Ziphius cavirostris*, sont très peu contaminés par rapport aux Delphinidés. Les résidus organochlorés se retrouvent en très petite quantité dans les viscères de *Mesoplodon bidens* : 1,56 mg de PCB par kilogramme de chair lyophilisée dans le foie (1,22 en DDT total), et semblent plus concentrés au niveau de la bosse frontale : 24,9 mg/kg de lipides en PCB et 25,2 en DDT total. De même chez les deux *Ziphius cavirostris*, les teneurs dans les viscères sont

très faibles (voisines ou inférieures à 1 mg/kg); un peu plus élevées dans un muscle du cou.

Il apparaît donc possible, malgré certaines difficultés d'interprétation dues en particulier au nombre relatif d'échantillons, de distinguer une relation entre la contamination et l'espèce, chez les Odontocètes. Les Delphinidés et plus particulièrement les dauphins *Stenella coeruleoalba* et *Delphinus delphis* semblent les plus atteints par la pollution due aux composés organochlorés rémanents.

Contamination des Mysticètes

Les Mysticètes qui fréquentent les côtes françaises sont des animaux de très grande taille : le plus petit, le Rorqual à museau pointu *Balaenoptera acutorostrata* dépasse rarement 10 m, mais le Rorqual commun *Balaenoptera physalus* et le Rorqual bleu *Balaenoptera musculus* peuvent atteindre 25 et 30 m.

L'échantillonnage dont nous avons pu disposer ne comprend que des Balaenoptéridés soit :

- deux rorquals communs *Balaenoptera physalus*, dont un mâle de 16 m qui s'était échoué en Méditerranée en août 1973 et une femelle de 12,5 m échouée dans le sud de la Bretagne en octobre 1976 (fig. 4). Cette espèce est actuellement la plus fréquente sur les côtes de la Méditerranée où pendant l'été la population est estimée à 400 individus, Duguy et Vallon (1976);

- un rorqual à museau pointu *Balaenoptera acutorostrata*, de sexe femelle qui mesurait 3,75 m et s'était échouée en Méditerranée en juin 1977.

Tous ces individus sont des immatures : les tailles moyennes à la naissance et à maturité sexuelle sont respectivement de 5 et 20 m pour *Balaenoptera physalus*, 2,5 et 7 m pour *Balaenoptera acutorostrata*.

Les organes que nous avons analysés ne contiennent pas de quantités très élevées de résidus organochlorés et les concentrations ne sont pas très différentes d'un organe à l'autre. Les teneurs en PCB et DDT total sont

moins élevées dans le rorqual commun échoué en Méditerranée (4,96 et 14,8 mg/kg de lipides) que dans celui de l'Atlantique (47,29 et 61,9 mg/kg de lipides). Les intestins de cet individu semblent d'ailleurs particulièrement contaminés, comparativement aux autres organes : 22,6 mg de PCB et 28,0 de DDT total par kilogramme de tissu lyophilisé. Les teneurs rencontrées dans cette espèce par Addison *et al.* (1973), Saschenbrecker (1973) et rapportées par Taruski *et al.* (1975) sont du même ordre de grandeur que celles décelées ici dans le lard de l'individu échoué en Méditerranée.

En ce qui concerne le jeune rorqual à museau pointu, les teneurs en PCB peuvent être considérées comme très faibles : elles diminuent dans l'ordre foie (4,83 mg/kg de tissu lyophilisé), estomac (4,63), rein (2,87), rate (1,97).

Le nombre limité d'analyses ne permet pas de connaître avec précision le niveau de contamination des baleinoptères. Cependant nous avons toutes les raisons de penser que les faibles teneurs que nous avons rencontrées ne sont pas exceptionnelles. En effet, les Mysticètes sont des planctonophages dont l'alimentation est presque exclusivement constituée de petits crustacés qui se nourrissent eux-mêmes de diatomées. Ils sont donc intégrés dans une chaîne alimentaire très courte : phytoplancton, zooplancton, mammifères, où les végétaux sont importants ce qui diminue les risques d'accumulation.

Contamination des Pinnipèdes

L'ordre des Pinnipèdes est essentiellement représenté sur les côtes françaises par des phoques de la famille des Phocidés. Les plus communs sont les phoques gris *Halichoerus grypus* que l'on rencontre sur les côtes nord et ouest de la Bretagne et le phoque veau marin *Phoca vitulina* en Manche. Le phoque moine *Monachus monachus* a pratiquement abandonné la côte continentale de la Méditerranée et ne se rencontre plus qu'en Corse (Duguy, Robineau, 1973), où il semble d'ailleurs en voie de disparition.

La contamination des phoques par les micropolluants rémanents est l'objet de programmes de surveillance continue mis en place depuis plusieurs années par certains pays riverains de la Mer du Nord, de la Baltique, de la Manche et de l'Atlantique nord-ouest. Les données recueillies par Holden (1970) montrent que les teneurs en PCB sont plus faibles dans les régions arctiques du Canada et de la Norvège (en moyenne 2 mg/kg dans le lard), que dans les zones plus méridionales telles que la Baltique (24 mg/kg), le littoral britannique de la Mer du Nord (20 à 35 mg/kg) et la côte est du Canada (45 mg/kg). D'après Harms *et al.* (1977) sur les côtes allemandes de la Mer du Nord, les teneurs en PCB et DDT total dans le phoque marbré, *Phoca hispida*, seraient du même ordre de grandeur que celles des Odontocètes.

Les quantités de résidus accumulées par les phoques du Groenland *Pagophilus groenlandicus*, vivant dans le golfe du Saint-Laurent semblent selon Addison *et al.* (1973) augmenter avec l'âge, mais Drescher *et al.* (1976) et Jones *et al.* (1975) ont trouvé des valeurs parfois élevées de PCB et DDT dans de très jeunes individus.

Figure 4

Rorqual commun, *Balaenoptera physalus* (Linné, 1758). Jeune femelle de 12,50 m échouée à Guidel (Morbihan) le 19/10/1976.
Fin whale, *Balaenoptera physalus* (Linné, 1758). Subadult female stranded at Guidel (Morbihan) on 19/10/1976.



Il est un fait habituel que le lait transfère des résidus organochlorés de la mère au nourrisson. Gaskin *et al.* (1973) ont constaté que les femelles en lactation étaient moins contaminées que les autres. Addison et Brodie (1977) ont précisé l'importance du phénomène en montrant que les concentrations en DDT et PCB dans les lipides du lait étaient environ de 60 et 30 % de celles de la graisse maternelle. Ils estiment qu'un phoque gris élimine environ 30 % de sa charge en DDT total et 15 % de celle en PCB pendant la période de lactation.

Notre échantillonnage comprend quatre phoques gris *Halichoerus grypus*, deux nouveau-nés pesant 13 et 18 kg et une femelle immature capturée vivante, provenant de régions très différentes : Sud-Irlande, Manche et Bretagne-sud. Les teneurs les plus élevées ont été rencontrées chez un nouveau-né mort d'un empoisonnement par le mazout et échoué au Croisic en novembre 1977.

La contamination par les PCB était particulièrement notable, dans le lard 319,5 mg/kg de lipides (correspondant à 188 mg/kg de lard), les reins 68,97 mg/kg de chair lyophilisée, le foie 46,6 mg/kg et le muscle 13,04 mg/kg. Le lard du jeune phoque capturé vivant est moins chargé en PCB 84,6 mg/kg de lipides correspondant à 69,2 mg/kg de lard, mais les teneurs en DDT y sont plus fortes soit 101 mg/kg de lipides contre 6,2 mg/kg. Nos résultats sont donc en accord avec ceux qui indiquent des concentrations élevées de composés organochlorés chez les nouveau-nés.

L'ensemble de nos observations souligne l'importance du rôle des chaînes alimentaires dans le degré de contamination des Mammifères marins. Les espèces planctonophages, comme les Mysticètes, sont moins menacées par les composés organochlorés que les Odontocètes. Ces derniers sont d'autant plus exposés qu'ils sont intégrés à des chaînes comprenant un plus grand nombre d'échelons, ce qui explique que les ichthyophages soient plus contaminés que les teutophages.

EFFETS BIOLOGIQUES

La majorité des Mammifères qui s'échouent sur nos côtes sont morts en mer pour des raisons qu'il est souvent difficile de connaître avec certitude. Parmi les facteurs de morbidité les plus importants Duguy et Toussaint (1977) signalent :

- les infections généralisées, en particulier chez les dauphins où elles peuvent être causées par un parasite *Phyllobotrium delphini*;
- les lésions organiques, qui atteignent surtout le tissu pulmonaire;
- les troubles de l'écholocation, qui pour des raisons inconnues amènent les globicéphales à s'échouer en masse;
- les intoxications par les polluants.

L'influence de la contamination chronique par les composés organochlorés sur la pathologie des Mammifères marins est difficile à préciser. Les expérimentations en laboratoire conduites par Allen *et al.* (1974), ont montré qu'il suffit de 2,5 ppm d'Aroclor 1248 dans la

nourriture du singe *Macaca mulatta* pour provoquer des conjonctivites, des foyers d'œdèmes et la chute des poils. Quand les doses ingérées sont plus élevées de 25 à 300 ppm pendant 2 à 3 mois, les animaux perdent du poids et sont atteints de lésions importantes qui peuvent entraîner la mort. Mais les concentrations utilisées pour ce test sont très élevées par rapport aux quantités qui peuvent être ingérées dans des conditions naturelles.

Certains auteurs ont prouvé qu'à de faibles concentrations les PCB pouvaient modifier les mécanismes enzymatiques, surtout au niveau du foie. Freeman et Sangalang (1977), en effectuant des études *in vitro* sur le phoque gris ont montré que des doses sublétales d'Aroclor 1254 perturbaient la synthèse des hormones stéroïdes en augmentant le taux de cortisol et de testostérone et en diminuant la synthèse de la corticostérone. Des quantités de 3,3 à 11 ppm de PCB dans l'alimentation des visons entraînent un accroissement significatif des teneurs en cadmium dans les reins (Jensen *et al.* 1977).

D'après les observations faites par Helle *et al.* (1976 a) il y a tout lieu de penser que des teneurs élevées en PCB chez le phoque marbré *Pusa hispida* sont responsables de perturbation importantes dans la reproduction de cette espèce en Baltique. Des différences significatives entre les teneurs en PCB et DDT dans le lard ont été observées chez les femelles suivant qu'elles sont gravides ou non. Les dissections pratiquées par Helle *et al.* (1976 b) sur les utérus des femelles non gravides, ont mis en évidence une corrélation étroite entre les teneurs élevées en PCB et des occlusions pathologiques des voies utérines qui empêchent la fécondation des ovules. Les effets néfastes des PCB sur la reproduction des Mammifères ont été confirmés par Jensen *et al.* (1977). Ils ont démontré qu'ils entraînaient une diminution du nombre de nouveau-nés par femelle chez le vison, en interrompant prématurément la grossesse. Dans les mêmes conditions le DDT est sans effet.

Les diagnostics qui ont pu être faits avec certitude sur certains individus de notre échantillonnage font apparaître :

- huit cas d'œdème ou de congestion pulmonaire;
- trois lésions diverses du tissu rénal;
- une infection purulente de la sphère génitale d'origine indéterminée;
- une hypertrophie du foie;
- une gangrène due à une fracture de côte avec perforation pulmonaire;
- une grossesse pathologique (hydramnios).

Dans l'ensemble les animaux malades renferment des quantités élevées de résidus organochlorés, cependant il n'est pas possible d'établir avec certitude des corrélations significatives entre les teneurs et les lésions. Ainsi pour les trois dauphins présentant des défaillances pulmonaires, les teneurs en PCB dans le lard sont très différentes : 277,8; 196,1 et 8,12 mg/kg de lipides. Il convient de souligner que la valeur la plus faible concerne un adulte capturé vivant dont les poumons présentaient un aspect congestif. A titre de comparaison les teneurs dans le lard des animaux capturés vivants

et dont l'autopsie n'a pas fait apparaître de signes pathologiques évidents sont de : 189,2; 36,22 et 3,68 mg/kg de lipides.

Les altérations du tissu pulmonaire peuvent avoir des origines diverses, par exemple une insuffisance cardiaque (Duguy, Toussaint, 1977), mais l'accumulation de quantités importantes de PCB constitue sans aucun doute un risque supplémentaire pour des animaux affaiblis par ailleurs.

En ce qui concerne les deux cas de lésions des glomérules rénaux chez les dauphins communs, les teneurs en PCB sont élevées aussi bien dans le lard, 214,8 et 151,8 mg/kg de lipides que dans le rein, 20,87 mg/kg de tissu lyophilisé.

Les autopsies qui ont pu être pratiquées sur trois dauphins bleus et blancs ont indiqué une pneumonie, une gangrène et l'hypertrophie du foie chez un mâle immature (1,40 m) échoué à Cavalaire en juillet 1975. Les teneurs en PCB et DDT total sont très élevées dans tous les prélèvements d'organes du dernier individu et particulièrement dans le foie : 231,9 mg de PCB et 124,8 mg de DDT par kilogramme de tissu lyophilisé. Le rein et la rate sont eux-mêmes très contaminés avec 105,9 et 19,7 mg de PCB par kilogramme de tissu lyophilisé et 55,4 et 8,3 mg/kg pour le DDT total. Il semble donc que dans ce cas l'on puisse suspecter les PCB d'être intervenus dans la lésion.

Pour des raisons diverses, la recherche des lésions pathologiques au moment de l'autopsie n'a pu être effectuée sur tous les animaux échoués. Il est donc difficile à partir d'observations limitées de déterminer un niveau de concentration dans les organes au-delà duquel peuvent apparaître certaines altérations. Si l'on considère que

les échouages sont dus à des causes multiples parmi lesquelles figure l'intoxication par les PCB, on doit retrouver dans nos résultats deux groupes de valeurs suivant que les mortalités sont dues à une accumulation importante de composés organochlorés ou à d'autres facteurs. Les teneurs dans le foie doivent être particulièrement représentatives puisque c'est dans cet organe que nous avons rencontré les plus grands écarts entre les concentrations faibles et élevées. C'est pourquoi nous avons regroupé les teneurs en PCB dans les foies de *Delphinus delphis* et *Stenella coeruleoalba* de 10 mg en 10 mg/kg de tissu lyophilisé (fig. 5). Cet histogramme permet de distinguer trois groupes de valeurs, quelle que soit l'espèce. Dans le groupe des teneurs les plus faibles, c'est-à-dire de 0 à 20 mg/kg, on retrouve la majorité d'individus adultes soit 14 dauphins communs sur 15, et 10 dauphins bleus et blancs sur 19. Les premiers individus immatures apparaissent à des niveaux de contamination moyenne entre 40 et 50 mg/kg. Enfin, toutes les teneurs élevées sont regroupées dans un intervalle compris entre 100 et 281,5 mg/kg pour *Delphinus delphis* et 100 et 451 mg/kg pour *Stenella coeruleoalba*.

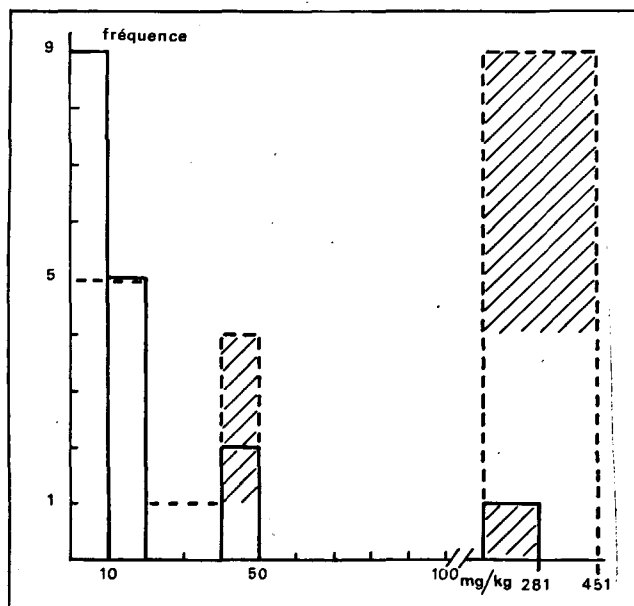
Nous n'avons relevé aucun échantillon entre 50 et 100 mg/kg en dehors de l'individu ayant le foie hypertrophié. Il est fort probable que des concentrations aussi élevées sont capables de détériorer le tissu hépatique sans que l'on puisse affirmer qu'elles soient suffisantes pour entraîner la mort.

Sur la base de notre hypothèse de départ, on peut estimer que la santé des dauphins peut être menacée quand la concentration en PCB dans le foie dépasse 20 mg/kg de tissu lyophilisé. Cette observation ne tient pas compte de nombreux facteurs qui peuvent aggraver l'effet des PCB comme la présence de parasites, un état général déficient ou l'intoxication par d'autres micropolluants rémanents. L'on peut également craindre que les quantités importantes de PCB qui sont transférées de la mère au nourrisson depuis la vie fœtale jusqu'au sevrage n'augmentent, dans certains cas particulièrement aigus, les risques de mortalité néonatale.

Figure 5

Répartition des teneurs en diphenylpolychlorés dans le foie de *D. delphis* (trait plein) et de *S. coeruleoalba* (tireté) suivant un intervalle arbitraire de 10 mg/kg de tissu lyophilisé. Les individus immatures sont figurés en hachuré.

Variations in the level of diphenylpolychlorines in the liver of *D. delphis* (full line) and *S. coeruleoalba* (dotted line), according to an arbitrary scale of 10 mg/kg per lyophilised tissue. Immature specimens are hachured in the figure.



CONCLUSIONS

La contamination des Mammifères marins par les composés organochlorés varie dans un grand intervalle suivant les espèces et les individus. Elle dépend essentiellement du régime alimentaire : les omnivores accumulent des quantités plus élevées de résidus que les teutophages ou les planctonophages.

Les Delphinidés *Stenella coeruleoalba*, *Delphinus delphis* et *Globicephala melaena* semblent être les espèces les plus menacées en raison des teneurs parfois très importantes que nous avons rencontrées dans les foies. La contamination commence dès la vie fœtale et il n'est pas impossible que les PCB soient responsables d'interruptions prématurées des grossesses et de mortalités importantes chez les nourrissons.

Il n'a pas été possible d'établir avec certitude une corrélation étroite entre les teneurs en PCB et DDE dans les différents organes et les lésions macroscopiques. La présence dans notre échantillonnage de groupes

d'animaux présentant des teneurs très élevées montre l'utilité de nouvelles recherches dans ce domaine.

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à nos collègues des laboratoires de l'Istpm, ainsi qu'à tous les correspondants bénévoles du Centre d'Étude des Mammifères Marins, pour l'aide précieuse qu'ils nous ont apportée en ce qui concerne les observations et les prélèvements sur les animaux trouvés sur nos côtes.

RÉFÉRENCES

- Addison R. F., Kerr S. R., Dale J., Sergeant D. E., 1973. Variation of organochlorine residue levels with age in Gulf of Saint-Lawrence harp seals (*Pagophilus groenlandicus*), *J. Fish. Res. Board Can.*, 30, 595-600.
- Addison R. F., Brodie P. F., 1977. Organochlorine in maternal blubber, milk, and pup blubber from grey seals (*Halichoerus grypus*) from Sable Island, Nova Scotia, *J. Fish. Res. Board Can.*, 34, 937-941.
- Allen J. R., Carstens L. A., Norback D. H., 1974. Biological effects of the polychlorinated biphenyls in nonhuman primates, International Symposium, Environment and Health, n° 55, Paris, juin 1974.
- Alzieu Cl., 1976. Présence de diphénylpolychlorés chez certains poissons de l'Atlantique et de la Méditerranée, *Sci. Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, 258, 1-11.
- Drescher H. E., Harms U., Huschenbeth E., 1976. Organochlorines and heavy metals in harbour seal (*Phoca vitulina*) from the German North Sea coast, *Ciem, CM, 1976/E* : 16.
- Duguy R., Robineau D., 1973. Cétacés et phoques des côtes de France : Guide d'identification, *Annales de la Société de Sciences Naturelles de la Charente-Maritime*, supplément juin 1973, 93 p.
- Duguy R., Vallon D., 1976. Le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) en Méditerranée occidentale : état actuel des observations, *Ciesm Split*, 22-30 octobre 1976.
- Duguy R., Toussaint P., 1977. Recherches sur les facteurs de mortalité des Cétacés sur les côtes de France, *Ciem, CM, 1977/N* : 12.
- Freeman H. C., Sangalang G. B., 1977. A study of the effects of methylmercury, cadmium, arsenic, sélénium, and a PCB (aroclor 1254) on adrénal and testicular stéroïdogèneses *in vitro*, by the gray seal *Halichoerus grypus*, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 5, 3, 369-383.
- Gaskin D. E., Holdrinet M., Frank R., 1971. Organochlorine pesticide residues in harbour porpoises from the bay of Fundy region, *Nature*, 233, 15, 499-500.
- Gaskin D. E., Frank R., Holdrinet M., Ishida K., Walton C. J., Smith M., 1973. Mercury, DDT, and PCB in harbour seal (*Phoca vitulina*) from the Bay of Fundy and Gulf of Maine, *J. Fish. Res. Board Can.*, 30, 471-475.
- Harms U., Drescher H. E., Huschenbeth E., 1977. Further data on heavy metals and organochlorines in mammals from German coastal waters, *Ciem, CM, 1977/N* : 5.
- Helle E., Olsson M., Jensen S., 1976 a. DDT and PCB levels and reproduction in ringed seal from the Bothnin bay, *Ambio*, 5, 4, 188-189.
- Helle E., Olsson M., Jensen S., 1976 b. PCB levels correlated with pathological changes in seal uteri, *Ambio*, 5, 5-6, 261-263.
- Holden A. V., Marsden K., 1969. Single-stage clean-up of animal tissue extracts for organochlorine residue analysis, *J. Chromatogr.*, 44, 481-492.
- Holden A. V., 1970. Monitoring organochlorine contamination of the marine environment by the analysis of residues in seals, *FAO Techn. Conf. on Marine Pollution*, Rome, décembre 1970.
- Jensen S., Kihlström J. E., Olsson M., Lundberg C., Öberg J., 1977. Effects of PCB and DDT on mink (*Mustela vison*) during the reproductive season, *Ambio*, 6, 4, p. 239.
- Jones D., Ronald K., Lavigne D. M., Frank E., Holdrinet M., Uthe J. F., 1975. Biocide residue in the harp seal (*Pagophilus groenlandicus*), *Ciem, CM, 1975/N* : 11.
- Kerkhoff M., De Boer J., 1977. Organochlorine residues in a harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) found dead in the dutch Wadden Sea in 1971, *Ciem, CM, 1977/N* : 2.
- Koeman J. H., Peters W. H. M., Smit C. J., Tjoes P. S., De Goeij J. J. M., 1972. Persistent chemicals in marine mammals, *TNO Niews*, 27, 570-578.
- Otterlind G., 1976. The harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) endangered in Swedish waters, *Ciem, CM, 1976/N* : 16.
- Saschenbrecker P. W., 1973. Levels of DDT and PCB compounds in North Atlantic fin-back whales, *Can. J. Comp. Med.*, 37, 203-206.
- Taruski A. G., Olney C. E., Winn H. E., 1975. Chlorinated hydrocarbons in Cetaceans, *J. Fish. Res. Board Can.*, 32, 2205-2209.
- Thibaud Y., Duguy R., 1973. Teneur en mercure chez les Cétacés des côtes de France, *Ciem, CM, 1973/N* : 2.
- Vicente N., Chabert D., 1978. Recherches de polluants chimiques dans le tissu graisseux d'un dauphin échoué sur la côte méditerranéenne, *Oceanol. Acta*, 1, 3, 331-334.
- Wolman A. A., Wilson Jr A. J., 1970. Occurrence of pesticides in whales, *Pestic. Monit. J.*, 4, 1, 8-10.