

Contamination par les organochlorés des dauphins de Commerson des îles Kerguelen

Organochlorés
Mammifères marins
Océan austral
Iles Kerguelen
Organochlorines
Marine mammals
Southern Ocean
Kerguelen Islands

Alain ABARNOU^a, Daniel ROBINEAU^b, Pierre MICHEL^a

^a Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), Direction Environnement et Recherches Océaniques, Département Milieu et Ressources, Rue de l'Île d'Yeu, BP 1049, 44037 Nantes Cedex.

^b Muséum National d'Histoire Naturelle, Centre National d'Études des Mammifères Marins, Laboratoire d'Anatomie Comparée, 55, rue Buffon, 75005 Paris.

* Nouvelle adresse : IFREMER, Direction Environnement et Recherches Océaniques, Département Environnement Littoral, BP 337, 29273 Brest Cedex.

Reçu le 26/9/84, révisé le 18/6/85, accepté le 24/6/85.

RÉSUMÉ

Les prédateurs de niveau trophique élevé, comme les mammifères marins, ont été largement utilisés pour évaluer la qualité du milieu marin, particulièrement dans les zones côtières de l'Atlantique Nord, voisines de régions industrialisées. Par contre, il existe peu d'informations sur le degré de contamination de ces animaux dans l'hémisphère austral.

Des fragments de tissus adipeux ont été prélevés dans la bosse frontale (melon) sur onze dauphins de Commerson (*Cephalorhynchus commersonii*) capturés dans la zone côtière des îles Kerguelen (Océan Indien austral). On y a recherché, en utilisant la chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire, les composés organochlorés persistants : DDT, PCB (polychlorobiphényles), HCB (hexachlorobenzène). Les niveaux de présence trouvés (DDT = $1\,150 \pm 650$, PCB = $1\,150 \pm 770$, HCB = 500 ± 300), exprimés en ng/g par rapport à la matière extraite (lipides), sont dix à cent fois inférieurs à ceux mesurés chez des espèces analogues fréquentant des zones contaminées de l'hémisphère nord. Le profil de contamination est caractérisé par l'augmentation des composés les plus persistants dans le groupe des PCB, par des niveaux élevés en HCB et par la présence de pics non identifiés.

Cette étude met également en évidence une contamination des animaux femelles inférieure à celle des mâles. De plus, chez celles-ci, la concentration décroît avec l'âge, confirmant ainsi l'importance des phénomènes d'élimination de polluants lors de la gestation ou de l'allaitement. Cela apparaît particulièrement bien dans un environnement faiblement contaminé, où les polluants ainsi éliminés ne sont pas compensés par les apports du milieu.

Oceanol. Acta, 1986, 9, 1, 19-29.

ABSTRACT

Organochlorine contamination of Commerson's dolphin from the Kerguelen Islands

Top predators like marine mammals have been intensively used for monitoring the contamination of the marine environment, particularly in industrialized coastal areas of the Northern Atlantic Ocean. Such data concerning contamination in the Southern hemisphere are very scarce.

Samples were taken in the fatty protuberance of the forehead (melon) from eleven Commerson's dolphins (*Cephalorhynchus commersonii*, Lacépède, 1804) caught in the coastal waters of the Kerguelen Islands (Southern Indian Ocean). They were analyzed for DDT, PCB and HCB, using capillary gaz chromatography.

The levels of contamination [DDT = $1\,150 \pm 650$, PCB = $1\,150 \pm 770$, HCB = 500 ± 300 ng/g of extracted matter (lipids)] are between ten and a hundred times less than those found in similar species from polluted areas of the Northern hemisphere. In this material, the contamination pattern is characterized by the enhancement of the most persistent components in the PCB group, the presence of high level of HCB and the occurrence of unidentified compounds.

Contribution IFREMER n° 36.

The study also shows that female specimens are less contaminated than male ones, particularly when they are sexually mature, in which case contamination also decreases with age. This phenomenon underlines the importance of transfer of pollutants from mother to young during gestation and suckling, and is specially noticeable in a low-contaminated environment.

Oceanol. Acta, 1986, 9, 1, 19-29

INTRODUCTION

Prédateurs de haut niveau trophique, les cétacés odontocètes sont susceptibles d'accumuler d'importantes charges de polluants organochlorés. A ce titre, ils constituent un outil privilégié pour l'analyste afin de faciliter l'identification des polluants rémanents (Kerkhoff *et al.*, 1981) ou pour fournir une image de la contamination chronique des océans (Alzieu, Duguy, 1979; Alzieu *et al.*, 1981; Tanabé *et al.*, 1983 b).

De nombreux travaux ont été ainsi consacrés à la détermination des niveaux de contamination des mammifères marins (Wageman, Muir, 1984) et à leur signification écologique (Carleton Ray, Rockwell, 1982). L'interprétation de telles données reste cependant délicate, pour des raisons qui tiennent à la difficulté de réaliser un échantillonnage représentatif, à la dispersion des résultats de mesures et à l'impossibilité de faire la part de ce qui peut être attribué aux processus biologiques ou aux fluctuations de la contamination ambiante.

Situé dans l'Océan Indien austral, à la limite des zones antarctique et subantarctique, l'écosystème des îles Kerguelen (fig. 1) est relativement isolé et éloigné des sources de contamination. L'échantillonnage de onze dauphins de Commerson qui a pu y être réalisé présente un double intérêt. D'une part, il permet de définir les niveaux de contamination dans l'hémisphère austral, pour lequel peu de données existent, et de contribuer ainsi à la connaissance d'une zone représentative du niveau de base de la pollution à l'échelle de la planète (Ballschmiter, Zell, 1980 b; Ballschmiter *et al.*, 1981). D'autre part, à l'abri d'apports anthropiques, ces individus sont susceptibles de mieux révéler les phénomènes d'élimination de polluants en relation avec les processus biologiques tels que la gestation et l'allaitement.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Origine, nature et conditionnement du matériel étudié

Dans le cadre d'un programme de recherches sur le dauphin de Commerson (*Cephalorhynchus commersonii*, Lacépède 1804), onze individus ont été capturés, en janvier 1983, dans le golfe du Morbihan (sud-est des îles Kerguelen). *C. commersonii* est une espèce de l'hémisphère sud dont la répartition est limitée à la zone subantarctique (extrémité méridionale de l'Amérique du Sud, îles Falkland et Géorgie du Sud). Les premiers résultats des recherches entreprises permettent de penser que la population des îles Kerguelen, très éloignée du domaine principal de l'espèce, constitue un isolat géographique (Robineau, 1985; Robineau, de Buffrenil, 1985). Ces animaux se rencontrent dans la zone côtière

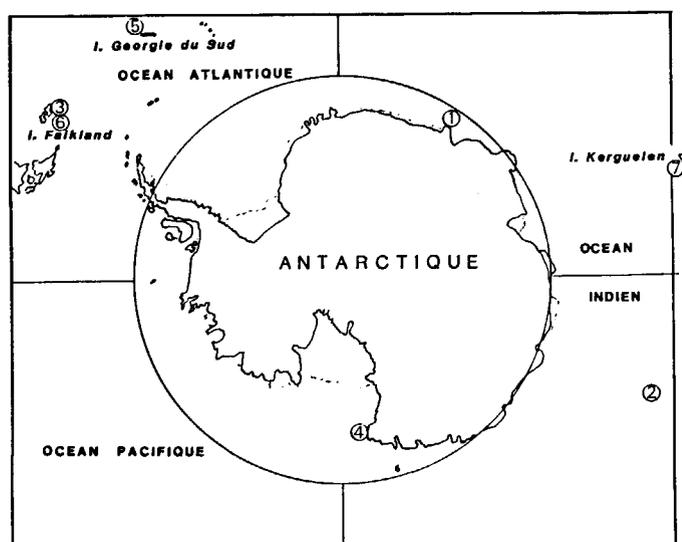


Figure 1
Carte de l'océan austral (les numéros désignent des lieux de prélèvements mentionnés dans le texte).

Map of the Southern Ocean (numbers indicate sampling places cited in the text).

(Robineau, 1985) et se nourrissent, pendant l'été austral, presque exclusivement de poissons (Robineau, Duhamel, 1984), à la différence des individus provenant du foyer principal de l'espèce, qui sont généralement considérés comme omnivores.

Les caractéristiques des spécimens étudiés ont été déterminées : sexe, degré de maturité physique ou sexuelle, âge calculé par l'observation des marques de croissance dentinaires (1 MCD \neq 1 an), poids et taille, longueur totale mesurée du bout du museau au fond de l'encoche de la nageoire caudale. Pour deux de ces dauphins (n° 4 et 5) de masse corporelle identique, le pannicule adipeux, melon y compris, s'est avéré peser également 24 kg, soit sensiblement le tiers de la masse corporelle totale. Cette proportion est sensiblement supérieure à celle déterminée par Tanabé *et al.* (1981 b) pour une autre espèce de dauphin (*Stenella coeruleoalba*), chez qui le lard représente 17,2% du poids total.

Selon ces auteurs, compte tenu de l'importance de la proportion pondérale qu'il représente par individu et de sa teneur en lipides (particulièrement en triglycérides), le tissu graisseux contient la quasi-totalité de la charge en organochlorés (entre 86 et 97%). Ces données soulignent tout l'intérêt de ce type de tissu pour étude sur la contamination d'animaux supérieurs par les organochlorés. D'autres raisons plaident encore pour leur choix dans cette étude : c'est d'une part, la relative homogénéité de ce tissu sur l'ensemble de l'individu, ce qui n'est pas vrai du muscle (Tanabé *et al.*, 1981), d'autre part, son rôle de réserve d'énergie (et de pol-

luants) à la différence des tissus provenant d'organes comme le foie ou le rein, où le caractère rapide des transformations de polluants peut entraîner une variabilité plus grande des teneurs dans un même échantillonnage.

Les prélèvements du matériel analysé ont été effectués dès la capture (janvier 1983) des dauphins et conservés en solution de formol à 10% jusqu'à leur traitement au laboratoire (décembre 1983 - février 1984).

Ce mode de conservation, inhabituel pour ce type d'analyses, pouvait faire craindre une possible contamination des échantillons. Une analyse préalable de la solution de conservation a permis de vérifier que la concentration en PCB était inférieure à 1 µg/l (solution de formol), soit environ mille fois moindre à celles effectivement mesurées dans les tissus. Par mesure de précaution, la prise d'essai (1 à 2 g) a été réalisée au centre d'un fragment de lard, de façon à minimiser les risques de contamination.

Les concentrations ont été exprimées par rapport au poids de lipides (matériel extrait à l'hexane). Le grief porté à l'encontre de la conservation en solution formolée est la possibilité de dessiccation des tissus. Cette perte en eau, difficile à évaluer, entraîne une incertitude sur la détermination du poids réel de la prise d'essai, et ainsi une surestimation de la teneur en lipides. Les teneurs en polluants organochlorés, exprimées par rapport aux lipides, se trouveraient minimisées, dans une proportion qui devrait être inférieure à 20%. Cette estimation de l'incertitude sur les concentrations, due au mode de stockage des prélèvements (erreur systématique) est vraisemblablement majorée, mais reste acceptable pour des études de polluants (notamment si on se réfère aux coefficients de variance inter-laboratoires obtenus lors d'exercices d'intercomparaisons de résultats).

Traitement des échantillons et analyse

Les fragments de tissu sont soumis, après pesée, au traitement habituel pour ce type d'analyse. Brièvement, la suite des opérations comprend : le broyage avec du sable et du sulfate de sodium anhydre, l'extraction à reflux de ce mélange pulvérulent par l'hexane, l'évaporation du solvant et la pesée des graisses extraites.

Une fraction aliquote, correspondant à 200 mg de lipides, est traitée à l'acide sulfurique. Une chromatographie sur colonne de silice permet de séparer les PCB des autres organochlorés avant la chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire et détection par capture d'électrons. Les conditions opératoires sont : chromatographe Varian 3700, colonne en silice fondue (40 m x 0,32 mm), phase greffée SE 54 (épaisseur : 0,12 µm), injecteur direct à 240°C, programmation de température à 3°C/mn entre 160°C et 260°C, gaz porteur hydrogène, nombre de séparations calculé entre les PCB 153 et 138 de l'ordre de 15. L'ensemble analytique entièrement automatisé comprend le passeur d'échantillon, le chromatographe et le micro-ordinateur permettant l'acquisition, le stockage et le traitement des données.

Identification et quantification des polluants

L'identification des composés se fait par comparaison des chromatogrammes à ceux de solutions étalons de pesticides (Analabs) ou de mélanges techniques de PCB type Aroclor 1254. Les différents chlorobiphényles sont référencés selon la nomenclature systématique généralement admise (Ballschmiter, Zell, 1980 a).

Le calcul des concentrations en pesticides et en PCB est réalisé par étalonnage externe. La quantification exacte des PCB reste délicate. En effet, les chromatogrammes obtenus (fig. 2), semblables pour l'ensemble des extraits, diffèrent notablement de ceux des mélanges techniques de PCB. La référence à de tels mélanges ne se justifie donc plus. On a pu mesurer la concentration dans les extraits pour quatre composés majoritaires (118, 153, 138 et 180) disponibles en solutions étalons. La somme de ces quatre principaux composés conduit à une estimation par défaut des PCB.

Une meilleure approche de la contamination totale en PCB a néanmoins pu être réalisée à partir de compositions de mélanges techniques publiées. Pour cela on a admis pour le produit technique, pris comme référence dans cette série d'analyses, une composition identique à celle du mélange Clophen A 50 proposée par Duinker et Hillebrand (1983 a). A partir de celle-ci, nous avons calculé pour chaque pic identifié un facteur de réponse du détecteur dans les mêmes conditions opératoires, et ensuite la concentration des principaux chlorobiphényles dans les extraits. Ceci a été réalisé pour dix huit composés apparaissant de façon prépondérante dans les extraits afin d'établir la composition moyenne en PCB présents dans le lard des onze dauphins (tab. 1). Il se confirme que les quatre PCB utilisés pour la quantification sont effectivement majoritaires et constituent près de 58% du total des PCB identifiés. A partir de la somme des quatre PCB mesurés, on peut, en tenant compte de la part qu'ils représentent dans la composition en PCB totaux, estimer les concentrations

Tableau 1

Composition de la fraction PCB isolée du tissu adipeux des dauphins de Commerson calculée sur la base des composés majoritaires et compositions des mélanges techniques selon Duinker (1983 a).

Percentage content of main individual components in the PCB fraction isolated from blubber of Commerson's dolphins and in technical mixtures according to Duinker (1983 a).

PCB	Structure	Composition (%)		
		Extrait	Clophen A50	Clophen A60
153	22'44'55'	20,3 ± 1,9	3,2	8,6
138	22'344'5'	16,6 ± 1,8	6,0	11,3
180	22'344'55'	13,1 ± 3,3	0,2	8,9
149	22'34'5'6	9,1 ± 2,5	4,1	9,6
118	23'44'5	8,7 ± 2,3	10,5	1,0
170	22'33'44'5	5,9 ± 1,6	0,6	5,2
187	22'34'55'6	5,6 ± 1,0	0,3	3,8
151	22'355'6	4,6 ± 1,7	0,6	4,7
183	22'344'5'6	4,2 ± 1,0	0,3	3,1
99	22'44'5	3,2 ± 0,6	2,5	0,2
101	22'455'	3,0 ± 0,8	6,1	4,1
177	22'33'4'56	2,3 ± 0,6	0,3	3,4
176	22'33'466'	2,2 ± 1,7	0,7	1,3
174	22'33'456'	1,8 ± 0,4	0,3	4,9
128	22'33'44'	1,6 ± 0,6	1,4	1,2
141	22'3455'	1,1 ± 0,3	0,7	1,8
52	22'55'	1,9 ± 0,9	6,8	1,1
95	22'35'6	1,0 ± 0,4	2,3	3,9

en PCB totaux dans le tissu adipeux des dauphins. Ce sont ces données (PCBt) qui seront prises en compte lors de la discussion des résultats, sachant qu'il s'agit ici de chlorobiphényles effectivement présents dans les extraits.

Dans ces conditions, le test du blanc analytique s'est avéré négatif, et pour une prise d'essai correspondant à 200 mg de graisses, les limites de sensibilité de la méthode correspondent à 25, 5 et 10 ng/g (poids de lipides) pour les PCB totaux, le DDE et le DDT respectivement.

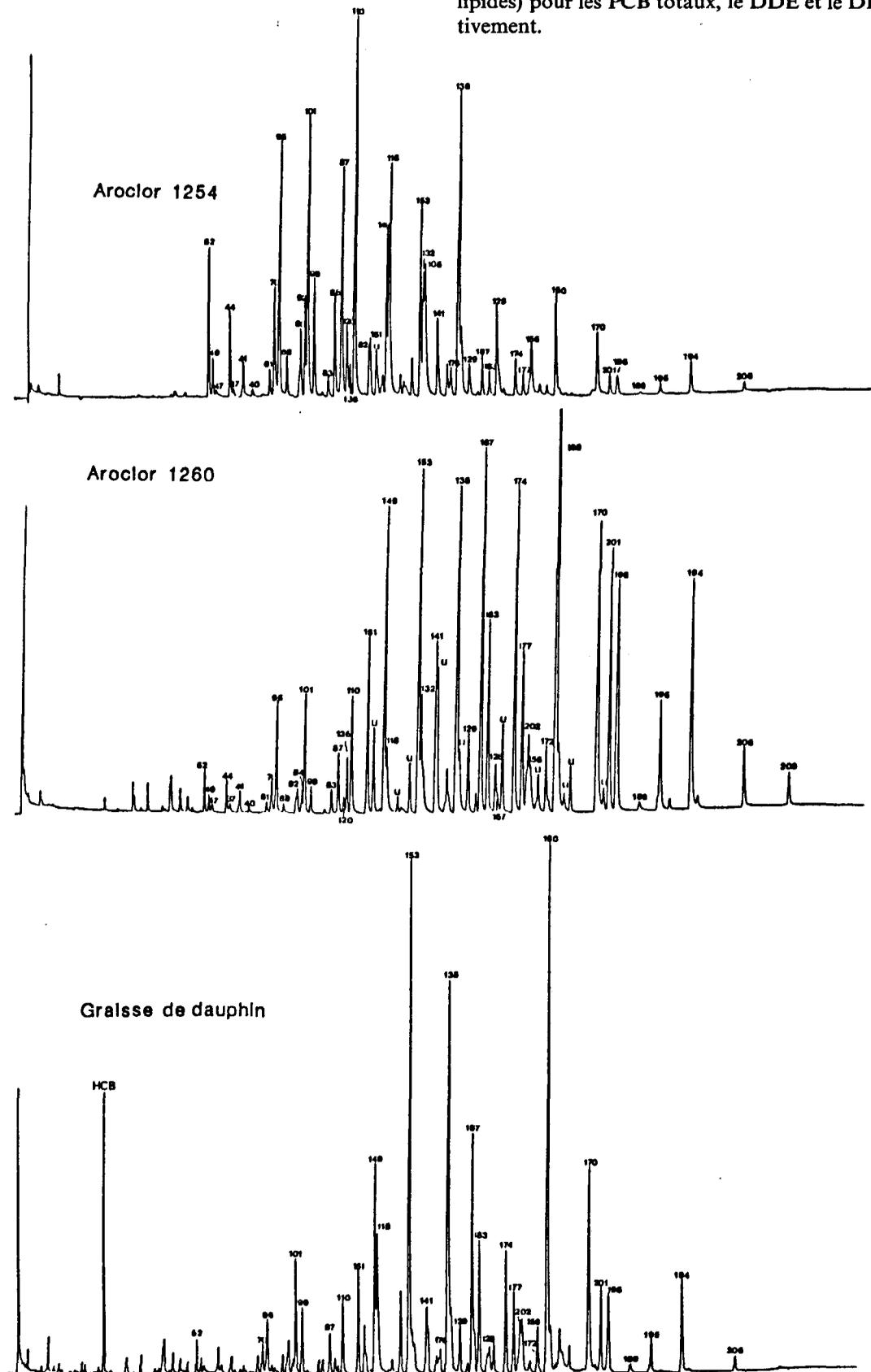


Figure 2
 Chromatogrammes d'extrait de graisse de dauphin de Commerson (1^{re} fraction) et de mélanges techniques de PCB.
 Chromatograms of an extract of blubber from Commerson's dolphin (1st fraction) and of technical PCB mixtures.

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Identification des polluants

La fraction I contient les composés apolaires facilement identifiables tels que les polychlorobiphényles (PCB).

Une purification complémentaire de cette fraction par chromatographie liquide haute performance a permis d'isoler les PCB pour en préciser le profil sans interférences (élimination du pp'DDE). Le chromatogramme obtenu (fig. 2a) diffère notablement de ceux des mélanges techniques (fig. 2b, c) par l'absence des PCB les moins chlorés (moins de quatre atomes de chlore par molécule) et par la disparition de certains composés plus substitués.

L'examen détaillé des chromatogrammes a permis d'établir le profil moyen en PCB, nécessaire à la quantification. Les composés majoritaires identifiés (tab. 1) sont connus pour leur grande persistance dans l'environnement. Il s'agit des composés systématiquement trouvés dans tous les compartiments du biotope. Caractérisés par une faible hydrosolubilité et une grande affinité pour les lipides, ces PCB majoritaires sont bioaccumulés le long de la chaîne alimentaire et ne sont que très lentement éliminés (Tanabé, 1981a; Niimi, Oliver, 1983). Leur résistance à toute dégradation s'explique par un schéma de substitution inhibant les mécanismes de métabolisation par hydroxylation (absence de paire d'atomes de carbone adjacents non substitués). C'est particulièrement le cas des molécules contenant les demi-structures, substituées aux positions -2345, -245, très représentées dans les mélanges techniques, qui prédominent dans ces extraits.

Selon Aumont (1982), la capacité de métaboliser les PCB est plus importante chez les mammifères que chez les autres organismes aquatiques. A ce titre, les dauphins étudiés fournissent un profil des PCB renfermant les structures les plus rémanentes présentes dans un écosystème peu contaminé.

Dans cette première fraction, on trouve également d'autres composés très stables dans l'environnement, comme l'hexachlorobenzène et le pp'DDE, principal métabolite du DDT.

La seconde fraction contient des composés sensiblement plus polaires. Outre les autres composés du groupe du DDT, on y trouve un nombre important de composés inconnus. Dans ce même type d'échantillons, Ballschmiter et Kramer (comm. pers.) ont reconnu l'empreinte du toxaphène (polychlorocamphènes), produit qu'ils considèrent comme un polluant majeur de l'hémisphère austral dont l'origine ne peut pour l'instant être expliquée (Ballschmiter *et al.*, 1980b). Kawano *et al.* (1984) ont identifié dans le lard de phoques de l'Antarctique les composés du groupe du chlordane à des teneurs comparables à celles des PCB et du DDT.

Les niveaux de contamination

Les résultats de nos analyses (tab. 2) mettent en évidence une contamination par les organochlorés que l'on peut qualifier de faible en regard de celle observée chez des animaux fréquentant des zones côtières soumises à des apports polluants. Les concentrations mesurées sont en moyenne : DDT total = $1\,150 \pm 650$, PCB totaux = $1\,150 \pm 770$, HCB = 500 ± 300 ng/g de matière extraite. L'assimilation de la matière extraite aux lipides permet de situer les niveaux de contamination de ces dauphins par rapport à ceux mesurés dans d'autres éléments de l'écosystème antarctique et subantarctique (tab. 3).

La circulation atmosphérique générale semble devoir jouer un rôle important dans la dispersion de ces contaminants dans la biosphère, y compris dans des régions aussi éloignées des sources de pollution (Risebrough *et al.*, 1976; Atlas, Giam, 1981).

Si l'on se réfère au matériel biologique déjà étudié, des oiseaux le plus souvent, les teneurs observées chez les dauphins de Commerson se situent généralement parmi les plus élevées. Norheim *et al.* (1982) signalent cependant un oiseau (skua de l'Antarctique) particulièrement contaminé. Il s'agit d'une espèce pouvant se nourrir essentiellement de cadavres d'autres oiseaux ou de phoques. Les concentrations les plus élevées en polluants organochlorés ont été rapportées par Alzieu *et al.* (1981) qui ont mesuré dans le lard d'un orque, provenant aussi des îles Kerguelen, des teneurs en PCB et

Tableau 2

Concentrations en composés organochlorés exprimées en ng/g lipides extraits dans le tissu adipeux des dauphins de Commerson (pourcentage de lipides calculé par rapport au poids humide).

Organochlorine concentrations expressed in ng/g extracted lipids from blubber of Commerson's dolphins (percentage of lipid calculated on the basis of the wet weight).

Individu n°	% Lipides	HCB	PCB						DDT		HCH		DDE/ΣDDT	ΣDDT/PCB _i	
			118	153	138	180	Σ ₄ PCB	PCB _i	pp'DDE	pp'DDT	ΣDDT	α			γ
			1	74,8	643	89	484	412	286	1271	2180	740			342
2	99,4	536	171	686	471	451	1779	3051	1404	675	2423	10	5	0,58	0,79
3	81,5	635	112	466	257	268	1103	1892	1118	432	1938	6	—	0,58	1,02
4	96,6	123	34	62	62	107	265	455	71	67	179	3	—	0,40	0,39
5	96,7	424	106	281	243	255	885	1518	316	194	672	5	—	0,47	0,44
6	86,4	30	50	130	76	118	374	642	176	266	533	4	—	0,33	0,83
7	75,9	624	58	284	171	139	652	1118	447	376	1070	8	7	0,42	0,96
8	87,2	75	21	199	121	174	515	883	206	81	337	4	—	0,61	0,38
9	80,7	863	68	457	230	240	995	1707	509	537	1258	9	5	0,40	0,74
10	80,1	649	54	301	168	145	668	1146	545	382	1169	9	5	0,47	1,02
11	88,0	905	88	631	315	405	1439	2468	691	611	1575	14	11	0,44	0,64
Moyenne	86,1	500	77	362	230	235	904	1551	566	360	1140	7,4		0,475	0,704
Écart-type	8,10	290	40	190	123	109	447	766	388	191	655	3,2		0,085	0,220

Tableau 3

Concentrations en quelques polluants organochlorés dans divers éléments des écosystèmes antarctique et subantarctique (les chiffres désignent les lieux de prélèvement sur la carte : fig. 1).

Concentrations of some organochlorine pollutants in various parts of the Antarctic and sub-Antarctic ecosystems (numbers indicate the sampling places on the map: Fig. 1).

Nature du prélèvement	Date	Lieu	ΣDDT	PCB	HCB	Références
Air	1982	(1)	20-240 pg/m ³	64-180 pg/m ³		Tanabé <i>et al.</i> (1983 a)
Neige			40 pg/l			Peterle (1969)
		(2)	0,5 pg/l			Risebrough (1976)
	1981	(1)	15 pg/l	160 pg/l		Tanabé <i>et al.</i> (1983 a)
Eau de mer	1981	(1)	1,3-1,5 pg/l	35-70 pg/l		Tanabé <i>et al.</i> (1983 a)
Krill :						
– <i>Euphausia sp.</i>	1975	(2)	33 ng/g	3 ng/g		Risebrough (1976)
Poissons :						
– <i>Nothothenia neglecta</i>			25 ng/g			Tatton et Ruzicka (1967)
– <i>Dissostichus eleginoides</i> (foie)	1978	(3)	11,5 ng/g	32 ng/g	7,5 ng/g	Ballschmiter et Zell (1980 b)
– <i>Pagothenia borchgrevinski</i>	1981	(1)	9 ng/g	3,4 ng/g		Subramanian <i>et al.</i> (1983)
– <i>Trematomus bernacchii</i>	1981	(1)	12,7 ng/g	3,1 ng/g		Subramanian <i>et al.</i> (1983)
– <i>Trematomus hansonii</i>	1981	(1)	15,8 ng/g	7,6 ng/g		Subramanian <i>et al.</i> (1983)
Oiseaux :						
– Manchots :						
<i>Pygoscelis adeliae</i> :						
* lard	1964	(4)	87 ng/g			Sladen <i>et al.</i> (1966)
* œufs	1967		128 ng/g			Risebrough <i>et al.</i> (1968)
* œufs	1970		137 ng/g (DDE)	80 ng/g		Risebrough (1976)
* œufs	1973		204 ng/g	73 ng/g		Risebrough (1976)
* œufs	1975		139 ng/g	56 ng/g		Risebrough (1976)
<i>Pygoscelis papua</i>	1975		168 ng/g	72 ng/g		Risebrough (1976)
<i>Pygoscelis antarctica</i> :						
* œufs	1975		172 ng/g	42 ng/g		Risebrough (1976)
* lard	1964		18-60 ng/g			Tatton et Ruzicka (1967)
* lard	1977-79	(5)	150 ng/g		140 ng/g	Norheim <i>et al.</i> (1982)
– Divers	1977	(6)	3-100 ng/g	40-3720 ng/g	3-10 ng/g	Hoerschelmann <i>et al.</i> (1979)
– <i>Catharacta maccormickii</i> (skua de l'Antarctique)		(5)	4600 ng/g	4100 ng/g	3000 ng/g	Norheim <i>et al.</i> (1982)

DDT de 15700 et 3800 ng/g respectivement. Il s'agit là d'un « super prédateur », se nourrissant de manchots, de pinnipèdes ou de petits cétacés, et par ailleurs susceptible de se déplacer dans une aire géographique plus vaste que les dauphins étudiés.

Interprétation géographique de la contamination

On dispose de relativement peu de données sur la contamination des mammifères marins vivant dans cette région de l'océan austral, et plus généralement de l'hémisphère Sud. Les valeurs relevées dans les publications (tab. 4) concernent les polluants organochlorés les plus communément recherchés comme les PCB et surtout le DDT.

En effet, les premiers travaux dans le domaine des contaminants organochlorés étaient surtout consacrés aux pesticides et plus particulièrement à ceux du groupe du DDT. Les difficultés rencontrées pour séparer les PCB des autres pesticides ont pu conduire à une surévaluation des niveaux de contamination en DDT, même si ceux-ci restent relativement peu élevés. Les teneurs sont généralement exprimées par rapport aux lipides qui, dans les tissus adipeux d'animaux de rangs trophiques élevés tels que les dauphins, sont peu différentes des concentrations exprimées en poids frais.

Les teneurs les plus faibles sont observées (tab. 5) chez les phoques de l'Antarctique. Selon Hidaka *et al.*

(1983), ces animaux chassent le plus souvent sous la banquise, dans un environnement à l'abri des apports atmosphériques, source principale de pollution. Les grands cétacés, qui se nourrissent de petits crustacés planctoniques, sont plus contaminés. Les teneurs les plus fortes sont observées chez les odontocètes, en relation avec le régime alimentaire. C'est plus particulièrement le cas des individus fréquentant les eaux côtières comme le dauphin de la Plata (*Pontoporia blainvillei*) espèce confinée à un estuaire contaminé par les pesticides (O'Shea *et al.*, 1980).

La comparaison des concentrations en composés organochlorés trouvées dans le tissu adipeux d'espèces voisines de diverses provenances permet une meilleure interprétation géographique de la contamination. Gaskin (1982) a ainsi proposé une cartographie au niveau de l'océan mondial basée sur les mesures effectuées sur les graisses de cétacés. Les valeurs trouvées chez les dauphins de Commerson sont 10 à 100 fois moins élevées que celles rencontrées chez des delphinidés fréquentant les eaux côtières de l'Atlantique Nord-Est (tab. 5).

D'un point de vue qualitatif, ces faibles niveaux de contamination observés chez les dauphins des îles Kerguelen s'accompagnent d'empreintes de polluants différentes de celles communément observées chez des individus originaires de l'hémisphère Nord. Ces échantillons, prélevés sur des espèces de niveau trophique élevé

vivant dans un environnement éloigné des sources de pollution, contiennent les composés persistants, récalcitrants à toute dégradation physico-chimique ou biologique.

On a précédemment interprété le profil des PCB (tab. 2). La seule considération des composés majoritaires n'a cependant pas mis en évidence de distinction importante entre la composition des PCB chez les

dauphins de Commerson et celle observée par Duinker et Hillebrand (1983 b) chez un spécimen nettement plus contaminé (22 700 ng/g). L'absence d'isomères peu chlorés (52, 95) dans nos échantillons s'explique tout autant par le bas niveau de contamination (qui peut occulter ces composés à faible facteur de réponse), que par son ancienneté qui a permis l'élimination ou la dégradation de certaines substances.

Tableau 4

Niveaux de contamination par les organochlorés des mammifères marins de l'hémisphère sud (concentrations en ng/g de lipides trouvées dans les tissus adipeux).

Level of organochlorine contamination of marine mammals from the Southern hemisphere (concentrations in ng/g lipids found in blubber).

Prélèvement		DDT	PCB	Références
Nature	Date Lieu			
Pinnipèdes :				
– <i>Lobodon carcinophagus</i> (phoque crabier)	1964 Antarctique	39		Sladen <i>et al.</i> (1966)
– <i>Hydrurga leptonyx</i> (phoque léopard)	1975 Antarctique	81	43	Risebrough <i>et al.</i> (1976)
– <i>Leptonychotes weddelli</i> (phoque de weddel) :				
* nouveau-né	1981	25	5	Hidaka <i>et al.</i> (1983)
* adulte	1981	190	42	Hidaka <i>et al.</i> (1983)
– <i>Ommatophaca rossi</i> (phoque de Ross)	1982 Terre de la Reine Maud	75 (30-145)	88 (5-760)	McClurg (1984)
Cétacés :				
Grands cétacés :				
– <i>Balaenoptera acutorostrata</i>	1974 Hémisphère sud	350 (30-1600)		Henry et Best (1983)
– <i>Balaenoptera physalus</i>	1974 Hémisphère sud	272 (80-480)		Henry et Best (1983)
– <i>Balaenoptera borealis</i>	1974 Hémisphère sud	220		Henry et Best (1983)
– <i>Physeter macrocephalus</i>	1974 Hémisphère sud	720 (250-1950)		Henry et Best (1983)
– <i>Balaenoptera edeni</i> (2)	1983 Large côte du Chili	173-1006		Pantoja <i>et al.</i> (1984)
– <i>Balaenoptera physalus</i> (1)	1983 Large côte du Chili	54		Pantoja <i>et al.</i> (1984)
Huiles raffinées de grands cétacés :				
– <i>Balaenoptera musculus</i>	1950 Antarctique	310		Addison <i>et al.</i> (1972)
– <i>Balaenoptera borealis</i>	1950 Antarctique	180		Addison <i>et al.</i> (1972)
– <i>Physeter macrocephalus</i>	Pacifique Sud	270	752	Ballschmiter et Zell (1980 b)
Delphinidés :				
– <i>Grampus griseus</i> (dauphin de Risso)	Côte Atlantique de l'Afrique du sud	256		Aucamps <i>et al.</i> (1971)
– <i>Delphinus delphis</i> (2) (dauphin commun) et <i>Lagenorhynchus obscurus</i> (1) (lagenorhynque)	Nouvelle Zélande	12500	1100-7000	Koeman <i>et al.</i> (1972)
– <i>Pontoporia blainvillei</i> (8) (dauphin de la Plata)	Uruguay	12200	4400	O'Shea <i>et al.</i> (1980)
– <i>Orcinus orca</i> (orque)	1980 Iles Kerguelen	15700	3800	Alzieu <i>et al.</i> (1981)
– <i>Cephalorhynchus commersonii</i> (dauphin de Commerson)	1983 Iles Kerguelen	1150 (200-2400)	1260 (200-2600)	Ce travail

Tableau 5

Comparaison des niveaux de contamination (ng/g lipides) par le DDT et ses métabolites et par les PCB de delphinidés de provenances diverses.
Comparison of the levels of DDT and PCB residues in blubber of delphinidae from various origins (ng/g lipid).

	Espèce	ΣDDT	PCB	Références
– Iles Kerguelen	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	1 150 (180-2 400)	1 550 (450-3 050)	Ce travail
– Côtes sud africaines	<i>Grampus griseus</i>	260		Aucamps <i>et al.</i> (1971)
– Côtes de France	<i>Grampus griseus</i>	70 000	68 000	Alzieu et Duguy (1979)
* Atlantique	<i>Stenella coeruleoalba</i>	38 200 (DDE)	47 700	Alzieu et Duguy (1979)
* Méditerranée	<i>Stenella coeruleoalba</i>	346 900-455 300 (DDE)	172 200-259 700	Alzieu et Duguy (1979)
– Mer du Nord :				
* Wadden Sea	<i>Phocoena phocoena</i>	660-28 200	24 000-6 400	Duinker <i>et al.</i> (1979)
* Côte néerlandaise	<i>Phocoena vitulina</i>		72 000-110 000	Van der Zande et de Ruiter (1983)
* Côte allemande	<i>Phocoena phocoena</i>	2 700	17 000	Harms <i>et al.</i> (1977)
* Est Écosse	<i>Lagenorhynchus albirostris</i>	30 000-70 000	20 000-220 000	Kerkhoff <i>et al.</i> (1981)
– Mer Baltique	<i>Phocoena phocoena</i>	32 000-52 000	97 000-160 000	Harms <i>et al.</i> (1977)
– Côtes de Nouvelle-Zélande	<i>Delphinus delphis</i> (3) + <i>Lagenorhynchus obscurus</i>	12 500	1 100-7 000	Koeman <i>et al.</i> (1972)
– Côtes du Japon	<i>Stenella coeruleoalba</i>	44 500	30 700	Tanabé <i>et al.</i> (1981 b)

Les données relatives aux delphinidés de l'hémisphère Nord (tab. 5) mettent en évidence une prépondérance des contaminants d'origine industrielle, comme les PCB. Leur augmentation récente dans l'hémisphère Sud est révélée par ces données. Les composés du groupe du DDT restent cependant relativement importants dans le matériel étudié, en relation possible avec un maintien de l'utilisation de ces insecticides chlorés dans les pays tropicaux, et leur transport vers les pôles par la circulation atmosphérique.

L'observation de faibles proportions de DDE dans le DDT total vient à l'appui de cette hypothèse. En effet, ce métabolite, dont l'importance témoigne de l'ancienneté de la contamination, représente ici environ la moitié du DDT total (0,4-0,6). Cette proportion reste néanmoins bien inférieure à celle notée sur des delphinidés échoués sur les côtes de France où nous avons mesuré pour le rapport DDE/ Σ DDT des valeurs de l'ordre de 0,7. Les déterminations de polluants effectuées par Tanabé *et al.* (1981b) sur un dauphin (*Stenella coeruleoalba*), pourtant nettement plus contaminé, conduisent à une valeur de 0,85 pour ce rapport. Parmi les polluants organochlorés moins systématiquement étudiés, ces analyses ont révélé des niveaux de présence élevés pour l'hexachlorobenzène. Les teneurs mesurées dans ces dauphins, de l'ordre de 500 ng/g, sont supérieures à celles relevées (200-400 ng/g) chez des spécimens (échoués sur les côtes de France) pourtant sévèrement contaminés par les autres polluants organochlorés. Elles sont comparables à celles mesurées dans la chair de salmonidés des Grands Lacs américains par Niimi (1979). Plusieurs auteurs, cités par Ballschmiter *et al.* (1981), ont déjà signalé l'importance de la contamination par le HCB du matériel en provenance de l'océan austral. La présence de ce composé résulte soit de l'incinération d'hydrocarbures chlorés, soit de son utilisation accrue comme fongicide (Goldberg, 1983).

Variation de la contamination avec l'âge et le sexe

Les concentrations des différents polluants dans les extraits de tissu adipeux de ces onze dauphins varient simultanément d'un individu à l'autre, comme le montrent les coefficients de corrélation calculés (tab. 6).

Par contre, pour un même groupe de composés, les concentrations mesurées dans les différents individus varient dans un domaine plus large.

La représentation graphique (fig. 3) des concentrations en fonction de l'âge fait clairement apparaître des différences de contamination dépendantes du sexe des dauphins. Pour les mâles, les concentrations en orga-

nochlorés dans le lard augmentent avec l'âge, alors que chez les femelles, elles sont moindres, et décroissent. Chez celles-ci, les points figuratifs sont plus dispersés de part et d'autre de la droite moyenne (calculée par la méthode des moindres carrés) traduisant une situation plus complexe.

Dans une population assujettie aux mêmes contraintes environnementales, qui sont ici minimales, c'est évidemment les processus physiologiques liés à la reproduction qui sont susceptibles d'expliquer les faibles niveaux de contamination des dauphins femelles. La taille trop réduite de notre échantillonnage ne permet pas une interprétation statistique des données. Toutefois, de manière évidente, on peut séparer les dauphins étudiés en deux classes. La première est constituée des femelles immatures (n^{os} 7, 10) et des mâles pour lesquels les concentrations en polluants augmentent avec l'âge. La seconde comprend les femelles ayant atteint la maturité sexuelle qui éliminent plus de polluants qu'elles n'en accumulent par l'alimentation.

De telles observations ont déjà été réalisées chez les pinnipèdes exposés aux polluants organochlorés (Addison, Brodié, 1977; Helle *et al.*, 1976a et b; Helle *et al.*, 1983). Les travaux de Helle *et al.* (1976a et b) notamment, consacrés aux phoques de la Baltique (*Phoca hispida*), ont révélé que leur contamination élevée était corrélée à des anomalies de l'appareil génital. Ces résultats sont susceptibles d'expliquer une raréfaction constatée de l'espèce. Ils confirment également l'importance des transferts de polluants vers le fœtus pendant la gestation. En effet, aux teneurs observées chez la mère (PCB : 73 μ g/g) et les fœtus (PCB : 49 μ g/g) s'opposent des concentrations sensiblement plus élevées chez les mâles (100 μ g/g) et les femelles affectées de troubles de la reproduction (110 μ g/g) excluant cette voie d'élimination des polluants.

Chez les dauphins, de semblables observations sont plus difficilement réalisables, en raison des problèmes d'échantillonnage. Plusieurs auteurs, Duinker et Hillebrand (1979), Alzieu et Duguy (1979), Alzieu *et al.* (1982) ont pu démontrer l'existence de transferts de polluants au cours de la gestation par des mesures sur les tissus foetaux recueillis lors d'échouage de femelles gestantes. Gaskin *et al.* (1976) ont de 1969 à 1973 suivi l'évolution de la contamination des marsouins (*Phocoena phocoena*) de la côte est du Canada, et signalé des teneurs plus faibles chez les individus femelles.

Malgré leur nombre restreint, les prélèvements analysés ici révèlent bien ces transferts. A notre connaissance, c'est la première fois que pour des delphinidés les différences de niveaux de contamination entre mâles et

Tableau 6

Coefficients de corrélation inter-paramètres.
Correlation coefficients between parameters.

	HCB	DDE	Σ DDT
DDE	0,552 p>90		
Σ DDT	0,686 p>98	0,977 p>99	
PCB ₁	0,668 p>95	0,876 p>99	0,898 p>99

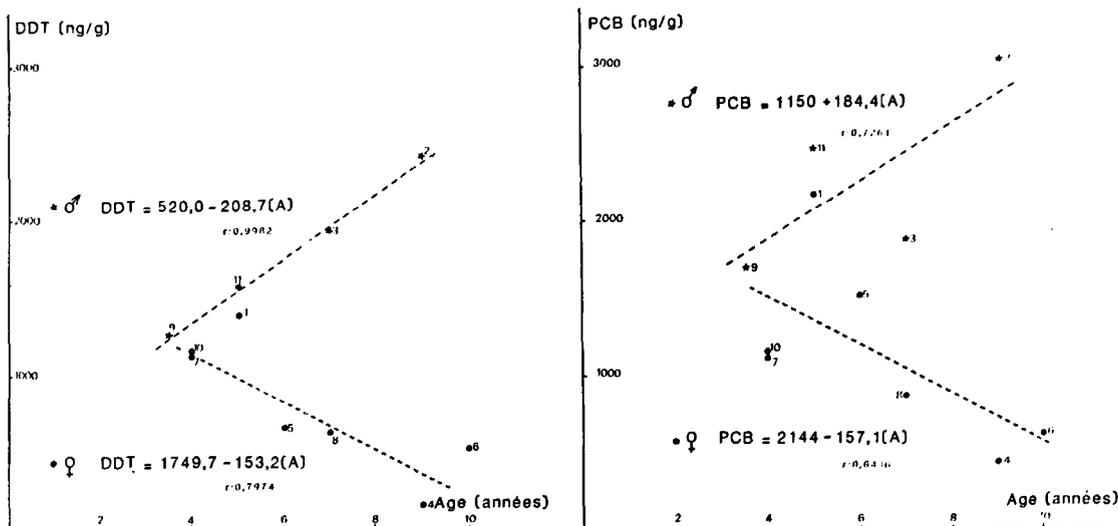


Figure 3

Dauphin de Commerson. Variation avec l'âge de la contamination en DDT total (DDE-DDD-DDT) et PCB.

Commerson's dolphin. Variation with age of the contaminant levels DDT and PCB.

femelles apparaissent de manière aussi sensibles, car les apports du milieu ambiant sont des plus réduits, facilitant ainsi l'observation des facteurs biologiques, les concentrations de polluants organochlorés mesurées dans le lard des cétacés traduisent un équilibre entre les apports du milieu par l'alimentation, et leur élimination par biotransformation, excrétion ou transferts inter-organes. Entre les mâles et les femelles, seules les voies de transfert diffèrent. La reproduction crée pour la mère des besoins énergétiques supplémentaires, entraînant une mobilisation plus rapide des graisses de réserve. Les polluants lipophiles, accumulés dans les tissus adipeux de la mère sont véhiculés vers le jeune par l'intermédiaire du sang et du lait, fluides très riches en lipides. Les graisses ainsi mobilisées sont rapidement régénérées par une alimentation qui ne compense pas les départs de polluants accumulés sur une période plus longue.

Évaluation des transferts de polluants

Les mesures de concentrations réalisées chez les dauphins de Commerson femelles mettent en évidence les phénomènes d'élimination de polluants liés aux processus de la reproduction : gestation et allaitement. Il reste cependant difficile de faire la part de ces deux voies possibles de transferts de polluants de la mère vers leurs jeunes.

Addison et Brodie (1977) ont pu calculer que chez les phoques, les mères perdaient au cours de l'allaitement de leur petit jusqu'à 15% de leur charge en PCB. Chez les delphinidés, les analyses sur des tissus foetaux ont mis en évidence la possibilité de transfert *in utero*. Les estimations de Duinker et Hillebrand (1979), basées sur l'observation de teneurs identiques chez les mères et leurs foetus, conduiraient à des transferts de l'ordre de 15% de la contamination initiale des femelles pendant la gestation. Alzieu *et al.* (1982) ont, pour leur part, observé sur des foetus de delphinidés, des concentrations en organochlorés généralement inférieures à celles des mères, à l'exception d'un spécimen nettement plus contaminé. Tanabé *et al.* (1981b, c), Tanabé *et al.*

(1982) ont d'une part considéré le caractère apolaire de ces molécules s'opposant à leur transport vers le foetus au-delà de la barrière placentaire, et d'autre part étudié les besoins énergétiques des dauphins pour conclure que près de 90% des organochlorés transmis aux jeunes dauphins l'étaient au cours de l'allaitement.

Ces diverses estimations reflètent la difficulté de l'évaluation des voies de ces transferts qui, compte tenu des effets potentiels sur les tout jeunes dauphins, méritent des efforts d'investigation. A titre indicatif, les concentrations que nous avons mesurées chez les dauphins de Commerson permettent l'évaluation des quantités d'organochlorés transférées. En admettant que la totalité des polluants soit contenue dans le pannicule adipeux des dauphins, qui représente le tiers de la masse globale de ces animaux, la charge en polluants est de l'ordre de quelques dizaines de milligrammes par individu (tab. 7). A âge égal, la différence de charge en polluants entre mâles et femelles constitue une assez bonne estimation de la quantité transférée. Elle serait ici de l'ordre de 10mg/an pour chacun des grands groupes de polluants étudiés, et de plus décroîtrait avec l'âge selon le nombre de parturitions. Dans le cas d'un transfert *in utero*, les quantités reçues par le jeune conduisent à des concentrations pouvant entraîner une intoxication néonatale et de plus, bien supérieures à celles mesurées chez la mère, ce qui s'explique mal d'un point de vue chimique. Dans l'hypothèse plus généralement admise d'un transfert au cours de l'allaitement, les quantités transférées peuvent être plus importantes, mais le processus se fait sur une période plus longue. De plus, les quantités transférées sont reçues par un animal de taille plus importante (dilution), totalement indépendant de la mère. On devine l'insuffisance de nos prélèvements pour discerner les voies majeures de l'élimination des polluants. La réponse à cette question réclame la disponibilité d'un échantillonnage étendu aux tout jeunes individus, éventuellement à des foetus, pour tenter de situer les niveaux de présence en regard des quantités transférées. Elle suppose une meilleure connaissance de la biométrie des individus, des durées des cycles de la gestation et de l'allaitement.

Tableau 7

Données biométriques et niveaux de contamination par les organochlorés des dauphins de Commerson : concentration dans le tissu adipeux et charge globale par individu en admettant que le pannicule adipeux représente le tiers du poids total de l'individu.

Biometric data and levels of the organochlorine contamination of the Commerson's dolphins: concentration in blubber and whole body burden assuming that the whole blubber weight represents the third of the individual body weight.

Individu n°	Sexe	Age (an)	Maturité		Poids (kg)	Taille (cm)	PCB		ΣDDT	
			Physique	Sexuelle			Concentration (ng/g)	Quantité (mg)	Concentration (ng/g)	Quantité (mg)
1	F	5		+	66	166	2180	48	1396	31
2	M	9	+	+	78	167	3051	79	2423	63
3	M	7		?	70	164	1892	44	1938	45
4	F	9	+	+	74	174	455	11	179	4
5	F	6		+	74	165	1518	37	672	17
6	F	10	+	+	86	172	642	18	533	15
7	F	4			68	155	1118	25	1070	24
8	F	7		+	72	167	883	21	337	8
9	M	3-4			55	143	1707	31	1258	23
10	F	4			67	165	1146	26	1169	26
11	M	5			68	156	2468	48	1575	30

La détermination des polluants et des lipides dans le lait et le sang est souhaitable, car ces fluides biologiques jouent un rôle essentiel dans la redistribution des organochlorés. Enfin, il semble que le rôle des lipides ait été dans une certaine mesure sous-estimé. Ces constituants de la matière vivante constituent une réserve à la fois d'énergie et de polluants remobilisables suivant les besoins, et peuvent influencer, de par leur composition, sur la répartition des polluants (modification du coefficient de partage polluant/lipides suivant leur polarité relative).

CONCLUSION

Éloigné de toute source de pollution, l'océan austral peut vraisemblablement être considéré comme une des régions les moins contaminées de notre planète.

La présence de contaminants rémanents comme les organochlorés, signalée depuis 1965, est confirmée ici. Les niveaux de contamination des dauphins de Commerson sont cependant inférieurs de un à deux ordres de grandeur à ceux constatés chez les espèces voisines provenant de régions industrialisées de l'Atlantique Nord.

Dans ce secteur peu contaminé, les facteurs biologiques influençant la contamination sont prépondérants : les phénomènes de transferts de polluants lors de la gestation et de l'allaitement apparaissent de manière particulièrement évidente, car ils ne sont pas masqués par des apports abondants du milieu ambiant.

L'utilisation des dauphins de Commerson comme espèce indicatrice de la qualité de l'environnement antarctique est très séduisante. Ils révèlent particulièrement bien les polluants récalcitrants à toute dégradation, biotique ou abiotique, accumulés le long des réseaux trophiques, comme les PCB ou les pesticides du groupe du DDT. La détermination des composés non encore identifiés fait appel à des techniques plus élaborées permettant leur séparation d'une matrice complexe et leur détection spécifique. A ce titre, le matériel étudié ici est particulièrement intéressant. Dans un environnement à l'écart des sources de pollution, ces dauphins ont accumulé un ensemble de composés stables qui sur des critères comme la persistance et la

bioaccumulation constituent des polluants majeurs du milieu océanique pris dans son ensemble.

Remerciements

Le matériel étudié ici a été obtenu lors d'une mission aux îles Kerguelen en janvier-février 1983. Nous tenons à remercier pour leur aide au cours de cette mission : V. de Buffrenil, les équipages de « La Japonaise » et des chalands, ainsi que A. Lamalle.

Ce travail n'aurait pu voir le jour sans l'appui de la Mission de Recherche des Terres Australes et Antarctiques Françaises. Qu'elle trouve ici l'expression de notre gratitude.

L'un des auteurs (A.A.) remercie M. le Professeur Ballschmiter et le Docteur Krämer pour les fructueuses discussions sur ce travail au cours de séjours au laboratoire de chimie analytique de l'Université d'Ulm (RFA).

RÉFÉRENCES

- Addison R.F., Brodie P.F., 1977. Organochlorine residues in maternal blubber, milk, and pup blubber from Grey Seals (*Halichoerus grypus*) from Sable Island, *J. Fish. Res. Board Can.*, **34**, 937-941.
- Addison R.F., Zinck M.E., Ackman R.G., 1972. Residues of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in some commercially produced Canadian marine oils, *J. Fish. Res. Board Can.*, **29**, 349-355.
- Alzieu C., Duguay R., 1979. Teneurs en composés organochlorés chez les cétacés et pinnipèdes fréquentant les côtes françaises, *Oceanol. Acta*, **2**, 1, 107-120.
- Alzieu C., Duguay R., Babin P., 1981. Étude des mammifères marins comme détecteurs de pollutions, *Rapp. Contrat CNEXO 77/1649*, 31/1/1981.
- Alzieu C., Duguay R., Babin P., 1982. Pathologie des Delphinidae : contamination foetale et néo-natale par les PCB. Lésions cutanées ulcéraires, *Rev. Trav. Inst. Pêches Mar.*, **46**, 2, 157-166.
- Atlas E., Giam C.S., 1981. Global transport of organic pollutants: ambient concentrations in the remote marine atmosphere, *Science*, **211**, 9, 163-165.
- Aucamps P.J., Henry J.L., Stander G.H., 1971. Pesticides residues in South African marine animals, *Mar. Pollut. Bull.*, **2**, 12, 190-191.
- Aumont A.M., 1982. Étude comparée du métabolisme des polychlorobiphényles, *Thèse Pharmacie, Univ. Paris V*, 103 p.

- Ballschmiter K.H., Zell M., 1980 a. Analysis of polychlorinated biphenyls (PCB) by glass capillary gas chromatography. Composition of technical Aroclor and Clophen PCB mixtures, *Fresenius Z. Anal. Chem.*, **302**, 20-31.
- Ballschmiter K.H., Zell M., 1980 b. Baseline studies of the global pollution. I: Occurrence of organohalogens in pristine European and antarctic aquatic environments, *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, **8**, 15-36.
- Ballschmiter K.H., Scholz C., Buchert H., Zell M., Figge K., Polzhofer K., Hoerschelmann H., 1981. Studies of the global baseline pollution. V: Monitoring the baseline pollution of the subantarctic by penguins as bioindicators, *Fresenius Z. Anal. Chem.*, **309**, 1-7.
- Carleton Ray G., Rockwell C.H., 1982. Ecological perspectives on pollutants in marine mammals, *ICES. CM 1982 N*, 9.
- Duinker J.-C., Hillebrand M.T.J., 1979. Mobilization of organochlorines from female lipid tissue and transplacental transfer to fetus in a harbour porpoise in a contaminated area, *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, **23**, 728-732.
- Duinker J.-C., Hillebrand M.T.J., 1983 a. Characterization of PCB components in Clophen formulations by capillary GC-MS and GC-ECD techniques, *Environ. Sci. Technol.*, **17**, 8, 449-456.
- Duinker J.C., Hillebrand M.T.J., 1983 b. Composition of PCB mixtures in biotic and abiotic marine compartments (Dutch Wadden Sea), *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **31**, 25-32.
- Duinker J.-C., Hillebrand M.T.J., Nolting R.F., 1979. Organochlorines and metal in harbour seals, *Mar. Pollut. Bull.*, **10**, 360-364.
- Gaskin D.E., 1982. Environmental contaminants and trace elements: their occurrence and possible significance in Cetacea, in: *The ecology of whales and dolphins*, Heinemann ed., 459 p.
- Gaskin D.E., Holdrinet M., Frank R., 1976. DDT residues in blubber of harbour porpoise, *Phocoena phocoena* (L.) from Eastern Canadian waters during the five year period 1969-1973, FAO Scientific Consultations in Marine Mammals, Bergen, Norway 31/8 - 9/9/1976.
- Goldberg E.D., 1983. Removing a mood of uncertainty, ... or creating one?, *Mar. Pollut. Bull.*, **14**, 5, 157-158.
- Harms U., Drescher H.E., Huschenbeth E., 1977. Further data on heavy metals and organochlorines in marine mammals from German coastal waters, *ICES CM 1977/N* 5.
- Helle E., Olsson M., Jensen S., 1976 a. DDT and PCB levels and reproduction in ringed seal from the Bothnian Bay, *Ambio*, **5**, 188-189.
- Helle E., Olsson M., Jensen S., 1976 b. PCB levels correlated with pathological changes in seal uteri, *Ambio*, **5**, 261-263.
- Helle E., Hyvärinen H., Pyysalo H., Wickstrom K., 1983. Levels of organochlorine compounds in an Inland Seal population in Eastern Finland, *Mar. Pollut. Bull.*, **14**, 7, 256-260.
- Henry J., Best P.B., 1983. Organochlorine residues in whales landed at Durban, South Africa, *Mar. Pollut. Bull.*, **14**, 6, 223-227.
- Hidaka H., Tanabé S., Tatsukawa R., 1983. DDT compounds and PCB isomers and congeners in Weddell seals and their fate in the Antarctic marine ecosystem, *Agr. Biol. Chem.*, **47**, 9, 2009-2017.
- Hoerschelmann H., Polzhofer K., Figge K., Ballschmiter K., 1979. Organochlorpestizide und Polychlorierte Biphenyle in Vogeleiern von den Falklandinseln und aus Norddeutschland, *Environ. Pollut.*, **20**, 247-269.
- Kawano M., Inoue T., Hidaka H., Tatsukawa R., 1984. Chlordane compounds residues in Weddell seals (*Leptonychotes weddelli*) from the Antarctic, *Chemosphere*, **13**, 1, 95-100.
- Kerkhoff M., de Boer J., Geerdes J., 1981. Heptachlor epoxide in marine mammals, *Sci. Total Environ.*, **19**, 41-50.
- Koeman J.H., Peters W.H.M., Smit C.J., Tjioe P.S., de Goeij J.J.M., 1972. Persistent chemicals in marine mammals, *TNO-nieuws*, 570-578.
- McClurg T.P., 1984. Trace metals and chlorinated hydrocarbons in Ross seals from Antarctica, *Mar. Pollut. Bull.*, **15**, 10, 384-389.
- Niimi A.J., 1979. Hexachlorobenzene (HCB) levels in Lake Ontario salmonids, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **23**, 20-24.
- Niimi A.J., Oliver B.G., 1983. Biological half-lives of polychlorinated biphenyl congeners in whole fish and muscle of rainbow trout, *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, **40**, 1388-1394.
- Norheim G., Somme L., Holt G., 1982. Mercury and persistent chlorinated hydrocarbons in antarctic birds from Bouvetoya and Dronning Maud land, *Environ. Pollut. Ser. A*, **285**, 233-240.
- O'Shea T.J., Brownell R.L. Jr., Clark D.R. Jr., Walker W.A., Gray M.L., Lamont T.G., 1980. Organochlorine pollutants in small cetaceans from the Pacific and South Atlantic Oceans, November 1968 - June 1976, *Pestic. Monit. J.*, **14**, 2, 35-46.
- Pantoja S., Pastene L., Becerra J., Silva M., Gallardo V.A., 1984. DDTs in Balaenopterids (Cetacea) from the Chilean coast, *Mar. Pollut. Bull.*, **15**, 12, 451.
- Peterle T.J., 1969. DDT in Antarctic snow, *Nature*, **224**, 620.
- Risebrough R.W., Rieche P., Peakall D.B., Herman S.G., Kirven N.N., 1968. Polychlorinated biphenyls in the global ecosystem, *Nature*, **220**, 1098-1102.
- Risebrough R.W., Walker W., Schmidt T.T., de Lappe B.W., Connors C.W., 1976. Transfer of chlorinated biphenyls to Antarctica, *Nature*, **264**, 738-740.
- Robineau D., 1985 a. Données préliminaires sur la répartition du dauphin de Commerson (*Cephalorhynchus commersonii*) aux îles Kerguelen, en particulier dans le golfe du Morbihan, *Biol. Conserv.*, **31**, 85-93.
- Robineau D., 1985 b. Morphologie externe et pigmentation du dauphin de Commerson (*Cephalorhynchus commersonii*) en particulier celui des îles Kerguelen, *Can. J. Zool.*, **62**, 2465-2475.
- Robineau D., Duhamel G., 1984. Régime alimentaire du dauphin de Commerson *Cephalorhynchus commersonii* (Lacépède, 1804) aux îles Kerguelen, pendant l'été austral, *Bull. Mus. Natl. Hist., Paris*, **4^e sér.**, **6A**, 2, 551-559.
- Robineau D., de Buffrenil V., 1985. Données ostéologiques et ostéométriques sur le dauphin de Commerson *Cephalorhynchus commersonii* (Lacépède, 1804) en particulier celui des îles Kerguelen, *Mammalia*, **49**, 1, 109-123.
- Sladen W.J.L., Menzie C.M., Reichel W.L., 1966. DDT residues in Adelie penguins and a crabeater seal from Antarctica, *Nature*, **210**, 670-673.
- Subramanian B.R., Tanabé S., Hidaka H., Tatsukawa R., 1983. DDTs and PCB isomers and congeners in Antarctic fish, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **12**, 621-626.
- Tanabé S., Nakagawa Y., Tatsukawa R., 1981 a. Absorption efficiency and biological half life of individual chlorobiphenyls in rats treated with Kanechlor products, *Agr. Biol. Chem.*, **45**, 3, 717-726.
- Tanabé S., Tatsukawa R., Tanaka H., Maruyama K., Miyazaki N., Fujiyama T., 1981 b. Distribution and total burdens of chlorinated hydrocarbons in bodies of striped dolphins, *Agr. Biol. Chem.*, **45**, 11, 2569-2578.
- Tanabé S., Tanaka H., Maruyama K., 1981 c. Ecology and bioaccumulation of *Stenella coeruleoalba*. Elimination of chlorinated hydrocarbons from mother striped dolphins (through parturition and lactation), in: *Studies on the levels of organochlorine compounds and heavy metals in the marine organisms*, Fujiyama Ed., mars 1981, Univ. Ryukus Okinawa, Japan.
- Tanabé S., Tatsukawa R., Maruyama K., Miyazaki N., 1982. Transplacental transfer of PCBs and chlorinated hydrocarbon pesticides from the pregnant striped dolphin to her fetus, *Agr. Biol. Chem.*, **46**, 1249-1254.
- Tanabé S., Hidaka H., Tatsukawa R., 1983 a. PCBs and chlorinated hydrocarbon pesticides in antarctic atmosphere and hydrosphere, *Chemosphere*, **12**, 2, 277-288.
- Tanabé S., Mori T., Tatsukawa R., 1983 b. Global pollution of marine mammals by PCBs, DDTs and HCHs (BHCs), *Chemosphere*, **12**, 9-10, 1269-1275.
- Tatton J.O.G., Ruzicka J.H.A., 1967. Organochlorine pesticides in Antarctica, *Nature*, **215**, 346-348.
- Van Der Zande T., de Ruiter E., 1983. The quantification of technical mixtures of PCBs by microwave plasma detection and the analysis of PCBs in the blubber lipid from harbour seals (*Phoca vitulina*), *Sci. Total Environ.*, **271**, 133-147.
- Wageman R., Muir D.C.G., 1984. Concentrations of heavy metals and organochlorines in marine mammals of northern waters: overview and evaluation, *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, **1279**, V + 97 p.