
**Etude de la contamination de pectinidés
(coquilles Saint-Jacques et pétoncles) par le
cadmium, le mercure et le plomb dans quelques
zones de pêche françaises**



Convention DGAL / Ifremer relative aux études menées dans le cadre de la
surveillance sanitaire des zones conchylicoles

Année 2009

Réf. Ifremer n°09/1217542/NF

**Etude de la contamination de pectinidés
(coquilles Saint-Jacques et pétoncles) par le
cadmium, le mercure et le plomb dans quelques
zones de pêche françaises**

Jean-François Chiffolleau, Sylvette Crochet, Emmanuelle Rozuel, Didier Claisse

Convention relative aux études menées dans le cadre de la surveillance sanitaire des
zones conchylicoles

Année 2009

Réf. Ifremer n°09/1217542/NF

Fiche documentaire

Numéro d'identification du rapport : RST.DCN.BE/2010.01 Diffusion : restreinte Validé par : Jean-François Chiffolleau, Didier Claisse Jean.Francois.Chiffolleau@ifremer.fr	Date de publication : Septembre 2010 nombre de pages : 23 Bibliographie : oui Illustrations : oui Langue du rapport : F
Titre du rapport : Etude de la contamination de pectinidés (coquilles Saint-Jacques et pétoncles) par le cadmium, le mercure et le plomb dans quelques zones de pêche françaises	
Convention DGAL/Ifremer n° n°09/1217542/NF Rapport définitif	
Auteur principal : Jean-François Chiffolleau	IFREMER, Centre de Nantes, Département Biogéochimie et Ecotoxicologie
Collaborateurs Dissections et analyses des métaux : Sylvette Crochet, Emmanuelle Rozuel Rédaction : Didier Claisse	
Cadre de la recherche : Etude chimique	
Résumé : A la demande de la Direction Générale de l'alimentation (DGAL) du Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche, l'Ifremer a mené une étude sur les teneurs en cadmium, plomb et mercure de pectinidés (coquilles Saint-Jacques et pétoncles) provenant des principales zones de pêche françaises. Ce rapport présente et analyse les résultats acquis dans les différents organes des mollusques (muscles, gonades, glande digestive, reste des tissus mous). En particulier, il indique la part respective de chaque organe dans le contenu total en métal des mollusques. Il a ensuite été procédé à une reconstitution des animaux entiers pour évaluer une concentration globale de ces trois métaux réglementés. Les résultats sont ensuite comparés aux valeurs limites des règlements CE 466/2001 et CE 221/2002 qui sont presque toujours dépassées pour le cadmium.	

Sommaire

1. Introduction	5
2. Stratégie d'échantillonnage	6
3. Sous-échantillonnage et analyses	7
4. Résultats et discussion	7
4.1. Part de chaque fraction dans la masse totale des tissus mous	7
4.2. Métaux traces dans les différentes fractions	8
4.2.1. Le cadmium	8
4.2.1.1. Concentrations dans les tissus	
4.2.1.2. Part respective des différentes fractions	
4.2.2. Le mercure	12
4.2.2.1. Concentrations dans les tissus	
4.2.2.2. Part respective des différentes fractions	
4.2.3. Le plomb	15
4.2.3.1. Concentrations dans les tissus	
4.2.3.2. Part respective des différentes fractions	
4.3. Concentrations en métaux traces dans les tissus mous totaux	19
5. Conclusion	20
6. Références	21
ANNEXE – Résultats des mesures de métaux	22

1. Introduction

Parmi les coquillages marins, plusieurs espèces de pectinidés représentent une cible importante pour les pêcheries commerciales. Beaucoup d'entre elles sont actuellement cultivées pour la production commerciale directe ou pour fournir des juvéniles pour les programmes de réintroduction dans les zones surexploitées. Sur la côte Atlantique Française et dans la Manche, les pectinidés sont relativement communs, distribués largement et font partie de 3 espèces : le pétoncle *Chlamys varia*, le vanneau *Aquiptecten opercularis* et la coquille Saint-Jacques commune *Pecten maximus*.

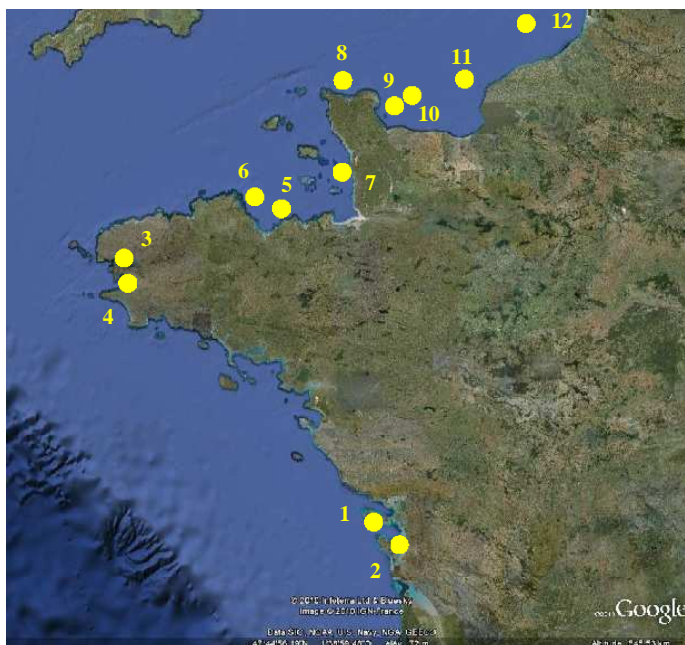
Les bivalves sont connus pour accumuler les métaux traces à des niveaux parfois élevés. Parmi ceux-ci, les pectinidés montrent des niveaux importants en certains éléments, même dans des régions apparemment non contaminées comme l'Antarctique (Mauri et al., 1990 ; Berkman & Nigro, 1992) ou l'Océan Arctique (Viarengo et al., 1993). Toutefois, ces auteurs notent d'importantes variations de contamination d'une espèce à l'autre. En France, notre équipe, dans le cadre du programme scientifique SEINE-AVAL, avait déjà produit une étude sur la contamination des bulots et coquilles Saint-Jacques en baie de Seine (Chiffolleau et al., 2002). Plus récemment, Bustamante et Miramand ont effectué un travail très important à la fois dans les comparaisons inter-sites pour une même espèce et inter-espèces pour un même site (Bustamante et Miramand, 2004), et décrit la répartition de certains métaux dans les différents organes des pectinidés (Bustamante et Miramand, 2005a). Ils ont aussi montré une variation importante des teneurs avec la saison (Bustamante et Miramand, 2005b).

Afin de compléter les données existantes, la DGAL a souhaité que l'Ifremer réalise une campagne de mesures des trois métaux réglementés (Hg, Cd, Pb) dans des pectinidés provenant des principales zones de pêches : Normandie, Saint-Brieuc, Rade de Brest et pertuis charentais. La présente étude considère deux espèces de pectinidés, la coquille Saint-Jacques et le pétoncle, de taille adulte et comparable pour chaque espèce, prélevés entre le 16 février et le 14 mars 2009. Les zones de prélèvements sont des régions a priori non contaminées par les métaux (Baie de Saint-Brieuc et de Douarnenez, Rade de Brest, Nord et Ouest Cotentin) et des zones où certains éléments sont à des niveaux relativement élevés dans la colonne d'eau et dans les moules du littoral (Baie de Seine et Pays de Caux, Baie de Marennes). L'objectif de cette étude est de compléter l'échantillonnage de Bustamante et Miramand et de fournir des concentrations reconstituées des animaux entiers afin de les comparer aux normes de commercialisation.

2. Stratégie d'échantillonnage

12 lots de pectinidés ont été prélevés entre le 16 février et le 14 mars 2009 sur les côtes de la Manche et de la mer du nord (Figure 1) par les équipes des laboratoires côtiers de l'IFREMER sauf en rade de Brest où le prélèvement a été effectué par le Comité Local des Pêches Maritimes (CLPM) de Brest (Tableau 1).

Figure 1 : Position des stations de prélèvements de pectinidés dans l'étude de 2009



Chaque lot contient 5 individus pour les coquilles Saint-Jacques et 10 individus pour les pétoncles. Les individus ont été emballés dès le prélèvement dans des sacs de polyéthylène puis congelés immédiatement.

N° sur la carte	Provenance	Espèce	Nb Individus	Date prélèvement	Latitude	Longitude	Longueur Coquille (mm)
1	Pertuis d'Antioche	Coquille St. Jacques	5	24/02/2009	46° 07' 27" N	1° 26' 29" W	101 ± 5
2	Baie de Marennes	Pétoncle	10	25/02/2009	45° 55' 20" N	1° 08' 55" W	48 ± 3
3	Rade de Brest	Coquille St. Jacques	5	17/02/2009	-	-	95 ± 4
4	Baie de Douarnenez	Pétoncle	10	17/02/2009	-	-	52 ± 2
5	Baie de St. Brieuc - Est	Coquille St. Jacques	5	16/02/2009	-	-	99 ± 4
6	Baie de St. Brieuc - Ouest	Coquille St. Jacques	5	23/03/2009	-	-	93 ± 5
7	Ouest Cotentin	Coquille St. Jacques	5	04/03/2009	49° 04" N	1° 42' W	103 ± 3
8	Nord cotentin	Coquille St. Jacques	5	23/02/2009	49° 42' 52" N	1° 44' 46" W	116 ± 6
9	Baie de Seine - Ouest	Coquille St. Jacques	5	27/02/2009	49° 30' N	0° 55' W	103 ± 5
10	Baie de Seine - Centre	Coquille St. Jacques	5	27/02/2009	49° 32' N	0° 40' W	106 ± 6
11	Pays de Caux - Etretat	Coquille St. Jacques	5	12/03/2009	49° 46' N	0° 09' W	103 ± 6
12	Pays de Caux - Dieppe	Coquille St. Jacques	5	14/03/2009	50° 13' N	0° 51' 40" E	119 ± 3

Tableau 1 : Echantillonnage des pectinidés de cette étude.

3. Sous-échantillonnage et analyses

Les individus ont été mesurés individuellement au laboratoire, puis décongelés partiellement sous hotte à flux laminaire et disséqués à l'aide d'instruments en inox. Pour chaque lot, 4 échantillons ont été constitués par la mise en commun respectivement des muscles, des gonades (ou "corail"), des glandes digestives et du reste des tissus mous des individus du lot. Ces restes contiennent en particulier le manteau, le pied, l'intestin, le cœur, les reins et les branchies. Les échantillons ont ensuite été homogénéisés, pesés, lyophilisés et pesés de nouveau pour évaluer leur teneur en eau.

Les analyses de mercure ont été effectuées directement sur un auto-analyseur de mercure AMA 254. Les analyses de cadmium et de plomb ont été effectuées par ICP-MS après minéralisation acide au four à micro-ondes. Les performances de ces 2 méthodes sont décrites dans le tableau 2.

	LQ	CRM 278R		TORT-2		DOLT 3	
		valeur mesurée	valeur certifiée	valeur mesurée	valeur certifiée	valeur mesurée	valeur certifiée
Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0.05	0.32 ± 0.01	0.35 ± 0.01	27.7 ± 0.6	26.7 ± 0.2		
Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0.015			0.30 ± 0.01	0.27 ± 0.06	3.36 ± 0.35	3.37 ± 0.14
Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0.03	1.90 ± 0.05	2.00 ± 0.04	0.34 ± 0.003	0.35 ± 0.13		

Tableau 2 : Performances des mesures de métaux

4. Résultats et discussion

Les résultats complets de cette étude figurent en annexe. Ils sont tous exprimés en *poids frais*. On trouvera dans ce qui suit une analyse détaillée de ces résultats.

4.1. Part de chaque fraction dans la masse totale de tissus mous

La distribution en masse des différentes fractions échantillonnées dans cette étude est comparable entre les 2 espèces (Figure 2). On observe que la masse de muscle correspond à un peu plus de 40 % de la masse totale alors que les glandes digestives et les gonades comptent pour moins de 10% chacune. On note également une variabilité importante de la fraction gonadique qui représente entre 6 et 12 % de la masse totale dans les pétoncles et entre 2 et 18 % dans les coquilles Saint-Jacques.

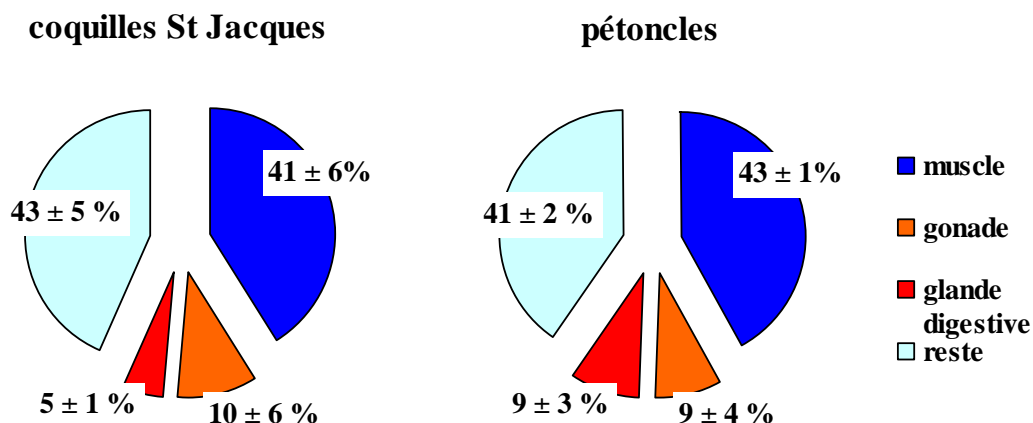


Figure 2 : Distribution relative (en % de la masse totale) des différentes fractions échantillonnées

4.2. Métaux traces dans les différentes fractions

4.2.1 - Le cadmium

4.2.1.1 - Concentration dans les tissus

Les concentrations en cadmium sont très différentes suivant les fractions échantillonnées (Figure 3). Entre les gonades, les muscles et les restes on observe une concentration moyenne de l'ordre de 0.3 à 0.4 $\mu\text{g g}^{-1}$ (un peu inférieure dans le muscle de pétoncle). En revanche les concentrations en cadmium dans la glande digestive sont très élevées, mais aussi très dispersées puisqu'elles varient de 7 à 36 $\mu\text{g g}^{-1}$ avec une valeur moyenne de $21 \pm 21 \mu\text{g g}^{-1}$ dans la glande digestive de pétoncle, et de 17 à 120 $\mu\text{g g}^{-1}$ avec une valeur moyenne de $60 \pm 30 \mu\text{g g}^{-1}$ dans la glande digestive de coquille Saint-Jacques.

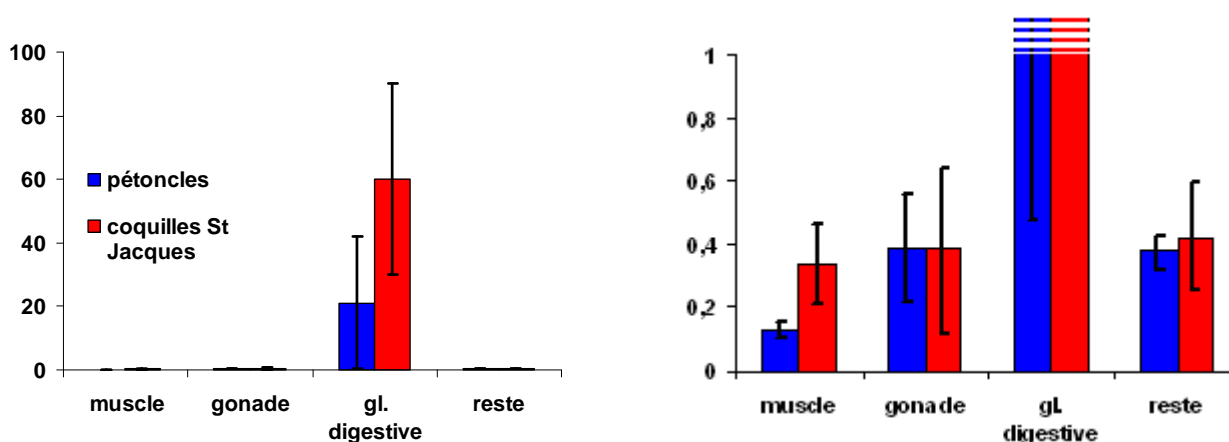


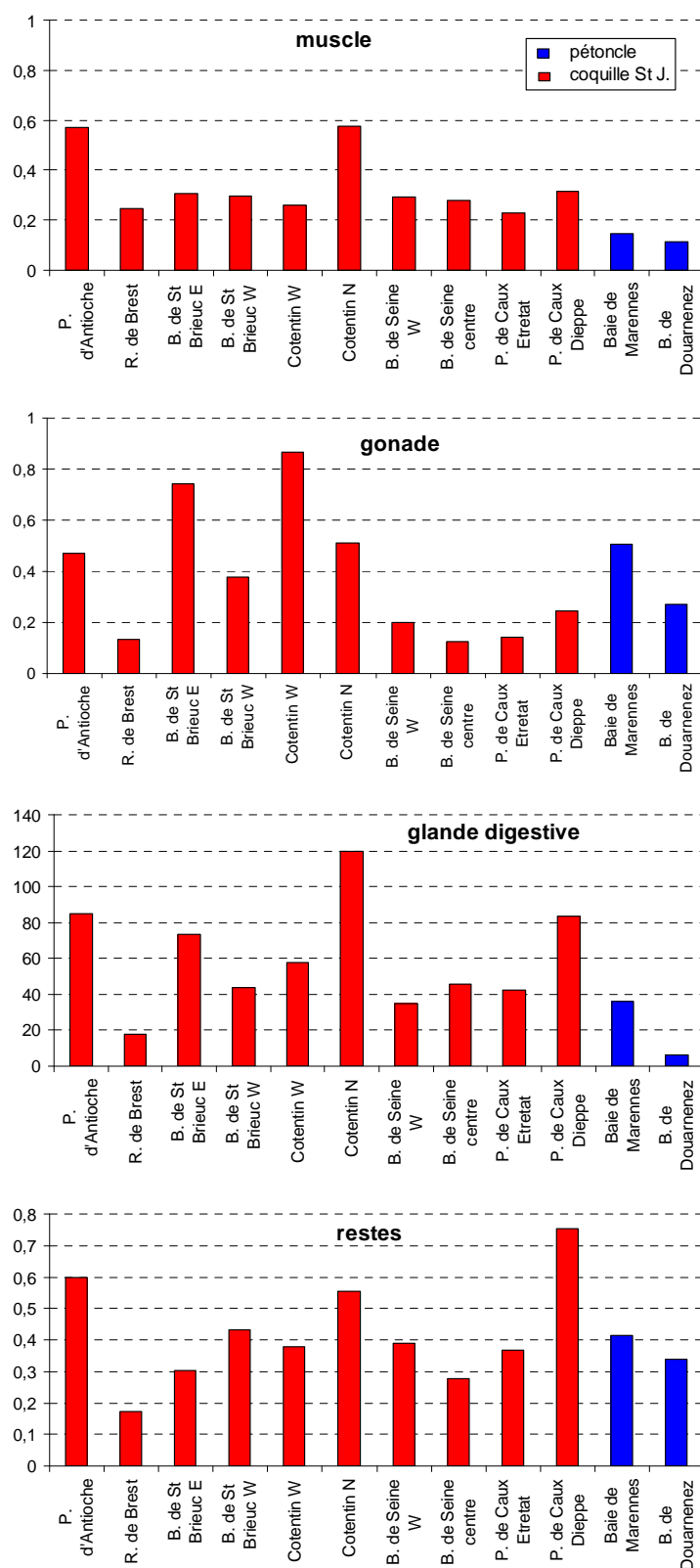
Figure 3 : Concentration moyenne en cadmium ($\mu\text{g g}^{-1}$ poids frais) des différentes fractions échantillonnées

Ces valeurs sont du même ordre que celles fournies par Bustamante et Miramand (2005a) pour des pétoncles prélevés à La Rochelle et dans le Pertuis Breton à proximité de l'île de Ré, et par ces mêmes auteurs pour des coquilles Saint-Jacques prélevées dans la même région (Bustamante et Miramand 2004). Elles correspondent également pour ce qui concerne la baie de Seine à la fourchette de valeurs que nous avons mesurées dans une précédente étude (Chiffolleau et al., 2002).

La variabilité des concentrations en cadmium est importante quel que soit le tissu considéré en fonction de la provenance. Dans la série complète de pectinidés, les oppositions géographiques zone de référence / zone contaminée (Figure 4) correspondent peu à la photographie que donnent les suivis du RNO sur les moules du littoral depuis le début des années et qui montrent encore actuellement une accumulation du cadmium dans les moules dans le panache de la Seine et en Baie de Marennes-Oléron.

Chez les pétoncles, le cadmium est effectivement toujours plus concentré dans les tissus provenant d'individus de la Baie de Marennes que dans ceux provenant de la Baie de Douarnenez. Nous devons cependant noter que l'échantillonnage de cette espèce n'a concerné que deux régions.

Figure 4 : Concentration en cadmium ($\mu\text{g g}^{-1}$ poids frais) des différentes fractions en fonction du site de prélèvement



En revanche, si les tissus de coquilles Saint-Jacques provenant de la rade de Brest paraissent systématiquement les moins concentrés en cadmium et ceux du Pertuis d'Antioche et du Nord Cotentin les plus contaminés, ceux provenant de la Baie de Seine et notamment du Pays de Caux au large d'Etretat, dans le panache de la Seine, ne montrent pas de signe de contamination attendus pour cette région connue pour ses

problèmes de cadmium depuis 30 ans (Claisse, 1989 ; Chiffolleau et al., 1994). Ce même type de constat avait été dressé par Miramand et Bustamante (2004) qui observaient que des pectinidés prélevés au large des îles Féroé avaient des concentrations en Cd entre 2 et 6 fois supérieures selon les organes aux pectinidés prélevés en Charente Maritime.

	muscle	gonade	glande digestive.	restes
muscle		0,04	0,72	0,28
gonade			0,18	0,01
glande digestive				0,46
restes				

Tableau 3 : Coefficient de détermination (R^2) de la concentration en cadmium pour les différentes fractions de pectinidés dans la présente étude.

Enfin, on ne note pas de forte corrélations entre ces différentes fractions pour ce qui concerne le cadmium dans l'échantillonnage considéré dans cette étude (Tableau 3), à l'exception de la glande digestive dont les teneurs en cadmium varient globalement dans le même sens que dans le muscle comme nous pouvons l'observer sur la figure 5.

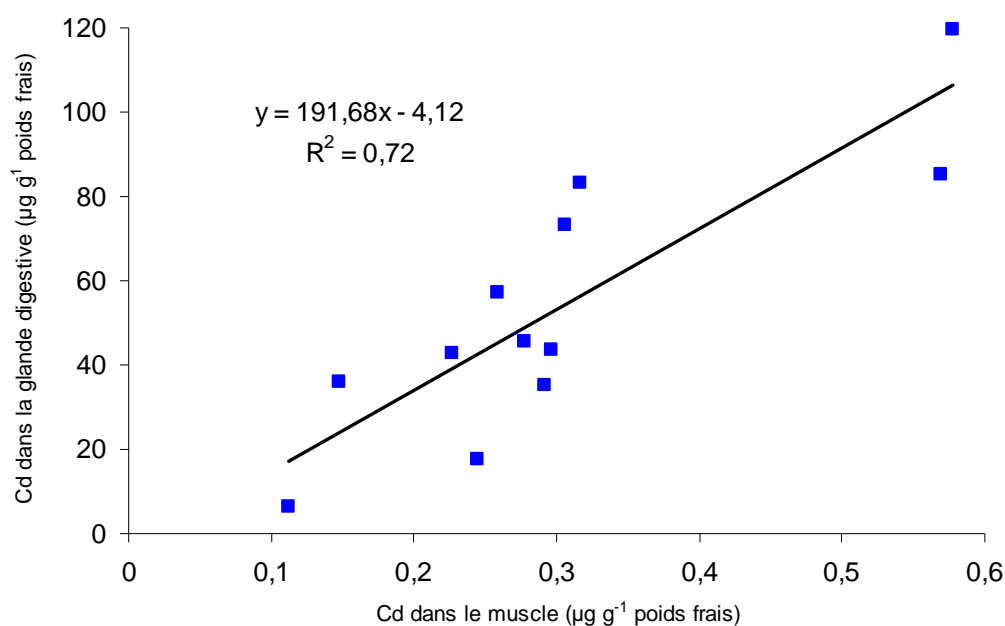
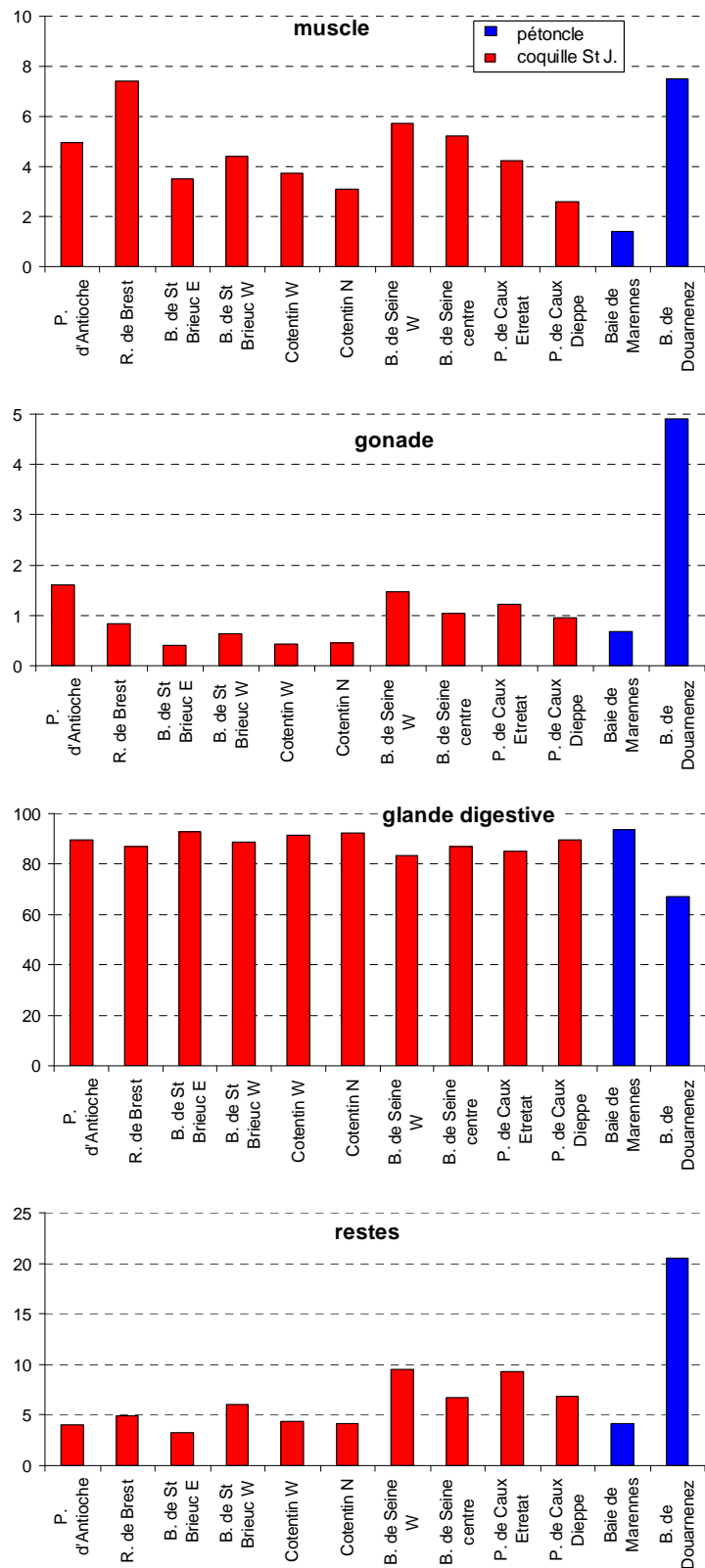


Figure 5 : Relation entre la teneur en Cd dans le muscle et dans la glande digestive.

4.2.1.2 - Part respective des différentes fractions

Comme nous l'avons vu plus haut, la masse relative de chaque organe varie d'une manière parfois importante d'un lot de pectinidés à l'autre. Nous avons observé en particulier des fractions gonadiques allant de 2 % à 18 % suivant les lots. Il est donc intéressant de vérifier si le stock immobilisé dans les différentes fractions est dépendant ou non de l'état physiologique de l'animal (Figure 6).

Figure 6 : Fraction du cadmium (en % du cadmium total) dans les différentes fractions en fonction du site de prélèvement.

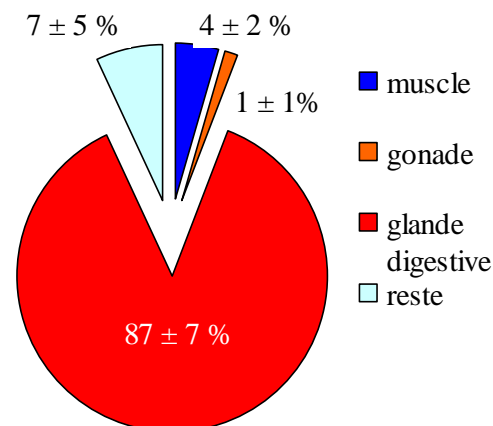


Un seul lot se distingue (Figure 6), celui des pétoncles de la Baie de Douarnenez, qui malgré une fraction gonadique « moyenne » (autour de 12% de la masse totale), immobilise 5 fois plus de cadmium que les autres lots, cette anomalie se retrouvant aussi dans une fraction de cadmium « anormalement » élevée dans le reste des tissus et singulièrement plus basse que tous les autres dans les glandes digestives.

Nous observons également que c'est au voisinage de la Baie de Seine et du Pays de Caux que les quantités de cadmium immobilisées aussi bien dans les gonades que dans les restes sont les plus importantes.

Si l'on excepte ce lot insolite, on observe donc qu'entre 85 et 90 % du cadmium dans les pectinidés de cette étude se retrouve dans les glandes digestives et seulement 4 % et 2 % respectivement dans les muscles et dans les gonades ou « corail » (Figure 7). Ces observations corroborent celles de Bustamante et Miramand (2004) qui proposent un ratio compris entre 75 % et 93 % pour le cadmium des glandes digestives de tous les pectinidés.

Figure 7 : Quantité moyenne relative de Cd (en % du Cd total) des différentes fractions échantillonnées.



4.2.2 - Le mercure

4.2.2.1 - Concentration dans les tissus

Les concentrations en mercure sont très différentes suivant les fractions échantillonnées (Figure 8), mais comparables d'une espèce à l'autre. Si entre les gonades, les muscles et les restes on observe une concentration moyenne de l'ordre de 0.01 à 0.02 $\mu\text{g g}^{-1}$, en revanche, les concentrations dans les glandes digestives sont beaucoup plus élevées, puisque le mercure varie dans ces organes de 0.06 à 0.14 $\mu\text{g g}^{-1}$ avec une valeur moyenne toutes espèces confondues de $0.09 \pm 0.03 \mu\text{g g}^{-1}$.

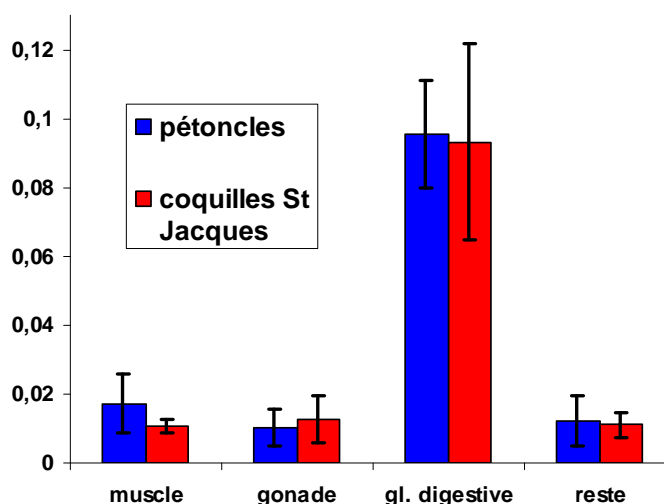


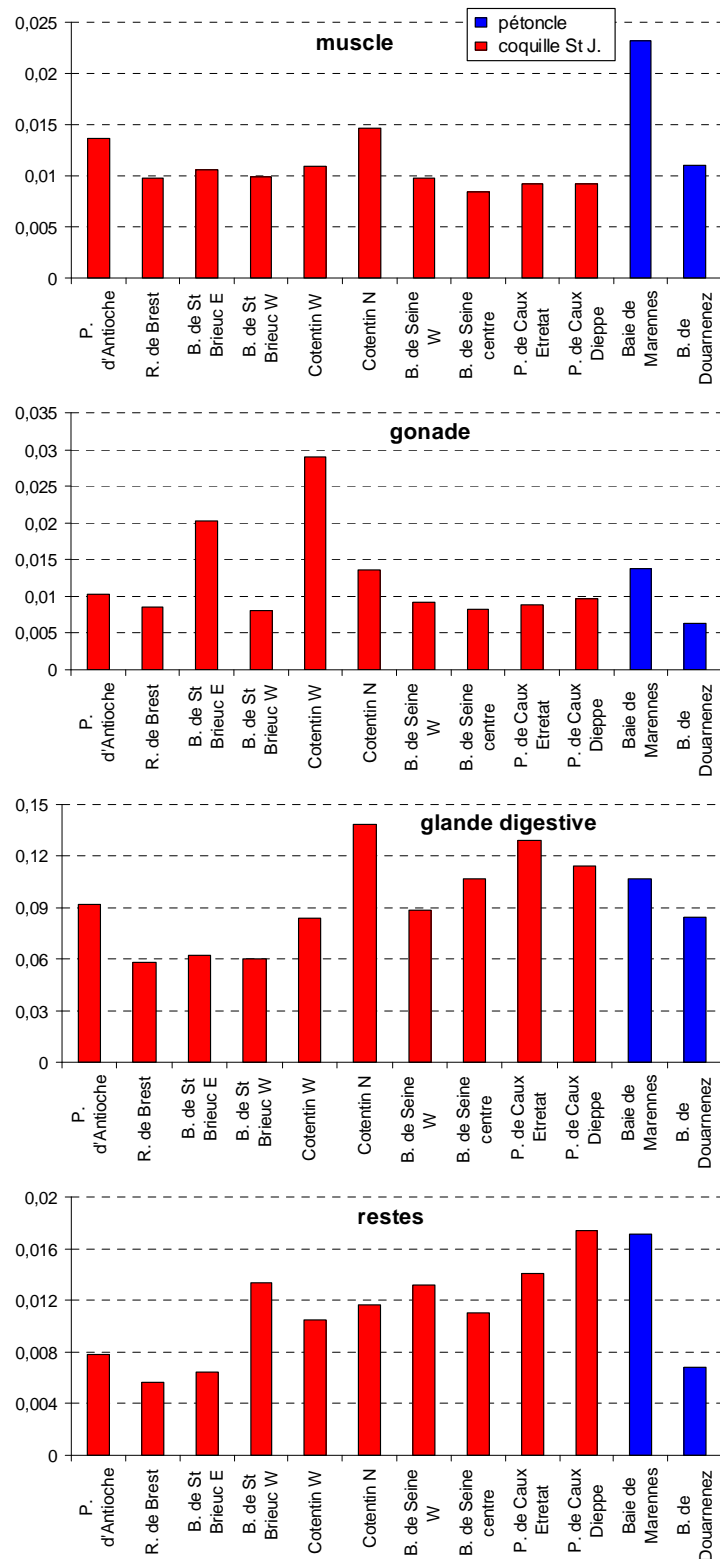
Figure 8 : Concentration moyenne en mercure dans les différentes fractions échantillonnées ($\mu\text{g g}^{-1}$ poids frais).

Comme pour le cadmium, la distribution du mercure dans les différents tissus ne montre pas de tendances régionales bien marquées (Figure 9). Nous observons cependant que les pétoncles de la baie de Marennes sont systématiquement plus concentrés en mercure que ceux de la baie de Douarnenez et que c'est dans le Pays de Caux, région contaminée historiquement par le mercure (Cossa et al., 2003), que l'on rencontre les plus fortes teneurs dans les glandes digestives et les restes. A l'inverse,

les coquilles Saint-Jacques de la rade de Brest sont les moins contaminées en mercure de tous les lots échantillonnés.

Enfin, nous pouvons tenter un parallèle avec le cadmium dans quelques valeurs élevées isolées du reste de la série : en effet, c'est dans le site Ouest Cotentin que l'on observe les plus fortes teneurs en mercure dans les gonades, et dans le site Nord Cotentin les plus fortes teneurs dans les glandes digestives.

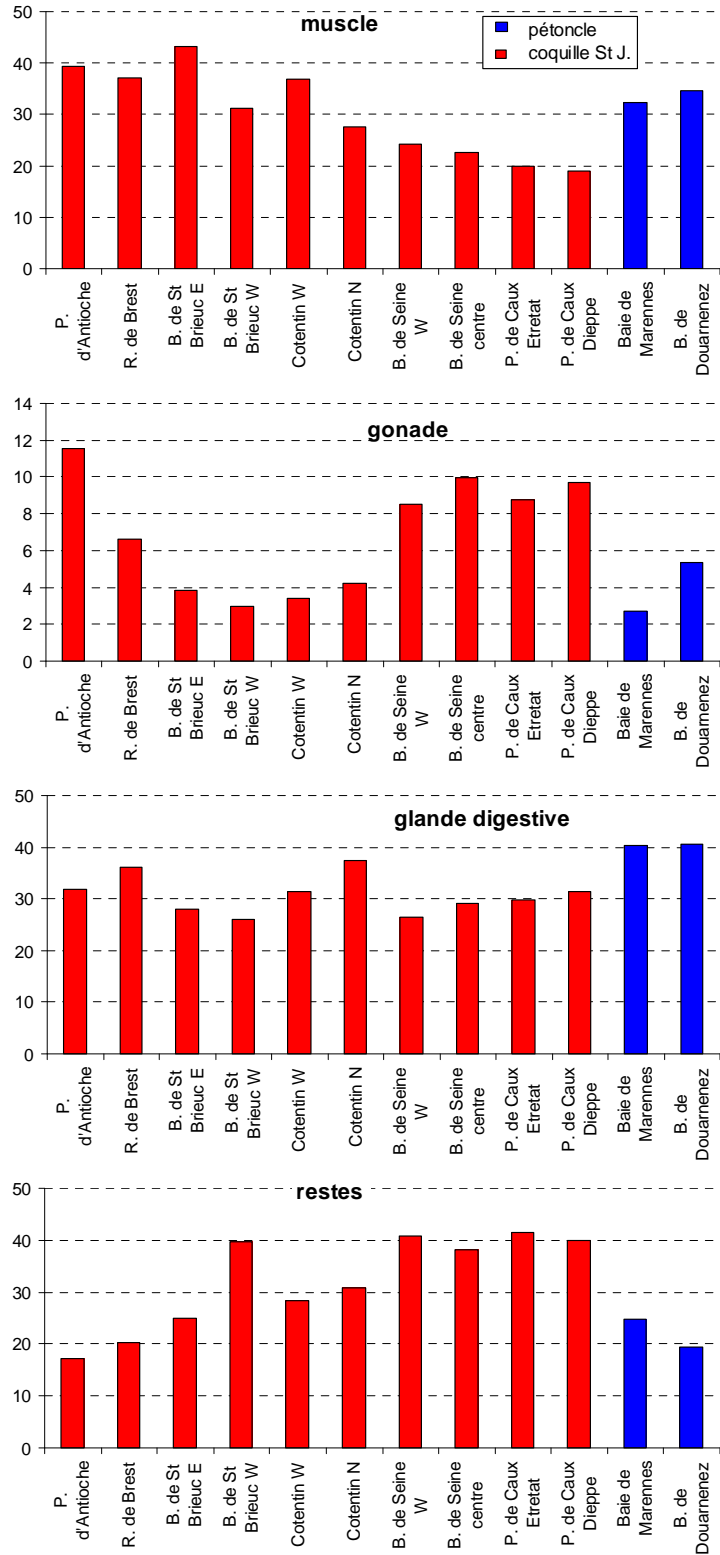
Figure 9 : Concentration en mercure ($\mu\text{g g}^{-1}$ poids frais) des différentes fractions en fonction du site de prélèvement.



Bien que nous observions une variabilité relativement importante des teneurs en mercure dans un tissu donné selon les régions, il n'y a pas de corrélation apparente entre ces variations (Tableau 4).

4.2.2.2 - Part respective des différentes fractions

Figure 10 : Fraction du mercure (en % du mercure total) dans les différentes fractions en fonction du site de prélèvement



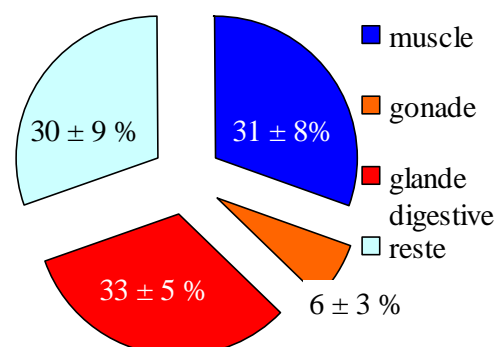
D'une manière analogue à la situation du cadmium, nous pouvons observer que les quantités de mercure immobilisées dans les gonades et dans les restes sont les plus importantes en Baie de Seine et dans le Pays de Caux (Figure 10), c'est-à-dire dans la région la plus contaminée par le mercure. A l'inverse, c'est dans ces régions que l'on retrouve le moins de mercure incorporé dans les muscles. Les glandes digestives montrent une relative homogénéité des quantités de mercure immobilisé.

	muscle	gonade	Glande digestive	restes
muscle		0,03	0,06	0,09
gonade			0,01	0,01
glande digestive				0,31
restes				

Tableau 4 : Coefficient de détermination (R^2) de la concentration en mercure pour les différentes fractions de pectinidés dans la présente étude

C'est dans les gonades que nous retrouvons le moins de mercure par rapport aux autres fractions des pectinidés échantillonnés dans cette étude (Figure 11), ce stock ne constituant en moyenne que 6% du mercure total des individus. Si l'on excepte cette fraction, le mercure est réparti équitablement entre les muscles, les glandes digestives et les restes.

Figure 11 : Quantité moyenne relative de Hg (en % du Hg total) des différentes fractions échantillonnées.



4.2.3 - Le plomb

4.2.3.1 - Concentration dans les tissus

Les concentrations en plomb sont très différentes suivant les fractions échantillonnées, et différentes d'une espèce à l'autre (Figure 12). Nous remarquons ainsi que, par rapport aux coquilles Saint-Jacques, les concentrations sont en moyenne plus élevées d'un facteur 2 à 5 dans les muscles, les gonades et les restes des pétoncles et moins élevées dans les glandes digestives. Par contre, nous observons le même gradient muscle < gonade < reste < glande digestive chez les 2 espèces. Enfin, comme pour le cadmium et le mercure, le plomb se distingue significativement dans les glandes digestives avec une concentration moyenne de 10 à 100 fois supérieure à celle des muscles selon l'espèce. Ces valeurs sont du même ordre que celles fournies par Bustamante et Miramand (2005a) pour des pétoncles prélevés à La Rochelle et dans le Pertuis Breton à proximité de l'île de Ré.

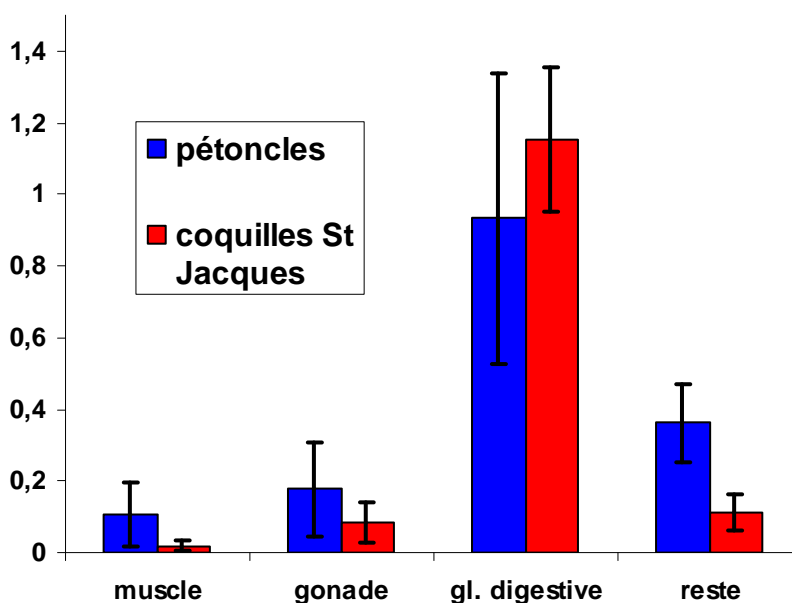


Figure 12 : Concentration moyenne en plomb ($\mu\text{g g}^{-1}$ poids frais) des différentes fractions échantillonnées.

Comme pour le cadmium et mercure, la distribution du plomb dans les différents tissus ne montre pas de tendances régionales bien marquées (Figure 13), si ce n'est que les pétoncles de la baie de Marennes sont systématiquement plus concentrés en plomb que ceux de la baie de Douarnenez sauf dans les muscles où c'est l'inverse.

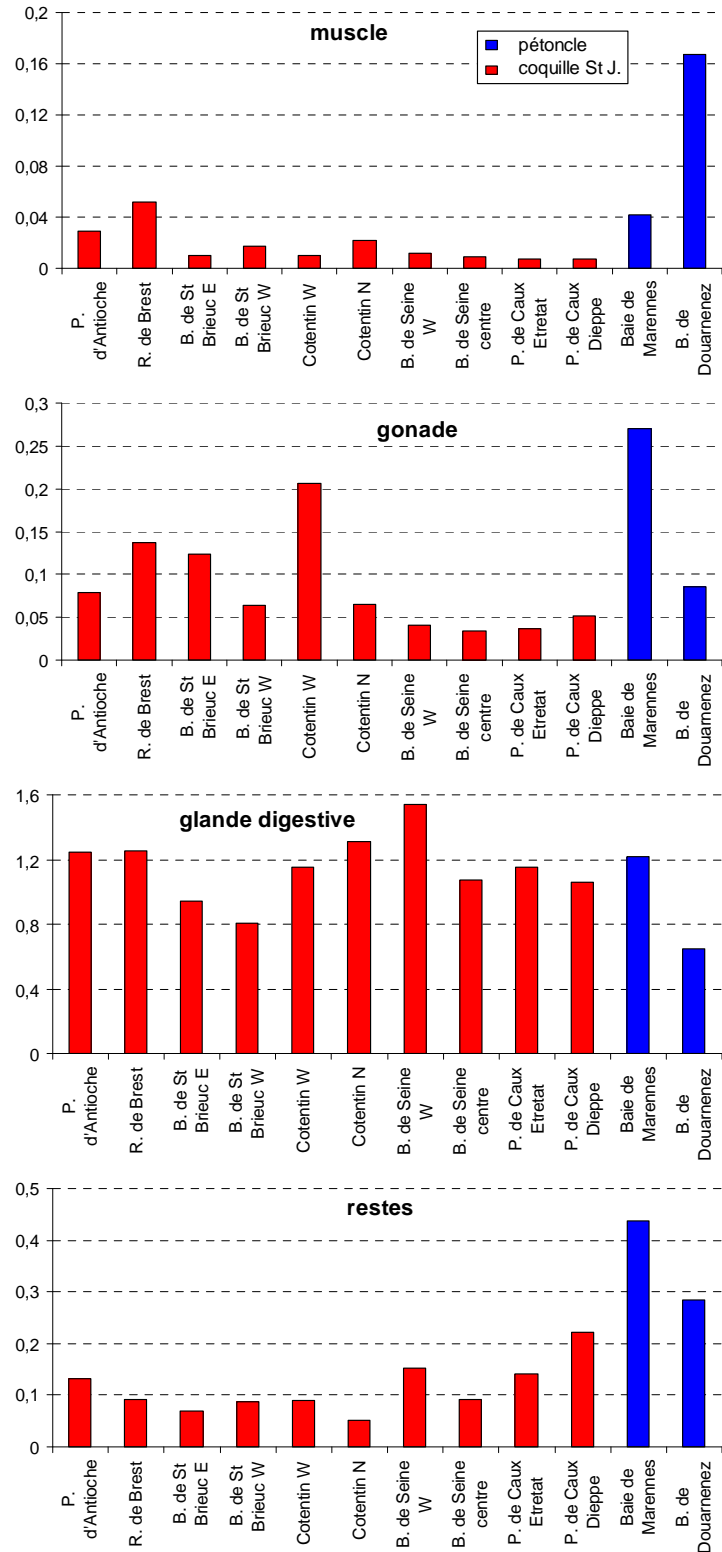
D'une manière analogue au cadmium et au mercure, c'est dans le site Ouest Cotentin que l'on observe les plus fortes teneurs en plomb dans les gonades.

Bien que nous observions une variabilité relativement importante des teneurs en plomb dans un tissu donné selon les régions, il n'y a pas de corrélation apparente entre ces variations (Tableau 5).

	muscle	gonade	glande digestive.	restes
muscle		0,01	0,28	0,20
gonade			0,00	0,23
glande digestive.				0,01
restes				

Tableau 5 : Coefficient de détermination (R^2) de la concentration en plomb pour les différentes fractions de pectinidés dans la présente étude

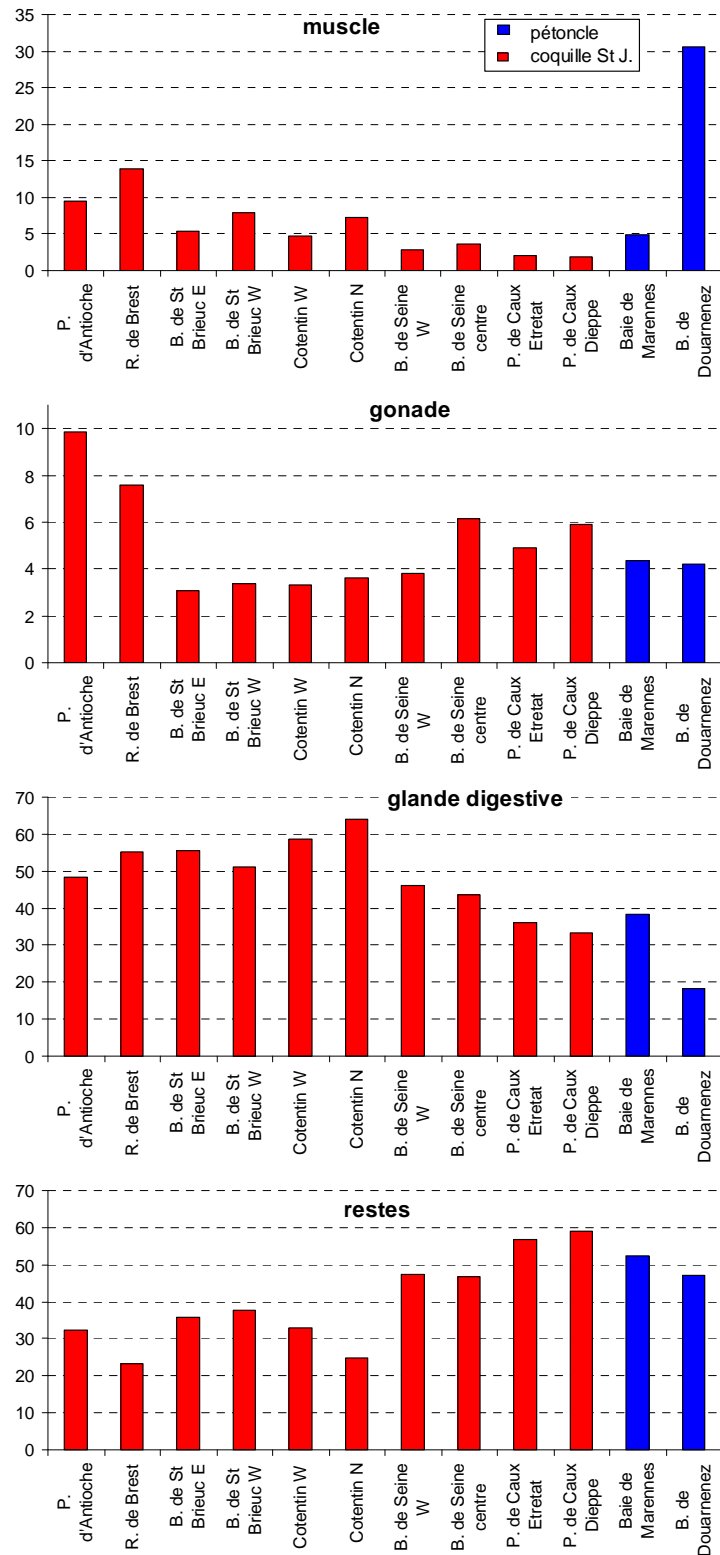
Figure 13 : Concentration en plomb ($\mu\text{g g}^{-1}$ poids frais) des différentes fractions en fonction du site de prélèvement.



4.2.3.2 - Part respective des différentes fractions

Le stock de plomb immobilisé par chaque fraction échantillonnée dans cette étude ne montre pas de variations géographiques spectaculaires, si ce n'est en Baie de Douarnenez où les muscles sont extrêmement enrichis par rapport aux muscles des autres régions. A l'inverse, c'est dans cette région que l'on observe les quantités les plus faibles de plomb immobilisé dans les glandes digestives (Figure 14).

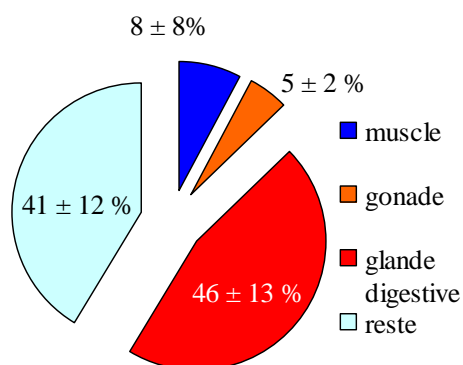
Figure 14 : Fraction du plomb (en % du plomb total) dans les différentes fractions en fonction du site de prélèvement.



Les glandes digestives et les restes se partagent équitablement 85 % du plomb des pectinidés échantillonnés dans cette étude. Dans les gonades et le muscles, nous ne trouvons respectivement que 5 % et 8 % du plomb total (Figure 15).

Bustamante et Miramand (2005a) proposent des valeurs légèrement différentes, mais qui ne concernent que les pétoncles. Ils proposent 16 à 28 % pour les glandes digestives, 2 à 5 % pour les gonades et 16 à 33 % pour les muscles. Ces valeurs sont accord avec ce que nous observons dans les pétoncles de la Baie de Douarnenez.

Figure 15 : Quantité moyenne relative de Pb (en % du Pb total) des différentes fractions échantillonnées.

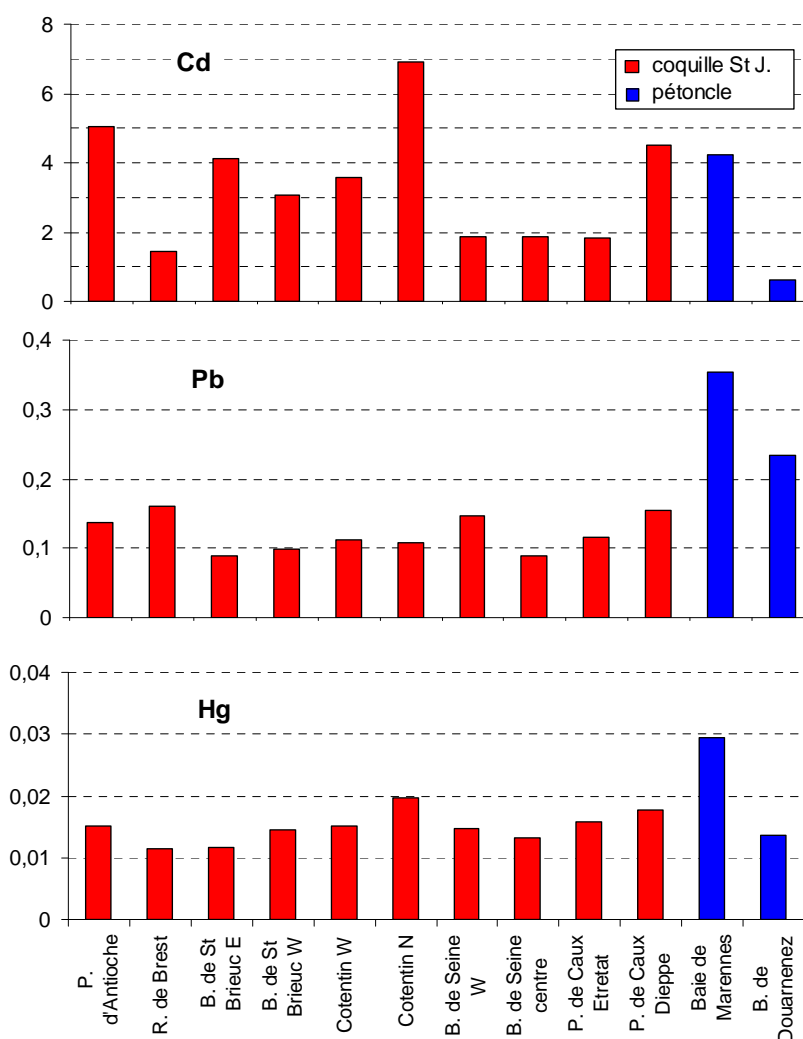


4.3 – Concentrations en métaux traces dans les tissus mous totaux

Comme nous l'avons vu précédemment, la distribution des métaux traces dans les pectinidés est très variable suivant les organes et/ou les fractions de tissus considérés. Ainsi, des fractions peu abondantes en masse, en particulier les glandes digestives qui comptent pour moins de 10% de la masse totale des tissus mous, contribuent à une partie importante du budget métaux des organismes.

C'est en particulier le cas du cadmium dont la concentration dans les glandes digestives est 100 fois supérieure à la concentration dans les autres organes échantillonnés dans cette étude. Nous avons donc reconstitué la concentration des trois métaux étudiés dans les tissus mous totaux (Figure 16).

Figure 16 : Concentration des trois métaux (en $\mu\text{g g}^{-1}$ de poids humide) dans les tissus mous totaux de pectinidés.



Les principales observations sont les suivantes :

Pour le cadmium, les concentrations très élevées dans les glandes digestives influencent considérablement les concentrations totales dans les animaux. Celles-ci représentent des valeurs élevées (de 1 à 7 $\mu\text{g g}^{-1}$ en poids frais), et leurs variations géographiques semblent assez peu corrélées à une exposition environnementale au cadmium. En effet, si l'on note les niveaux les plus faibles en rade de Brest et en Baie de Douarnenez et des niveaux parmi les plus élevés dans les pertuis Charentais, en revanche on observe des niveaux plus élevés en Manche ouest qu'en Manche Est alors que la seule région connue dans la Manche pour sa contamination en cadmium est l'estuaire et le panache de la Seine.

Pour le plomb et le mercure, les concentrations totales sont faibles, homogènes géographiquement à l'exception des niveaux légèrement supérieurs dans le bassin de Marennes chez les pétoncles.

5. Conclusion

Cette étude confirme nos travaux précédents et ceux plus récents de Bustamante et Miramand, qui avaient montré une accumulation importante des trois métaux étudiés dans les glandes digestives de coquilles Saint-Jacques. On notera ici un facteur 100 entre les concentrations en cadmium dans les glandes digestives et la moyenne des autres tissus, alors que pour le mercure et le plomb ce facteur n'est que de 5 à 10. On constate également, conformément aux études précédentes, que **la contamination des coquilles Saint-Jacques semble peu dépendante de la contamination environnante.**

Les normes européennes actuelles de commercialisation pour la consommation humaine sont en poids humide de 1 $\mu\text{g g}^{-1}$ pour le cadmium, 0,5 $\mu\text{g g}^{-1}$ pour le mercure et 1.5 $\mu\text{g g}^{-1}$ pour le plomb (règlements CE 466/2001 et CE 221/2002). **Si l'on considère les animaux dans leur intégralité, ces limites réglementaires sont systématiquement dépassées pour le cadmium, quelle que soit la provenance des échantillons, sauf dans les pétoncles de la baie de Douarnenez.** Si l'on considère les tissus individuellement, les glandes digestives dépassent cette limite pour le cadmium et parfois pour le plomb. Toutefois, ces organes ne sont jamais commercialisés individuellement. **Les parties comestibles (muscle, gonade, restes) ne posent quant à eux pas de problème de niveau réglementaire pour les trois métaux étudiés.**

En conséquence, deux alternatives peuvent être suggérées pour la commercialisation des coquilles Saint-Jacques et des pétoncles :

- Retrait de la glande digestive (sans la percer) avant commercialisation
- Commercialisation des coquillages dans leur intégralité, en ne prenant en compte que la concentration en cadmium dans les tissus autres que la glande digestive. En effet, dans la mesure où la glande digestive n'est généralement pas consommée, cette attitude ne semble pas préjudiciable au consommateur moyen. Par contre, il serait nécessaire de faire une information sur les risques encourus à consommer régulièrement la glande digestive.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier ici les collègues Ifremer des Laboratoires Environnement et Ressources de Normandie (LER/N), du Finistère Bretagne Nord (LER/FBN), des Pertuis Charentais (LER/PC) et le comité local des Pêches Maritimes (CLPM) de Brest pour les prélèvements de coquillages utilisés dans cette étude.

6. Références

- Berkman P.A. & Nigro M., 1992. Trace metal concentrations in scallops around Antarctica : extending the Mussel Watch Programme to the Southern Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 24 : 322-323.
- Bustamante P. & Miramand P., 2004. Interspecific and geographical variations of trace element concentrations in Pectinidae from European waters. *Chemosphere*, 57 : 1355-1362.
- Bustamante P. & Miramand P., 2005a. Subcellular and body distributions of 17 trace elements in the variegated scallop *Chlamys varia* from the French coast of the Bay of Biscay. *Science of the Total Environment*, 337 : 59-73.
- Bustamante P. & Miramand P., 2005b. Evaluation of the variegated scallop *Chlamys varia* as a biomonitor of temporal trends of Cd, Cu and Zn in the field. *Environmental Pollution*, 138 : 109-120.
- Chiffoleau J.-F., Cossa D., Auger D. & Truquet I., 1994. Trace metal distribution, partition and fluxes in the Seine Estuary in low discharge regime. *Marine Chemistry*, 47 : 145-158.
- Chiffoleau J.-F., Auger D., Chartier E., Le Goff R., Justome V., Maheux F., Pierre-Duplessix O. & Etourneau C., 2002. Variabilité de la contamination des Bulots et Coquilles Saint Jacques en Baie de Seine par les métaux. *Rapport Scientifique du programme Seine-Aval*, Phase 2 (<http://seine-aval.crihan.fr>). Année 2002. 13 pages.
- Claisse D., 1989. Chemical contamination of French coast. The results of a ten years mussel-watch. *Marine Pollution Bulletin*, 20(10) : 523-528.
- Cossa D., Laurier F.J.G. & Ficht A., 2003. Mercury contamination in the Seine estuary, France : an overview. In : *Biogeochemistry of environmentally important trace metals*. Cai Y. & Braids O.C. (Eds.). American Chemical Society, Washington, D.C. pp.298-320.
- Mauri M., Orlando E., Nigro M. & Regoli F., 1990. Heavy metals in the Antarctic scallop *Adamussium colbecki*. *Marine Ecology Progress Series*, 67 : 27-33.
- Viarengo A., Canesi L., Mazzucotelli A. & Ponzano E., 1993. Cu, Zn and Cd content in different tissues of the Antarctic scallop *Adamussium colbecki* : role of the metallothionein in heavy metal homeostasis and detoxification. *Marine Ecology Progress Series*, 95 : 163-168.

ANNEXE - Résultats bruts des mesures de métaux (exprimés en poids humide) dans les différentes fractions de tissus mous des pectinidés

espèce	localisation	fraction	Longueur coquille (mm)	% de la masse totale	Matière sèche %	Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Coquilles St - Jacques	Pertuis d'Antioche	muscle	101 \pm 5	43,83	18,16	0,57	0,03	0,014
		Gonade		17,15	17,38	0,47	0,08	0,010
		Glande digestive		5,29	16,56	85,18	1,24	0,092
		reste		33,74	7,93	0,60	0,13	0,008
		total		100	5,04	0,14	0,015	
pétoncles	Baie de Marennes	muscle	48 \pm 3	40,85	16,33	0,15	0,04	0,023
		Gonade		5,73	14,55	0,51	0,27	0,014
		Glande digestive		11,12	21,04	35,85	1,22	0,107
		reste		42,30	11,05	0,41	0,44	0,017
		total		100	4,25	0,35	0,029	
Coquilles St - Jacques	Rade de Brest	muscle	95 \pm 4	43,23	19,93	0,24	0,05	0,010
		Gonade		8,82	18,22	0,13	0,14	0,009
		Glande digestive		7,09	27,79	17,44	1,25	0,058
		reste		40,85	7,65	0,17	0,09	0,006
		total		100	1,43	0,16	0,011	
pétoncles	Baie de Douarnenez	muscle	52 \pm 2	42,85	18,72	0,11	0,17	0,011
		Gonade		11,65	20,25	0,27	0,08	0,006
		Glande digestive		6,57	27,73	6,54	0,65	0,085
		reste		38,93	8,21	0,34	0,28	0,007
		total		100	0,64	0,23	0,014	
Coquilles St - Jacques	Baie de St Brieuc – Est	muscle	99 \pm 4	47,49	19,61	0,31	0,01	0,011
		Gonade		2,20	12,11	0,74	0,12	0,020
		Glande digestive		5,23	19,80	73,23	0,94	0,062
		reste		45,07	6,96	0,30	0,07	0,006
		total		100	4,13	0,09	0,012	
Coquilles St - Jacques	Baie de St Brieuc Ouest	muscle	93 \pm 5	45,77	20,06	0,30	0,02	0,010
		Gonade		5,20	17,68	0,38	0,06	0,008
		Glande digestive		6,27	24,56	43,59	0,81	0,060
		reste		42,75	9,33	0,43	0,09	0,013
		total		100	3,07	0,10	0,014	
Coquilles St - Jacques	Ouest Cotentin	muscle	103 \pm 3	51,36	20,99	0,26	0,01	0,011
		Gonade		1,79	15,20	0,87	0,21	0,029
		Glande digestive		5,69	22,44	57,35	1,15	0,084
		reste		41,16	9,79	0,38	0,09	0,010
		total		100	3,57	0,11	0,015	

ANNEXE (suite) - Résultats bruts des mesures de métaux (exprimés en poids humide) dans les différentes fractions de tissus mous des pectinidés.

espèce	localisation	fraction	Longueur coquille (mm)	% de la masse totale	Matière sèche %	Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Coquilles St - Jacques	Nord Cotentin	muscle	116 ± 6	36,80	18,62	0,58	0,02	0,015
		Gonade		6,08	16,74	0,51	0,07	0,014
		Glande digestive		5,34	19,44	119,6	1,31	0,138
		reste		51,78	8,99	0,55	0,05	0,012
		total			100		6,91	0,11
Coquilles St - Jacques	Baie de Seine Ouest	muscle	103 ± 5	36,30	20,03	0,29	0,01	0,010
		Gonade		13,73	21,18	0,20	0,04	0,009
		Glande digestive		4,39	25,15	35,09	1,54	0,089
		reste		45,58	9,60	0,39	0,15	0,013
		total			100		1,85	0,15
Coquilles St - Jacques	Baie de Seine Centre	muscle	106 ± 6	35,35	19,91	0,28	0,01	0,008
		Gonade		15,77	21,78	0,12	0,03	0,008
		Glande digestive		3,59	24,00	45,43	1,08	0,107
		reste		45,28	9,21	0,28	0,09	0,011
		total			100		1,88	0,09
Coquilles St - Jacques	Pays de Caux Etretat	muscle	103 ± 6	34,16	20,01	0,23	0,01	0,009
		Gonade		15,73	20,00	0,14	0,04	0,009
		Glande digestive		3,65	23,68	42,62	1,15	0,129
		reste		46,46	9,72	0,37	0,14	0,014
		total			100		1,82	0,12
Coquilles St - Jacques	Pays de Caux Dieppe	muscle	119 ± 3	36,72	22,40	0,32	0,01	0,009
		Gonade		17,71	23,05	0,24	0,05	0,010
		Glande digestive		4,86	30,99	83,31	1,06	0,114
		reste		40,71	12,41	0,75	0,22	0,017
		total			100		4,52	0,15