

PRESENCE DE MICROPOLLUANTS DANS LES MOLLUSQUES LITTORAUX

par Claude ALZIEU, Pierre MICHEL et Yves THIBAUD

Summary.

—A survey about mercury, chlorinated and total hydrocarbons contents in five species of coastal shellfishes shows that harbour and estuarine areas are among the most polluted. These contents are lowest for gasteropods than bivalves. For mercury and total hydrocarbons, we show there is a level, corresponding with a natural occurrence in the marine environment. —

Introduction.

Les risques d'intoxication par la consommation de coquillages ont conduit les hygiénistes depuis plus de cinquante ans et en de nombreux pays, à réglementer et surveiller étroitement la qualité bactériologique des mollusques marins. Cette surveillance tend de plus en plus à s'étendre à la contamination chimique, puisque par leur mode de vie les mollusques y sont particulièrement exposés.

Les substances exogènes qui sont alors recherchées sont des micropolluants rémanents qui, lorsqu'ils s'accumulent en grande quantité peuvent soit présenter un risque toxicologique, comme ce peut être le cas avec le mercure et les composés organohalogénés, soit détériorer les qualités gustatives à la manière du cuivre et des produits pétroliers. La majeure partie de ces substances sont véhiculées jusqu'à la mer par les eaux de surface et peuvent être retenues plus ou moins longtemps par les organismes marins.

Les sondages portant sur la présence de pesticides organochlorés ou de mercure dans les coquillages, effectués respectivement par FOUGERAS-LAVERGNOLLE (1971) et THIBAUD (1973), ont montré que les teneurs se situent généralement très en dessous des seuils présentant un risque pour les consommateurs. Ces dosages ont été suivis par des analyses de contrôle dans les produits livrés à la consommation. Il nous a paru intéressant d'effectuer maintenant un nouveau sondage général visant à déterminer les niveaux de contamination de l'ensemble de la zone littorale, par les polluants rémanents les plus souvent mis en cause : le mercure, les diphénylpolychlorés, le DDT et ses métabolites, ainsi que les hydrocarbures totaux.

Méthodologie.

Prélèvements.

Une campagne d'échantillonnage effectuée entre le 1^{er} mars et le 15 mai 1976 a porté sur 73 points du littoral choisis en fonction de leur importance conchylicole, industrielle, ou de la

proximité de grands estuaires. Chaque fois que cela était possible, plusieurs espèces étaient prélevées en un même lieu. Nous avons recueilli de la sorte 39 échantillons de moules (*Mytilus edulis* et *Mytilus galloprovincialis*), 30 d'huîtres (*Crassostrea gigas*), 11 de patelles (*Patella vulgata*), 3 de coquilles St-Jacques (*Pecten maximus*) et 2 de murex (*Murex trunculus*). Pour éviter les erreurs d'interprétation liées aux transports fréquents des coquillages de culture d'une région à l'autre, nous avons sélectionné des individus adultes vivant de préférence sur des gisements naturels situés dans des zones salubres ou insalubres. Dans certains cas, les zones portuaires ont également fait l'objet d'un échantillonnage dans le but de connaître les niveaux d'accumulation à proximité même des sources de pollution. Les résultats ci-après ne sont donc pas représentatifs globalement de la contamination des coquillages livrés à la consommation.

Le poids moyen individuel des mollusques collectés était respectivement de 13,7 g, 57,4 g et 8,2 g pour les moules, les huîtres et les patelles. En chaque point de 1 à 1,5 kg de coquillages de taille homogène ont été prélevés et expédiés au laboratoire d'analyse dans des sacs en polyéthylène neufs.

Méthodes d'analyse.

Dès réception au laboratoire, la totalité des mollusques a été décoquillée et leurs parties molles égouttées sur laine de verre. Les teneurs en micropolluants variant d'un individu à l'autre, nous avons constitué un échantillon moyen par broyage de l'ensemble des chairs égouttées provenant d'un même prélèvement.

a) Dosage du mercure total.

Environ 10 g de broyat sont desséchés par lyophilisation dans une nacelle en acier inoxydable. Le dosage est effectué sur une prise d'essai de 0,1 à 0,4 g de lyophilisat, suivant le mode opératoire décrit en détail par THIBAUD (1975) qui comprend une minéralisation de la matière organique et la spectrophotométrie du mercure.

La minéralisation consiste à effectuer une attaque sulfonitrique à température modérée, puis à ajouter après refroidissement une solution de permanganate de potassium. Au stade de la mesure, le minéralisat est entraîné dans un dispositif où sont réalisés simultanément, une réduction par un sel stanneux, le passage de Hg^0 dans une phase air, et le dosage du mercure à l'état de vapeur par spectrophotométrie d'absorption à la longueur d'onde de 254 nm.

b) Recherche des composés organochlorés.

Les diphenylpolychlorés (PCB), le trichloro p. chlorphényl éthane (DDT), le dichloro p. chlorphényl éthylène (DDE), le dichloro p. chlorphényl éthane (DDD), sont recherchés à partir d'une prise d'essai de 10 g de broyat qui est préalablement desséchée par lyophilisation. Le lyophilisat correspondant, soit de 1,8 à 2 g, est soumis à une extraction à reflux dans un appareil type Soxhlet par du n-hexane qualité « Pestipur ». L'extrait hexanique est purifié par traitement à l'acide sulfurique concentré et fractionné sur colonne de gel de silice par éluations successives à l'hexane, puis avec un mélange hexane et éther sulfurique (8 + 2). Les résidus sont identifiés et quantifiés par chromatographie en phase gazeuse avec détecteur à capture d'électrons (ALZIEU, 1976). Dans ces conditions, les seuils de détection des PCB, du DDT, du DDE et du DDD sont respectivement voisins de 0,035, 0,002, 0,003 et 0,001 mg/kg de résidu sec.

c) Dosage des hydrocarbures totaux.

La méthode utilisée a été mise au point pour mesurer la cinétique d'épuration *in-situ* de moules contaminées par un gas-oil (MICHEL, 1976). Elle comporte trois phases successives : extraction des lipides, purification des hydrocarbures et analyse chromatographique.

L'extraction des lipides est réalisée à partir de 10 g de chair broyée, auxquels sont ajoutés successivement en agitant : 25 ml d'acétone, 100 ml de pentane et 20 g de sulfate de sodium

anhydre ainsi que 2 mg d'un étalon interne, le tétratriacontane ($n\text{C}_{34}$). Ce mélange est maintenu toute une nuit en agitation, puis filtré sous vide partiel sur un verre fritté que l'on rince ensuite par 100 ml de pentane. L'ensemble des fractions liquides est alors évaporé à sec.

Cet extrait contient la totalité des lipides et doit être purifié avant analyse. A cet effet, dans une colonne chromatographique de 14 mm de diamètre munie d'un robinet téflon, on verse successivement :

- 10 ml de pentane,
- 5 g de « florisil » à 5 % d'eau,
- l'extrait lipidique en solution dans 10 ml de pentane,
- 5 g de « florisil » à 5 % d'eau.

Ce mode opératoire permet d'empêcher le colmatage du sommet de la colonne qui se produit habituellement quand on fait percoler directement l'extrait. L'élution est réalisée avec 40 ml de pentane.

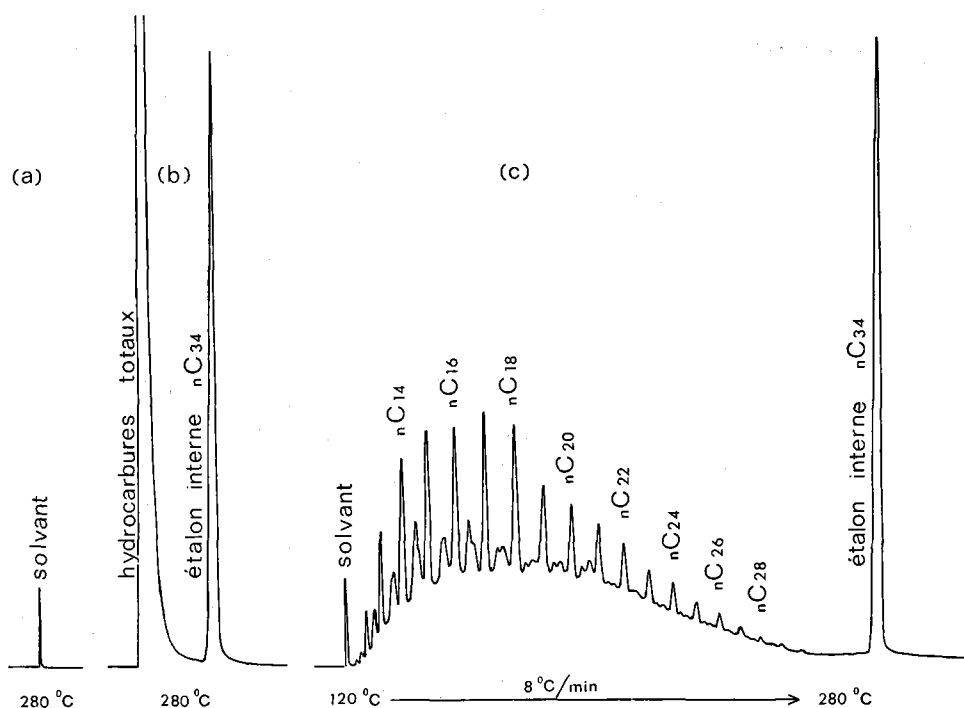


FIG. 1. — L'analyse chromatographique à température isotherme (b) est confirmée à température programmée (c). Le solvant pur ne donne qu'un faible signal (a). (Atténuation 16×100).

La solution dans le pentane est à nouveau évaporée à sec et reprise par 1 ml de sulfure de carbone redistillé, puis analysée par chromatographie en phase gazeuse à température isotherme (280°C) sur une colonne de $1/8'' \times 1\text{ m}$ garnie de « dexil » à 3 % sur chromosorb AW. Le sulfure de carbone redistillé a l'avantage de donner un signal très faible au détecteur à ionisation de flamme, qui ne représente dans le cas présent qu'une petite fraction du signal global (fig. 1) et peut en être déduit lors de la mesure. Les hydrocarbures, dont le temps de rétention est inférieur à celui de l'étalon interne, sont quantifiés en faisant le rapport des surfaces de pics calculées par un intégrateur. Les teneurs sont exprimées en mg/kg de résidu sec.

Les résultats ainsi obtenus peuvent être confirmés en chromatographie en phase gazeuse à température programmée entre 120 et 280° C à 8° C/min. en utilisant la même colonne, soit pour déterminer la nature des constituants majeurs, soit pour éviter l'artefact introduit par une évaporation incomplète du pentane.

Résultats et interprétation.

Les teneurs en micropolluants ont été exprimées en mg/kg de résidu sec (chair lyophilisée) à cause des difficultés que l'on rencontre généralement pour égoutter de façon reproductible les parties molles de bivalves (tabl. 1). Pour comparer avec les valeurs exprimées par rapport à la chair humide, qui sont parfois utilisées, il suffit de multiplier par la teneur en matière sèche de l'échantillon et de diviser par 100. Pour les huîtres et les moules on peut, en première approximation, se contenter de diviser par 5 les résultats exprimés par kg de matière sèche.

Teneurs en mercure total.

a) Comparaison des concentrations en fonction des espèces.

La figure 2 représente, en ordonnées logarithmiques, les intervalles de variation des valeurs classées d'après la nature des polluants et les espèces de coquillages analysées. Les teneurs moyennes de mercure en mg/kg de résidu sec sont de : 0,30 dans les moules (34 échantillons), 0,36 dans les huîtres (24 échantillons), 0,16 dans les patelles (10 échantillons).

Dans l'ensemble, elles ne diffèrent pas beaucoup entre les deux bivalves mais sont sensiblement plus faibles chez le gastéropode.

Les teneurs trouvées dans la coquille St-Jacques et le murex n'ont pas été reportées sur la figure 2, parce que trop peu nombreuses donc moins significatives. Cependant, il est intéressant de remarquer que la coquille St-Jacques, qui vit en eau profonde, a une teneur moyenne de 0,10 mg/kg seulement. Quant aux échantillons de murex, leurs teneurs relativement élevées de 0,60 et 0,82 mg/kg de résidu sec ne doivent pas être considérées comme une particularité de l'espèce. Des moules de même origine analysées antérieurement (ANONYME, 1973) avaient des teneurs très comparables et voisines de 1 mg/kg de résidu sec.

b) Localisation géographique des teneurs en mercure.

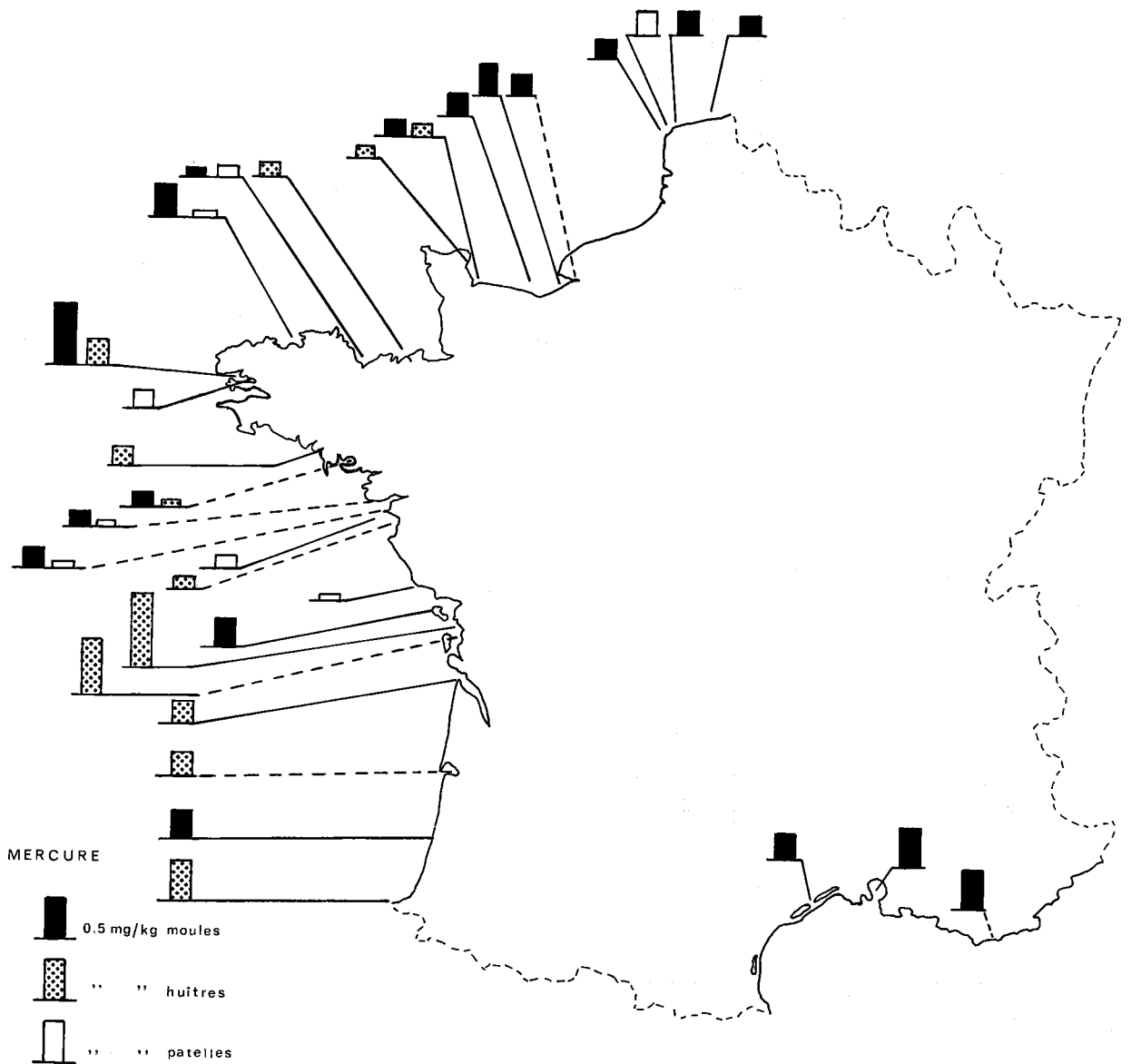
Dans certaines régions, baie de Seine, rade de Morlaix, rade de Brest, embouchures de la Charente et de l'Adour par exemple, les teneurs en mercure total sont relativement plus élevées que la moyenne. On remarquera que, d'une manière générale, elles correspondent soit à des estuaires, soit à des zones où l'activité maritime est liée à la présence d'une flottille de bateaux naviguant à proximité des côtes.

Des teneurs légèrement plus élevées que la moyenne sont aussi constatées sur la côte méditerranéenne : étang de Berre et rade de Toulon. Elles sont le résultat de la contamination par les eaux usées urbaines et industrielles ou peut-être même de la présence naturelle de mercure en Méditerranée.

Toutefois, les écarts de concentration entre les régions sont relativement faibles. Les résultats sont peu dispersés autour de la moyenne générale de 0,32 mg/kg de résidu sec chez les bivalves, bien que les lieux de prélèvement soient très diversifiés et qu'ils comprennent des régions connues comme soumises à des pollutions notables (planche 1).

de la côte nord-ouest de l'Espagne (Vigo), une moyenne de 0,07 mg/kg de chair égouttée, soit environ 0,35 mg/kg de résidu sec, et sur des moules de même origine 0,06 à 0,14 mg/kg de chair égouttée, soit environ de 0,30 à 0,70 mg/kg de résidu sec.

Dans les moules de la mer du Nord, les teneurs varient beaucoup en fonction des régions ; PORTMANN et PRESTON (1975) donnent une valeur moyenne de 0,08 mg/kg de chair égouttée, soit environ 0,40 mg/kg de résidu sec.



valeurs moyennes PL. 1. — Répartition géographique des teneurs en mercure total dans les coquillages.

Sur les côtes canadiennes de l'Atlantique, les teneurs ne sont pas très différentes des nôtres. FREEMAN et Coll. (1974) indiquent dans les moules 0,04 mg/kg de chair égouttée, soit environ 0,20 mg/kg de résidu sec, et dans les huîtres 0,10 mg/kg de chair égouttée, soit environ 0,50 mg/kg de résidu sec.

Nos résultats sont donc voisins de ceux trouvés dans d'autres régions se prêtant à la vie des coquillages analysés. Malgré les variations locales signalées, il semble bien que sur nos côtes de la Manche et de l'Atlantique, d'où proviennent la majorité de nos prélèvements, la teneur en mercure des coquillages s'écarte peu de la valeur de base trouvée dans les lieux indemnes de pollution. Elle est en moyenne, dans tous les cas, très inférieure à la limite de 0,5 mg/kg de chair égouttée qui a été avancée il y a quelques années comme la limite à ne pas dépasser dans les aliments destinés à l'homme.

Teneurs en composés organochlorés.

Les résultats révèlent la présence de résidus organochlorés dans la totalité des échantillons que nous avons analysés. Les plus abondants sont les diphénylpolychlorés (PCB), suivis par le DDT. Le DDD et le DDE se trouvent à des teneurs nettement plus faibles.

a) Répartition des concentrations suivant les espèces.

D'après la figure 2, on remarquera que dans une même espèce les écarts entre les valeurs maximales et minimales d'un même produit sont considérables; les plus importants s'observent avec le DDT: chez les moules 1 à 250, chez les huîtres 1 à 35, chez les patelles 1 à 10. Ces écarts sont relativement plus faibles en ce qui concerne les PCB; ils sont respectivement de 1 à 60, 1 à 22 et 1 à 8. Les écarts moyens des teneurs en DDD et DDE sont comparables chez les moules et les huîtres, plus faibles chez les patelles.

Les teneurs moyennes calculées sur l'ensemble des échantillons d'une même espèce sont du même ordre de grandeur pour les moules et les huîtres et nettement supérieures à celles des patelles. Cette différence est liée au mode de vie des deux familles de mollusques. Les bivalves qui, pour assurer leur nourriture, filtrent des volumes d'eau très importants retiennent une plus grande quantité d'organochlorés que les gastéropodes qui vivent une partie du temps hors de l'eau et se nourrissent d'algues. Celles-ci fixent bien une partie des polluants existants dans l'eau, mais le facteur de concentration demeure relativement faible.

Il est d'ailleurs intéressant de remarquer que le rapport entre les concentrations moyennes des deux substances accumulées directement (PCB et DDT) est très voisin chez les bivalves et les gastéropodes, alors qu'il est nettement inférieur pour les produits de dégradation du DDT. Ceci laisse penser que les moules pourraient avoir tendance à métaboliser le DDT plus facilement que ne le font les patelles.

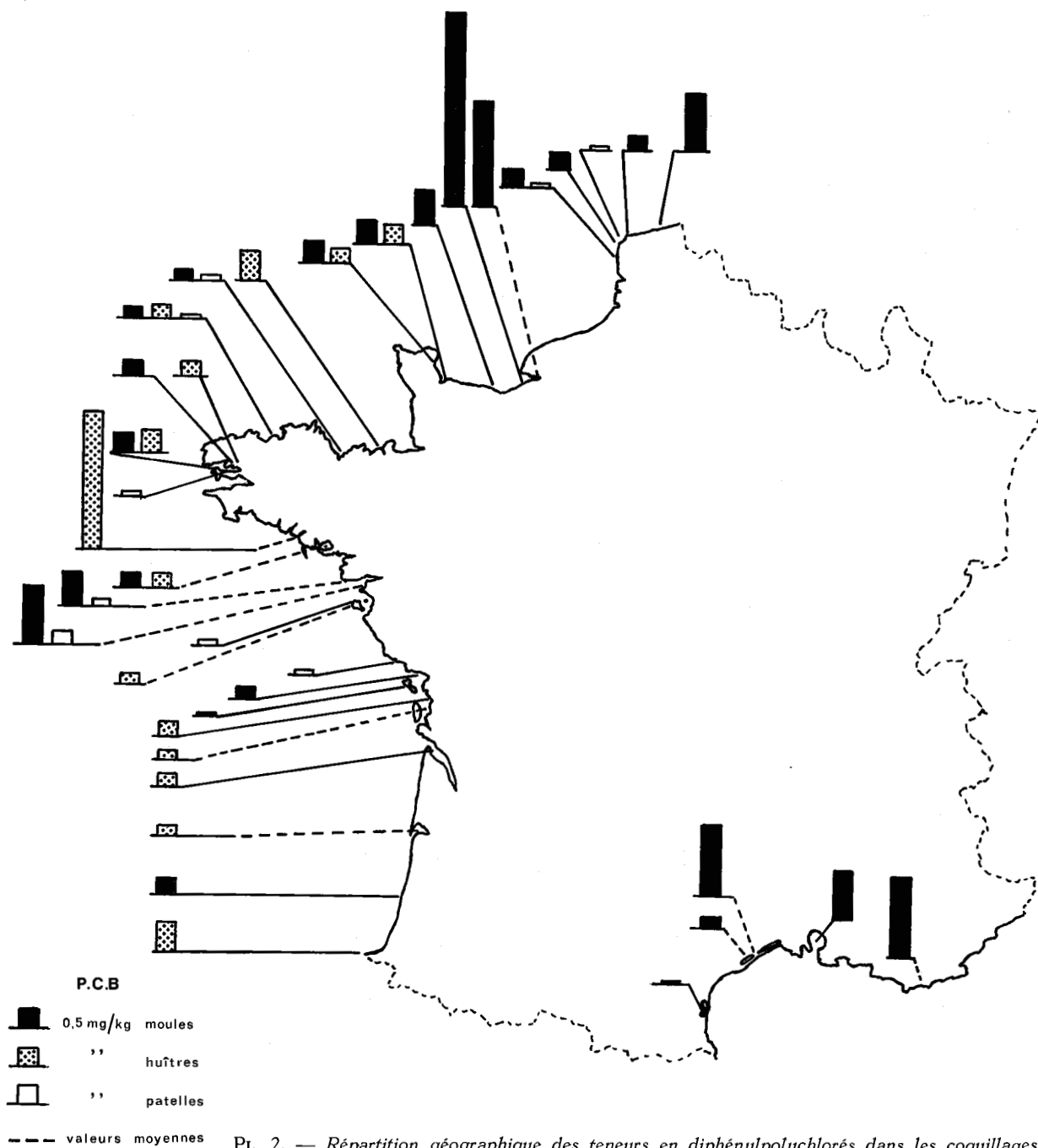
b) Localisation géographique de la contamination.

La contamination des mollusques par les composés organochlorés n'est pas uniforme sur l'ensemble du littoral. Sur la planche 2, il apparaît très nettement que pour les PCB elle est plus élevée à proximité des chantiers navals, des grands estuaires et des complexes industriels. L'influence de l'activité navale est particulièrement sensible dans le Blavet (proximité de Lorient) et la rade de Toulon qui sont, avec la baie de Seine, 2 à 3 fois plus contaminés que les zones industrielles de Fos et de Dunkerque. A l'intérieur même d'une région, des différences relativement importantes existent d'un lieu à un autre: par exemple les valeurs relevées sur une dizaine de gisements de moules de l'estuaire de la Loire s'étagent entre 2,05 et 0,35 mg de PCB par kg de résidu sec (fig. 3). Au niveau de St-Nazaire, les teneurs sont du même ordre de grandeur sur les deux rives, mais lorsque l'on progresse vers l'aval elles diminuent plus rapidement sur la rive nord que sur la rive sud. Ceci reflète le régime des courants qui ont tendance, au flot, à rabattre sur la côte sud les eaux douces évacuées au jusant par le chenal nord.

L'estuaire de la Gironde, quant à lui, est peu contaminé au niveau du Verdon en raison sans doute de sa faible industrialisation actuelle.

Situées très à l'écart des sources de contamination, les zones conchylicoles apparaissent dans la majorité des cas comme les régions où les teneurs en PCB sont les plus faibles. Ceci est particulièrement net pour la côte atlantique depuis le golfe du Morbihan jusqu'à Capbreton,

estuaire de la Loire exclu. En Méditerranée, les teneurs sont voisines du seuil de détection chez les moules de l'étang de Leucate, et de 5 à 10 fois plus faibles dans la zone mytilicole de l'étang de Thau que dans le canal de Sète au Rhône qui constitue le milieu récepteur de nombreux rejets.



La répartition géographique du DDT dans les mollusques littoraux est différente de celle observée avec les PCB, ce qui est compréhensible en raison de l'usage différent de ces deux

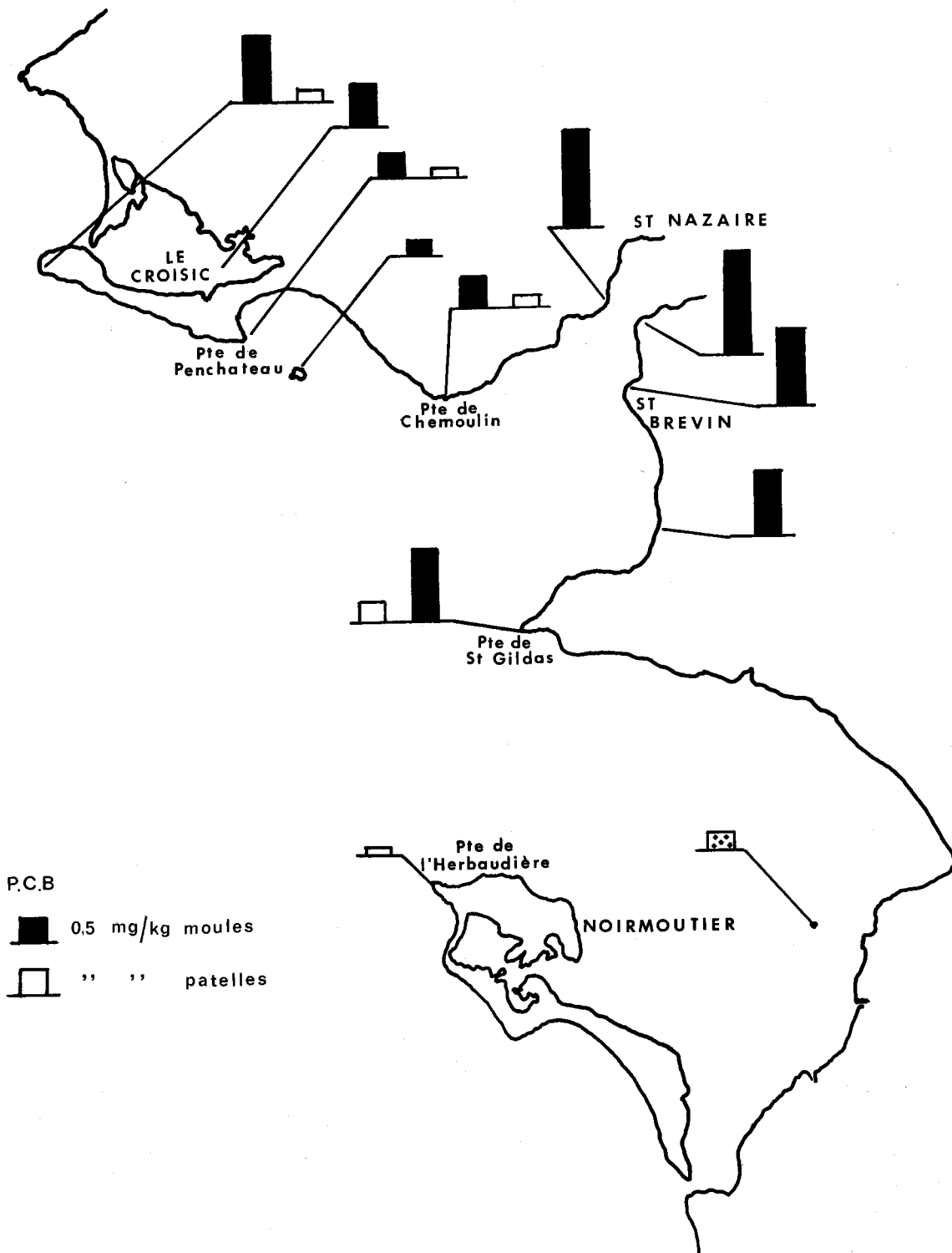


FIG. 3. — Teneurs en diphénylpolychlorés dans les gisements de moules et de patelles de l'estuaire de la Loire.

produits : l'un agricole, l'autre industriel. Bien que les concentrations de DDT soient dans la majorité des cas faibles, parfois même inférieures au seuil de détection analytique, on retrouve encore l'influence des traitements de démoustication pour le littoral Languedoc-Roussillon ou de la lutte phytosanitaire dans la région Aquitaine, pratiqués il y a plusieurs années. Comparativement, les grandes zones estuariennes ne sont que très peu atteintes par les résidus de DDT.

c) Discussion.

Peu de publications, donnant les teneurs en composés organochlorés dans nos coquillages littoraux, sont actuellement disponibles en dehors de celles relatives aux moules de Méditerranée citées ci-après. DE LAPPE et Coll. (1972), MARCHAND et DUURSMA (1974) trouvent entre 0,1 et 2 mg de diphénylpolychlorés par kg de chair égouttée chez la moule *Mytilus galloprovincialis*. Selon FRANCO-SOLER (1972), les teneurs seraient du même ordre de grandeur sur la côte espagnole, soit de 0,4 à 1,4 mg/kg de chair égouttée.

Ces valeurs sont plus élevées que celles décelées en moyenne dans nos échantillons qui, exprimées en mg/kg de chair égouttée, deviennent :

- 0,017 dans l'étang de Leucate,
- 0,054 dans la zone conchylicole de l'étang de Thau,
- 0,38 dans le canal de Sète au Rhône,
- 0,25 dans le golfe de Fos,
- 0,42 dans la rade de Toulon.

Il est difficile de comparer les niveaux de contamination entre l'Atlantique et la Méditerranée en raison des différences d'espèces et des conditions de marées, mais aussi faute d'informations détaillées sur les teneurs en Atlantique. Nos résultats indiquent que, mis à part les sites notablement exposés aux pollutions en général, les teneurs en diphénylpolychlorés sont comparables dans l'Atlantique et en Méditerranée.

Quant au DDT, les valeurs trouvées dans l'étang de Thau sont environ dix fois plus faibles que celles relevées par FOUGERAS (1972) sur des prélèvements effectués en 1969. Dans l'Atlantique, elles sont du même ordre de grandeur que celles citées par PORTMANN et PRESTON (1975), pour la mer du Nord.

Pour limiter l'absorption de composés organochlorés par les consommateurs, l'emploi des diphénylpolychlorés et du DDT dans des fabrications aboutissant à leur dispersion sont actuellement interdits ou réglementés en France. Par ailleurs, certains pays ont imposé des normes de tolérance dans les produits de la pêche, en tenant compte de leur importance dans l'alimentation quotidienne des populations. C'est ainsi qu'au Japon les teneurs en PCB dans les coquillages et les produits de la pêche ne doivent pas dépasser 0,5 ou 3 mg/kg de poids frais suivant qu'ils proviennent du large ou de la baie de Tokyo ; les États-Unis sont plus tolérants avec 5 mg/kg dans les viandes et les poissons (« in » SOUDAN, 1974).

Si l'on applique ces normes aux résultats que nous avons obtenus pour l'ensemble du littoral, on remarque que la limite la plus tolérante autorise la consommation de tous les coquillages que nous avons prélevés, y compris dans les ports et les zones insalubres. Par contre, la limite la plus sévère (0,5 mg/kg) rejette ceux situés à proximité immédiate des sources de pollution (estuaires, ports, zones industrielles) qui sont d'ailleurs interdits à la consommation pour des raisons autres que la contamination chimique.

Teneurs en hydrocarbures totaux.

Les hydrocarbures d'origine fossile, les pétroles bruts ou les produits de raffinage sont des mélanges extrêmement complexes contenant souvent plusieurs milliers de composants qui peuvent être groupés par familles.

Les N-paraffines, abondantes dans les produits pétroliers sont des hydrocarbures saturés à chaîne linéaire ;

les iso-paraffines sont des hydrocarbures saturés à chaîne ramifiée ;
 les cycloparaffines (naphtènes), également saturées, ont au moins un cycle dans leur molécule ;
 les aromatiques possèdent au minimum un noyau benzénique ;
 les oléfines sont des hydrocarbures insaturés qui abondent principalement dans les produits de « cracking ».

La faune et la flore marine produisent aussi des hydrocarbures, parmi lesquels certains peuvent être abondants et de ce fait mieux connus, tels que le phytane, le pristane et le squalène. Mais il a été démontré que beaucoup d'autres, appartenant à toutes les familles citées précédemment, pouvaient être rencontrés naturellement à l'état de trace dans l'environnement. La teneur en hydrocarbures dans les organismes aquatiques ne peut donc être nulle, contrairement à celle des produits chimiques artificiels.

D'après les déterminations faites ici (fig. 4), la teneur normale ne dépasse guère 300 mg/kg de résidu sec, quelle que soit l'espèce considérée. Au-delà de 500 mg/kg, la répartition des fréquences devient très dispersée et n'est plus alors représentative d'une population normale mais des contaminations locales variables d'un point à un autre. Entre 300 et 500 mg/kg, l'interprétation est plus délicate.

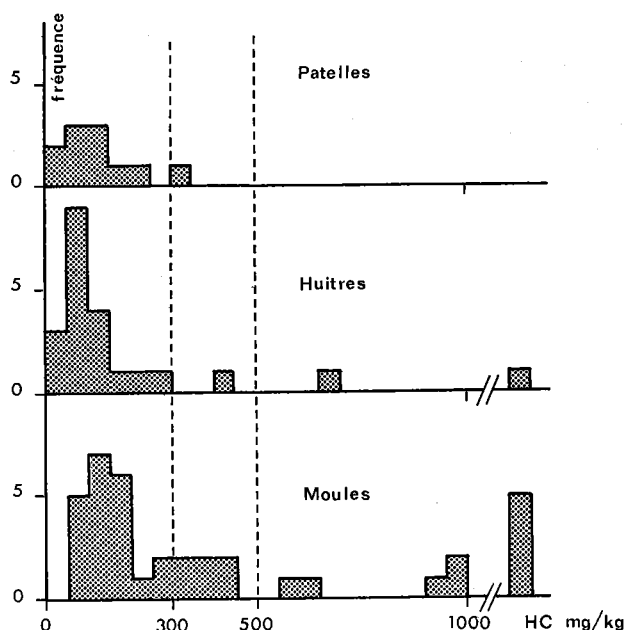


FIG. 4. — Fréquence de répartition des teneurs en hydrocarbures totaux (intervalle 50 mg/kg).

Si l'on examine maintenant chaque échantillon par rapport à cette échelle d'appréciation, on peut aisément vérifier que toutes les zones conchylicoles se classent en dessous de 300 mg/kg, à l'exception de l'étang de Leucate qui en est très proche (315 mg/kg).

A part cette exception, tous les résultats entre 300 et 500 mg/kg proviennent de zones susceptibles d'être soumises à une contamination soit chronique telles que Fos, Dunkerque, ou la partie amont de l'estuaire de la Loire, soit accidentelle comme la baie de Saint-Brieuc après l'échouage du « Port de Bouc ». Enfin, au-dessus de 500 mg/kg, les échantillons sont issus des grandes zones portuaires comme l'estuaire de la Seine, Lorient, Saint-Nazaire, Le Verdon, Sète et Toulon.

Dans l'estuaire de la Loire (fig. 5), qui a été échantillonné de façon plus détaillée, il est intéressant de suivre la décroissance extrêmement nette des teneurs quand on va de la partie

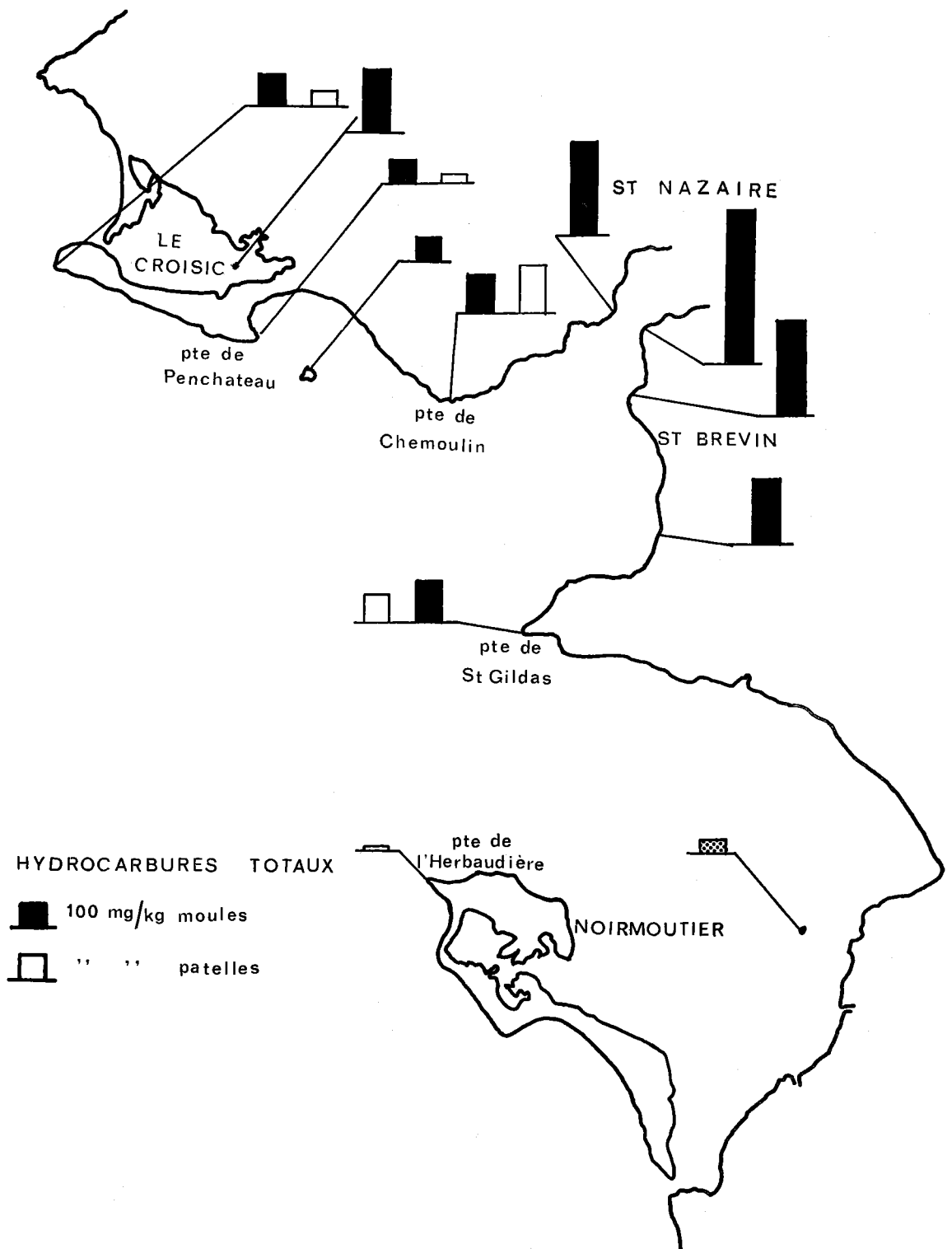
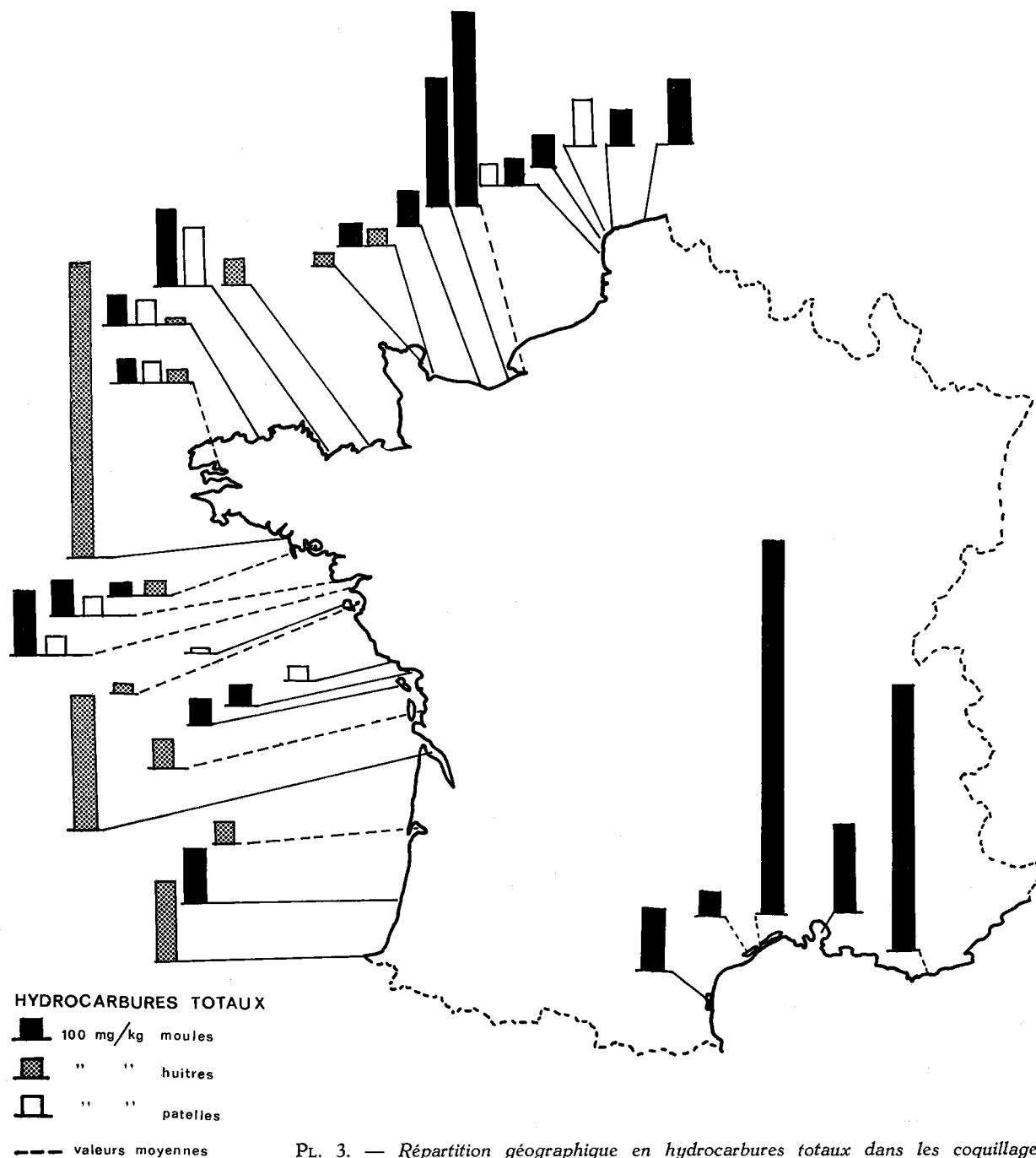


FIG. 5. — Teneurs en hydrocarbures totaux dans les gisements de moules et patelles de l'estuaire de la Loire.

amont (Mindin 608 mg/kg) à la partie aval (Pointe Saint-Gildas 135 mg/kg, Pointe de Penchâteau 86 mg/kg). Si l'on met à part Le Croisic où l'influence portuaire se surajoute à celle



de la Loire, il semblerait aussi que la rive droite soit légèrement moins contaminée que la rive gauche. Il est à remarquer que cette évolution va dans le même sens que celle observée avec les PCB, alors que les teneurs en mercure restent pratiquement constantes.

Les différences locales sont encore plus remarquables quand on passe de l'étang de Thau (moyenne 120 mg/kg) aux canaux de Sète à la mer (2 474 mg/kg) ou de Sète au Rhône (1 429 mg/kg). Ceci démontre à quel point la pollution par hydrocarbures peut être limitée à des espaces restreints particulièrement exposés aux contaminations.

Nous n'avons pas tenu compte dans l'interprétation ci-dessus des différences interspécifiques. Si l'on étudie la figure 4 ou la planche 3, il semble que les moules accumulent les hydrocarbures légèrement plus que les huîtres et les patelles. Les coquilles Saint-Jacques sont moins contaminées. Mais en fait, il n'est pas facile de pondérer en conséquence les résultats obtenus, car la différence peut tout aussi bien s'expliquer par l'habitat : les coquilles Saint-Jacques vivent en eau profonde et sont donc moins sujettes aux contaminations superficielles que les huîtres et les moules. De plus, les moules qui supportent mieux la dessalure que les autres espèces s'implantent plus en amont dans les estuaires et reçoivent donc un flux de pollution plus important.

Les pollutions pétrolières ont été jusqu'à présent à la fois les mieux connues et les moins bien contrôlées. Les mieux connues parce qu'il est possible à tout le monde d'observer les irisations dues aux produits pétroliers, particulièrement dans les ports et souvent, hélas, un peu partout en mer. Les moins bien contrôlées parce que la diversité des hydrocarbures, l'existence naturelle de certains d'entre eux et la difficulté d'un échantillonnage représentatif ne facilitent pas la tâche des chercheurs. Le développement d'une méthode analytique relativement simple nous a permis, avec une base expérimentale suffisante, d'établir une échelle des degrés de contamination des différentes zones littorales, sans préjuger de la nature des hydrocarbures. Cette étude ne modifie pas profondément les connaissances subjectives que l'on avait déjà, mais elle précise un état de fait. L'examen détaillé des résultats démontre que le dosage des hydrocarbures totaux ainsi réalisé est particulièrement significatif de la présence de produits exogènes.

Conclusion.

Nos résultats sont représentatifs de la contamination des mollusques littoraux au début de 1976 et non de celle des produits livrés à la consommation.

Les teneurs en mercure total se répartissent autour d'une moyenne comparable à celle existant dans d'autres pays ; celle-ci ne semble pas avoir varié depuis notre précédent sondage (THIBAUD, 1973).

La contamination des organochlorés est essentiellement imputable aux diphénylpolychlorés alors que les teneurs en DDT sont en nette diminution sans doute en raison de son abandon pour les traitements phytosanitaires intensifs.

La contamination élevée en hydrocarbures totaux des zones industrielles et portuaires reste très localisée.

La pollution de la faune littorale sessile est surtout concentrée à proximité des centres industriels ou dans les grands estuaires. A quelques exceptions près, telles qu'au Verdon par exemple où la pollution pétrolière est prépondérante, les teneurs les plus élevées des micropolluants recherchés se situent dans la même région, ce qui implique pour ces zones l'existence d'une contamination chronique. Il faut cependant tenir compte du fait que, si le mercure et les composés organochlorés persistent longtemps dans les organismes vivants, les hydrocarbures sont plus labiles comme l'a démontré MICHEL (1976) à la suite d'une pollution accidentelle en baie de Saint-Brieuc. En conséquence, des apports discontinus de résidus pétroliers dans le milieu peuvent entraîner de très larges variations au cours du temps des teneurs en hydrocarbures totaux dans les coquillages.

Quel que soit le micropolluant considéré, les teneurs résiduelles sont, en un même lieu, plus élevées chez les moules et les huîtres que chez les patelles. Le nombre restreint d'échantillons de murex que nous avons analysés ne permet pas de se faire une idée précise du pouvoir d'accumu-

lation de cette espèce par rapport aux bivalves. Enfin, l'éthologie particulière des coquilles Saint-Jacques, éloignement des côtes et immersion en eau profonde, fait que leur niveau de contamination est très faible. La moule peut donc être considérée comme un bon témoin de la contamination du littoral par le mercure, les composés organohalogénés et les hydrocarbures, polluants qui sont généralement présents dans les eaux marines à l'état de traces difficilement dosables. De plus, l'existence de nombreux gisements naturels de moules, répartis sur l'ensemble du littoral, facilite la mise en œuvre d'un programme homogène de surveillance de la pollution côtière par le dosage des micropolluants dans la matière vivante.

La qualité hygiénique des coquillages provenant des zones de culture, gisements salubres, parcs d'élevage, n'est jusqu'alors pas affectée par les traces de mercure et de composés organochlorés. Les teneurs que nous avons rencontrées sont toujours inférieures aux tolérances admises pour la protection des consommateurs. Quant aux hydrocarbures, leur toxicité étant généralement faible, ils attendent davantage aux propriétés organoleptiques des fruits de mer qu'à la santé du consommateur. Cependant, il n'existe pas de relation exacte entre la concentration en hydrocarbures totaux et les qualités gustatives des coquillages. Notons que les teneurs relevées en zone conchylicole correspondent à celles de populations normales ; il ne semble pas y avoir lieu de s'inquiéter présentement à ce sujet.

Si, en définitive, nos résultats ne font pas apparaître une situation générale alarmante, il convient cependant de continuer la surveillance étroite des zones sensibles comme les ports ou les grands estuaires. Les dosages de métaux, composés organochlorés et hydrocarbures dans la matière vivante et plus particulièrement sur les moules et les huîtres, nous paraissent un des meilleurs moyens d'atteindre cet objectif.

BIBLIOGRAPHIE

- ALZIEU (Cl.), 1976. — Présence de diphénylpolychlorés chez certains poissons de l'Atlantique et de la Méditerranée. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, **258**, p. 1-11.
- ANONYME, 1973. — Observations sur le degré de pollution du golfe de Fos. — Rapport I.S.T.P.M.
- DE LAPPE (B.-W.), RISEBROUGH (R.-W.), MENDOLA (J.-T.), BOWES (G.-W.) et MONOD (J.-L.), 1972. — Distribution of polychlorinated biphenyls on the Mediterranean coast of France. — Journées d'Etude des Pollutions, C.I.E.S.M. Athènes.
- ESTABLIER (R.), 1973. — Mercurio en peices, moluscos y crustaceos. — *Invest. Pesq.*
- FOUGERAS-LAVERGNOLLE (J.), 1971. — Recherche des pesticides organochlorés dans les milieux littoraux. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **35** (3), p. 367-371.
- FRANCO-SOLER (J.-M.), 1972. — Pesticides organochlorés et PCB dans trois espèces marines sur le littoral espagnol. — Journées d'Etude des Pollutions, C.I.E.S.M. Athènes.
- FREEMAN (H.-C.), HORNE (D.-A.), Mc TAGUE et Mc MENEMY (M.), 1974. — Mercury in some canadian Atlantic coast fish and shellfish. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, **31** (3), p. 369-372.
- MARCHAND (M.), VAS (D.) et DUURSMA (E.), 1974. — Résidus de DDT et de polychlorobiphényles (PCB) dans les moules, le sédiment et le plancton de la côte Nord-Ouest Méditerranéenne. — XXIV^e Congrès - Assemblée plénière du C.I.E.S.M., Monaco 6-14 décembre 1974.
- MICHEL (P.), 1976. — Cinétique d'épuration *in-situ* de moules contaminées par un gas-oil. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, **259**, p. 1-7.
- PORTMANN (J.-E.) et PRESTON (A.), 1975. — Preliminary results of ICES coordinated Monitoring Programme in the North Sea ICES Fisheries Improvement Committee CM 1975/E: 21.
- SOLDAN (F.), 1974. — La crainte d'une contamination chimique des produits de la pêche est-elle fondée ? — *Revue Française de Diététique*, **70**, p. 1-7.
- THIBAUD (Y.), 1973. — Teneur en mercure dans les moules du littoral français. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, **221**, p. 1-6.
- 1975. — Analyse du mercure par un procédé semi-automatique : application aux organismes marins et à l'eau de mer en particulier. — *Ibid.*, **250**, p. 1-8.

PRELEVEMENTS		TENEURS EN mg/kg DE RESIDU SEC					
LIEUX	ESPECES	Hg TOTAL	HYDRO-CARBURES TOTAUX	PCB	DDT	DDE	DDD
DUNKERQUE : Jetée E (G.I.)	moule	0,23	336	1,509	0,084	0,043	0,059
SANGATTE (G.S.)	moule	0,29	182	0,386	0,013	0,016	0,016
AUDRESSELLES : « Le Nuet » (G.S.)	patelle	0,31	242	0,132	0,003	0,006	< 0,003
AMBLETEUSE : « Les Liettes » (G.S.)	moule	0,22	162	0,444	0,003	0,015	0,025
BOULOGNE : Fort de l'Heurt (G.I.)	moule	0,18	132	0,522	0,026	0,016	0,022
BOULOGNE : Fort de l'Heurt (G.I.)	patelle		111	0,095	0,005	0,006	0,006
ESTUAIRE DE SEINE : LE HAVRE							
— Duc d'Albe (G.I.)	moule		899	3,629	0,008	0,089	0,089
— Môle minéralier (G.I.)	moule	0,35	1209	2,504	0,040	0,048	0,101
— Ecluse François-1 ^{er} (G.I.)	moule	0,26	904	2,302	0,028	0,037	0,075
VILLERVILLE (G.I.)	moule	0,38	658	5,094	0,067	0,163	0,151
BAIE DE SEINE :							
— 49° 37' — 0° 41' 5	St-J. muscle	0,14	38	0,044	0,005	< 0,003	0,017
	corail	0,08	50	0,514	0,005	0,027	0,017
— 49° 27' — 0° 18	muscle	0,12	12	0,054	0,004	< 0,003	0,017
	corail	0,05	53	1,072	0,005	0,019	0,017
LUC-SUR-MER (G.S.)	moule	0,31	165	0,914	0,011	0,021	0,027
ISIGNY : Gefosse-Fontenay (E.)	moule	0,18	112	0,542	< 0,002	0,008	0,002
ISIGNY : Maisy (E.)	huître	0,16	78	0,590	0,016	0,014	0,014
SAINTE-VAAST-LA-HOUGUE (E.)	moule			0,604	0,033	0,008	0,009
SAINTE-VAAST-LA-HOUGUE (E.)	huître	0,15	61	0,349	0,037	0,006	0,012
SAINTE-SULIAC (G.I.)	huître	0,29	132	0,785	0,030	0,021	0,011
BAIE DE SAINT-BRIEUC :							
— Pointe des Guettes (P.)	St-J. muscle	0,10	30	0,176	0,033	0,007	0,008
— Pointe des Guettes (P.)	moule	0,12	402	0,314	0,023	0,034	0,019
	patelle	0,13	303	0,127	0,005	0,012	0,005
CARANTEC (G.S.)	patelle	0,10	133	0,045	0,005	0,004	0,007
RADE DE MORLAIX (G.I.)	moule	0,41	157	0,337	0,010	0,012	0,008
RADE DE MORLAIX (G.I.)	huître		63	0,388	0,010	0,012	0,005
RADE DE BREST :							
— Baie de Roscanvel (P.)	huître	0,22	94	0,606	0,024	0,013	0,034
— Embouchure Aulne (G.I.)	patelle	0,26	113	0,138		0,009	< 0,004
— Embouchure Faou (G.S.)	moule	0,54	83	0,382	0,011	0,013	0,011
— Baie du Fret (G.S.)	moule	0,48	155	0,509	0,017	0,019	0,035
— Baie de Daoulas (P.)	huître	0,45	38	0,413	0,020	0,016	0,010
LORIENT :							
— Blavet Saint-Guenaël (G.I.)	huître			4,014	< 0,019	0,036	0,154

TABLEAU 1

— Blavet Rohu (G.I.)	huître			4,317	0,121	0,043	0,108
— Blavet (G.I.)	huître			3,393	< 0,017	0,027	0,086
— Blavet (G.I.)	huître			3,333	0,103	0,025	0,065
— Scorff (G.I.)	huître	0,24	1535	2,838	0,151	0,048	0,091
GOLFE DU MORBIHAN :							
— Rivière d'Auray (G.S.)	moule	0,24	58	0,355	0,022	0,013	0,016
— Port-Navalo (G.S.)	moule	0,21	69	0,397		0,015	0,019
— Noyal (P.)	huître	0,09	41	0,147	0,003	0,013	0,006
— Conleau (P.)	huître	0,15	109	0,729	0,008	0,042	0,008
ESTUAIRE DE LOIRE :							
— Pointe du Croisic (G.S.)	patelle	0,06	61	0,251	< 0,018	0,009	0,016
— Pointe du Croisic (G.S.)	moule	0,20	131	1,277	0,036	0,040	0,032
— Traict du Croisic (P.)	moule	0,25	254	0,826	0,041	0,012	0,022
— Pointe de Penchâteau (G.S.)	moule	0,20	86	0,539		0,013	0,017
— Pointe de Penchâteau (G.S.)	patelle	0,08	36	0,146	0,004	0,006	0,008
— Les Evens (G.S.)	moule	0,06	84	0,350	0,002	0,014	0,010
— Pointe de Chemoulin (G.S.)	moule	0,21	155	0,692	0,004	0,018	0,032
— Pointe de Chemoulin (G.S.)	patelle	0,17	192	0,238	0,003	0,007	0,011
— Villès-Martin (G.I.)	moule	0,22	351	1,494	0,012	0,046	0,044
— Mindin (G.I.)	moule	0,33	608	2,050	0,024	0,063	0,060
— Le Pointeau (G.I.)	moule	0,19	377	1,521	0,006	0,039	0,057
— Tharon (G.S.)	moule	0,22	228	1,265	0,009	0,036	0,039
— Pointe Saint-Gildas (G.S.)	patelle	0,08	99	0,378	0,029	0,015	0,022
— Pointe Saint-Gildas (G.S.)	moule	0,21	135	1,374	0,053	0,034	0,023
NOIRMOUTIER : Pte de l'Herbaudière (G.S.)	patelle	0,22	21	0,145	0,018	0,009	0,008
BAIE DE BOURGNEUF :							
— Le Ringeau (P.)	huître	0,18	59	0,347	0,006	0,035	0,028
— Le Ringeau (P.)	huître	0,21	44	0,325	< 0,002	0,033	0,029
LES SABLES-D'OLONNE (G.S.)	patelle	0,12	68	0,106	0,014	0,007	0,019
BAIE DE L'AIGUILLON : Banc des Jaux (P.)	moule		109	0,305	0,003	0,021	0,043
ILE DE RÉ : Fier-d'Ars (G.S.)	moule	0,36	132	0,111	0,020	0,013	0,038
CHARENTE : Ile Madame (P.)	huître	0,93		0,361	< 0,002	0,016	< 0,001
MARENNES - OLÉRON :							
— Chenal de Recoulaine (P.)	huître	0,79	237	0,149	0,004	0,016	0,115
— Le Château-d'Oléron (P.)	huître	0,61	150	0,224	0,033	0,014	0,036
— Saint-Trojan (P.)	huître	0,51	99	0,351	0,032	0,017	0,050
— La Grognasse (P.)	huître	0,65		0,321	0,026	0,015	0,035
GIRONDE : Verdon (G.I.)	huître	0,29	691	0,414	< 0,002	< 0,003	0,043
BASSIN D'ARCACHON :							
— La Vigne (G.S.)	huître	0,25	88	0,290	0,083	0,030	0,066
— La Vigne (G.S.)	huître	0,21	253	0,265	0,031	0,042	0,303
— Lanton (G.S.)	huître	0,30	90	0,199	0,081	0,024	0,060
— Lanton (G.S.)	huître		183	0,196	0,069	0,034	0,243
— La Hillon (G.S.)	huître	0,46	69	0,202	0,056	0,024	0,060
— Gorp (G.S.)	huître	0,31	82	0,428	0,043	0,012	0,037
— Comprian (G.S.)	huître	0,41	116		0,031	< 0,007	0,040
— Comprian (G.S.)	huître	0,25	58	0,222	0,013	0,014	0,083

TABL. 1 (suite)

PRELEVEMENTS		TENEURS EN mg/kg DE RESIDU SEC					
LIEUX	ESPECES	Hg TOTAL	HYDRO-CARBURES TOTAUX	PCB	DDT	DDE	DDD
CAPBRETON (G.I.)	moule	0,36	293	0,442	0,036	0,018	0,013
HENDAYE (G.I.)	huitre	0,51	424	0,791	0,004	0,030	0,050
ETANG LEUCATE (P.)	moule		315	0,085	0,008	0,024	0,013
ETANG THAU :							
— Marseillan (P.)	moule		86	0,153	0,051	0,225	0,068
— Méze (P.)	moule		137	0,235	0,084	0,124	0,081
— Bouzigues (P.)	moule		136	0,422	0,102	0,121	0,104
— Canal de Sète (G.I.)	moule	0,32	2474	1,349	0,736	0,132	0,283
— Canal Sète-Rhône (G.I.)	moule	0,41	1429	2,465	0,195	0,106	0,174
GOLFE DE FOS : Anse de Carteau (G.I.) ..	moule	0,48	446	1,264	0,106	0,048	0,066
ETANG DE BERRE :							
— Entrée Canal de Caronte (G.I.)	murex	0,60	500	0,936	0,018	0,078	0,098
— Chenal de Caronte (G.I.)	murex	0,83	352	0,568	0,016	0,037	0,045
RADE DE TOULON :							
— L'Aiguillette (G.I.)	moule	0,55	1667	1,534		0,055	0,075
— Arsenal (G.I.)	moule	0,57	1570	1,682	0,086	0,058	0,069
— Balaguier (G.I.)	moule	0,41	921	3,161	0,008	0,132	0,038

TABL. 1. — Teneurs en mercure total, hydrocarbures totaux, diphenylpolychlorés, DDT, DDE et DDD exprimées en mg/kg de résidu sec de chairs égouttées, renfermant en moyenne 74,5 %, 78,7 % et 79,9 % d'eau, respectivement pour des patelles, des huitres et des moules provenant de gisements salubres (G.S.) ou insalubres (G.I.), de parcs d'élevage (P.) ou d'établissements d'expédition (E.).