# fremer

Direction du centre de Nantes/Département Halieutique Gascogne Sud Laboratoire Ressources Halieutiques Aquitaine - Anglet

Florence Sanchez Nathalie Caill-Milly Muriel Lissardy Marie-Noëlle de Casamajor Gilles Morandeau

Décembre 2010 - R.INT.DCN/HGS/LRHA 10-003

# Campagne d'évaluation du stock de palourdes du bassin d'Arcachon

Année 2010











# Campagne d'évaluation du stock de palourdes du bassin d'Arcachon

Année 2010



1.	CONTEXTE	6
2.	MATERIELS ET METHODES	. 10
	2.1. DELIMITATION DE L'AIRE DE REPARTITION DE LA PALOURDE ET STRATIFICATION	
	2.2. ECHANTILLONNAGE ALEATOIRE	. 13
	2.3. NOMBRE DE PRELEVEMENTS PAR STATION	. 13
	2.4. METHODE DE PRELEVEMENT	. 14
	2.4.1. Engins utilisés	14
	2.4.2. Mise en œuvre	. 15
	2.5. Traitement des echantillons	. 15
	2.6. Analyse des données	
	2.6.1. Histogrammes de fréquence de taille	
	2.6.2. Estimation des abondances et biomasses	
	2.6.3. Etude géostatistique des données de densité (en effectif et en biomasse)	. 16
3.	RESULTATS	. 18
	3.1. Proportion des especes de palourdes	. 18
	3.2. STRUCTURE EN TAILLE DE LA POPULATION DE PALOURDE JAPONAISE	. 19
	3.3. INDICES D'ABONDANCES RELATIFS	. 20
	3.4. ESTIMATION DES ABONDANCES ET DES BIOMASSES	. 20
	3.5. FRACTION EXPLOITABLE DU STOCK	. 22
	3.6. CARTOGRAPHIE DES DENSITES	. 23
4.	DISCUSSION ET CONCLUSION	. 24
	4.1. ESPECES PRESENTES	. 24
	4.2. A L'ECHELLE GLOBALE	. 24
	4.2.1. Indices d'abondance relatifs, abondance et biomasse totales	
	4.2.2. Histogrammes de fréquence de taille	
	4.2.3. Fraction exploitable du stock	
	4.3. A L'ECHELLE DES STRATES	
	4.3.1. Différences de résultats sur les indicateurs suivis entre 2008 et 2010	
	4.3.2. Cas des zones fermées à la pêche	
	4.3.3. Cas des chenaux	
	4.4. BILAN	. 28
5.	BIBLIOGRAPHIE	. 30
_		

### Remerciements

Ils s'adressent à Olivier Pruney et à Patrick Frédieu, ainsi qu'à l'ensemble de l'équipage de la barge ostréicole «Pierren » pour leur accueil, leur disponibilité, leur implication dans la campagne de prélèvement et la mise à disposition de leurs locaux. Comme pour les campagnes précédentes, leur professionnalisme a largement contribué au bon déroulement de la campagne.

Nous remercions le CLPMEM d'Arcachon pour la confiance accordée pour la mise en œuvre de cette étude.

Nous tenons aussi à remercier les autres personnes ayant participé activement aux prélèvements de terrain :

- les pêcheurs professionnels ;
- les pêcheurs professionnels référents Bernard Deligey et Thierry Cameleyre ;
- Céline Lafitte (CLPMEM d'Arcachon);
- Frank d'Amico (ECOBIOP UFR Sciences et Technique Côte Basque).

Nous remercions également Jérôme Huet (Ifremer Brest) et Pierre Guy Sauriau (CNRS La Rochelle) pour le prêt du matériel de prélèvement, ainsi que Xavier de Montaudouin (UMR Epoc) pour la mise à disposition d'un congélateur pour le stockage des échantillons.

Nos remerciements vont également à Pierre Petitgas (Ifremer Nantes) pour sa disponibilité et ses conseils en matière de traitement spatialisé des données de la campagne 2010.

Cette étude a été réalisée avec le concours financier :

- du Comité Local des Pêches Maritimes et des Elevages Marins d'Arcachon avec la collaboration du Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins d'Aquitaine ;
  - du Conseil Général de la Gironde ;
  - du Conseil Régional d'Aquitaine;
  - de l'Ifremer;
  - de l'Union Européenne (fonds FEP).

### 1. Contexte

Entre 1980 et 1986, des ostréiculteurs arcachonnais se sont lancés dans l'élevage de la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) sur estran (Robert et Deltreil, 1990). Cette production a été de courte durée. La forte chute des cours due à la concurrence économique de l'Espagne, du Portugal, de l'Italie et de la Tunisie, l'action des prédateurs tels que le baliste (Popovsky *et al.*, 1999), ajoutées à des mortalités importantes survenues en été et en automne 1992 affectant les 2/3 des parcs, ont conduit à l'abandon de la vénériculture à la fin des années 80.

La palourde japonaise a toutefois trouvé des conditions favorables à un bon développement dans le bassin d'Arcachon. Elle s'y est répandue rapidement et la population néonaturelle de cette espèce a supplanté l'espèce locale (palourde européenne, *Ruditapes decussatus*) dès le début des années 1990 (Auby, 1993). Sur un secteur de 24 km², Bertignac *et al.* (2001) montre que 94 % des effectifs et plus de 97 % de la biomasse sont occupés par la palourde japonaise en 2000. Sur une zone de 47 km², Caill-Milly *et al.* (2006) estime à respectivement 95 % et 97 % ces grandeurs¹.



Ce développement génère désormais une activité de pêche importante (elle est pratiquée à la main à marée basse sur l'estran). Depuis les premières statistiques officielles de captures datant de 1992, les apports sont caractérisés d'abord par une augmentation jusqu'en 1997 (455 tonnes déclarées), puis par une diminution pour s'établir autour de 300 tonnes déclarées en 2002 et enfin par une remontée des prélèvements ces dernières années (figure 1). En 2007, le total des débarquements déclarés s'élève à 1 028 tonnes pour diminuer en 2008 avec une valeur de 713 tonnes. Elles ne concernent que les professionnels de la pêche ayant les statuts de Pêcheurs Professionnels (PP) et de Conchyliculteurs Petite Pêche (CPP).

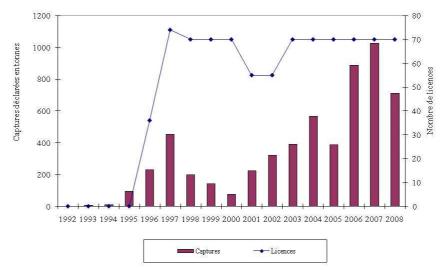
Par crainte de dégradation des conditions d'exploitation, des mesures de gestion de la ressource sont prises par le Comité Local des Pêches Maritimes et des Élevages Marins d'Arcachon à partir de 1996. Ces mesures consistent en l'instauration de licences (36 en 1996, 70 depuis 2003) et la fermeture à la pêche de certaines zones (arrêtés préfectoraux de la région Aquitaine n°170 du 30 juin 2000, du 28 juin 2002, du 13 décembre 2002, du 22 mars 2006, du 26 mars 2007 et du 9 avril 2008).

Il est à souligner qu'en 2008 la taille officielle de première commercialisation de la palourde japonaise est passée à 35 mm (Règlement (CE) n°40/2008) alors qu'elle était auparavant de 40 mm avec des tolérances diversement appliquées.

Une troisième espèce est présente dans de très faibles proportions, il s'agit de la palourde jaune (*Venerupis aurea*).



٠



**Figure 1.** Captures de palourdes déclarées sur le bassin d'Arcachon (sources : CRTS La Rochelle, SIH Ifremer et CLPMEM Arcachon)

Dans ce contexte, des campagnes d'évaluation du stock de palourdes japonaises sont entreprises depuis 2000 (2000, 2003, 2006, 2008 et 2010). La première couvrait plus d'un tiers de l'aire de répartition (24 km²), les suivantes, l'ensemble de l'aire de répartition pouvant être investigué avec une benne Hamon (~ 46 km²). Ces campagnes sont co-organisées par le CLPMEM et par l'Ifremer avec la participation du CRPMEM d'Aquitaine et de pêcheurs professionnels de palourdes. Les travaux réalisés en mer associent professionnels et scientifiques. Le traitement des données est effectué par l'Ifremer.

Les résultats de la campagne 2008 ont montré que les densités moyennes en effectifs et en biomasse par m², la biomasse totale, les effectifs totaux et la biomasse exploitable étaient des indicateurs en diminution par rapport à 2006 (tendance déjà observée entre 2003 et 2006 sur la plupart des indicateurs).

La convergence de ces informations et leur évolution depuis 2003 indiquent que le stock se fragilise d'année en année. Au regard de l'évolution de certains indicateurs (relatifs à la population et à son exploitation), il est estimé que ce stock présente des signes de surexploitation. Sur la base du diagnostic, intégrant non seulement les résultats de la campagne mais également ceux de travaux de recherche sur la dynamique de population de cette espèce (Dang, 2009; Dang & al., 2009), des mesures de gestion ont été recommandées. Elles complètent la réglementation en vigueur au niveau européen et ont une dimension locale à l'échelle du stock suivi.

Trois types de mesures ont été proposés :

- celles visant à réduire l'effort de pêche (limitation du nombre de licences, limitation du nombre de jours de pêche, respect du nombre maximal (2) de pêcheurs utilisant chaque licence);
- celle visant à limiter la production (mise en place de quotas de pêche par unité);
- des mesures techniques d'accès à la ressource (stabiliser la superficie annuelle mise en zone de réserve à 10-20 % de la superficie totale étudiée et prolonger la durée de réserve au moins à trois ans).

Au terme de plusieurs réunions associant les professionnels et l'Administration, les mesures suivantes ont été retenues par les pêcheurs professionnels avec certaines adoptées dès novembre 2008 (délibération  $N^{\circ}$  2008-09 du Conseil du CRPMEM Aquitaine) :

- l'octroi d'une licence est soumise à la sortie préalable de deux licences et à la détention par l'armateur d'un titre de commandement ;
- la fermeture à la pêche professionnelle et de loisir le dimanche ;
- la mise en réserve de deux zones fixes pour 3 ans, l'une au Nord de l'Île aux Oiseaux et une autre zone au droit de Lanton (Arrêté préfectoral du 12/03/2009 Annexe 1).

Le présent rapport détaille les résultats de cette campagne 2010 d'évaluation directe du stock de palourdes du Bassin d'Arcachon. A la différence de la campagne 2008, deux strates de chenaux ont été en plus investiguées cette année pour connaître les densités de palourdes et leurs tailles. Pour conserver des indicateurs standardisés d'une campagne à l'autre, les résultats relatifs aux chenaux ne sont pas intégrés dans les calculs des différents estimateurs mais sont présentés séparément. Pour les informations concernant la biologie des espèces, on se reportera au rapport de la campagne 2003 (Caill-Milly *et al.*, 2003).

### 2. Matériels et méthodes

Le protocole mis en œuvre reprend celui appliqué durant les campagnes précédentes par Bertignac *et al.* (2001), Caill-Milly *et al.* (2003, 2006 et 2008). La méthode décrite ci-dessous est généralement appliquée pour l'estimation quantitative de stocks de petits bivalves.

# 2.1. Délimitation de l'aire de répartition de la palourde et stratification

Sur le bassin, l'aire de répartition de la palourde se situe essentiellement à l'est de l'axe La Hume/Claouey et couvre environ 93 km². A l'intérieur de cette aire, des zones ne peuvent être échantillonnées : les zones d'herbus (prés salés), les parcs ostréicoles et les chenaux. Une fois ces espaces soustraits, l'étendue obtenue est découpée en zones homogènes au niveau réglementaire, sédimentologique et bathymétrique ; elles définissent des strates.

Afin de pouvoir comparer les résultats avec ceux des années antérieures, les strates définies lors des campagnes antérieures ont été conservées. Elles sont au nombre de 16. Par ailleurs, pour mieux connaître la densité et la taille des palourdes dans les zones de chenaux, il a été décidé d'y ajouter deux strates supplémentaires : le chenal 1 au sud (noté Ch1) correspondant à la partie Est du chenal de Teychan avec ses petits chenaux et le chenal d'Arès au Nord (noté Ch2). Ces choix (localisation présentée à la figure 2) ont été validés par le CLPMEM d'Arcachon.

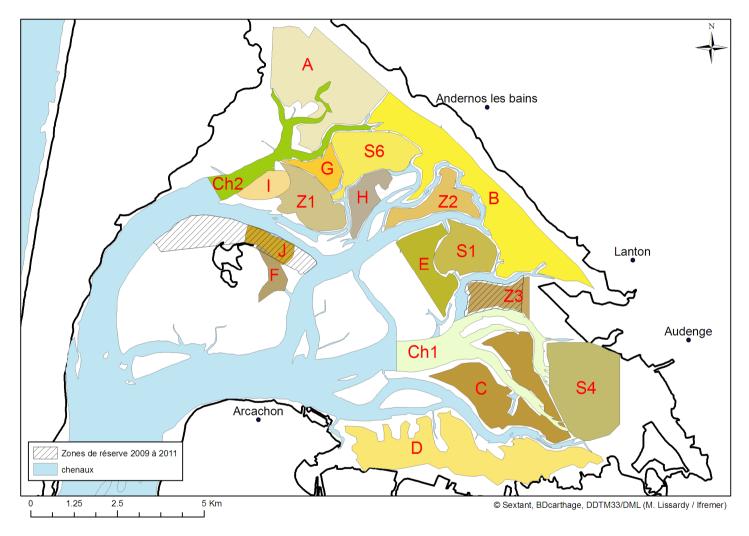


Figure 2. Carte des 16 strates retenues pour la campagne 2010 avec les 2 chenaux investigués.

Le tableau 1 précise les principales caractéristiques des 16 strates échantillonnées sur lesquelles reposent les indicateurs de suivi du stock.

Tableau 1. Principales caractéristiques des 16 strates retenues

	_	Description des restretes
Strate	Surface (km²)	Description des strates
A	6,71	Secteur de pêche avec ancienne zone de réserve (zone 1 - arrêté préfectoral du 22/03/2006)
В	7,33	Secteur de pêche
С	4,89	Secteur de pêche
D	6,90	Secteur de pêche avec ancienne zone de réserve (zone 2 - arrêté préfectoral du 22/03/2006 ; zone 3 – arrêté préfectoral du 26/03/2007)
Е	1,96	Secteur de pêche avec une partie en réserve pour 2008-2009 (zone 2 – arrêté préfectoral du 09/04/2008)
F	0,63	Secteur de pêche
G	0,87	Secteur de pêche
Н	1,17	Secteur de pêche
I	0,86	Secteur de pêche avec ancienne zone de réserve (en partie – zone 1 – arrêté préfectoral du 09/04/2008)
J	0,79	Réserve de pêche à compter du 1 <sup>er</sup> avril 2009 (Arrêté préfectoral du 12/03/2009)
Z1	2,20	Ancienne réserve de pêche (arrêtés préfectoraux du 13/12/2002 et du 22/03/2006) ;
Z2	1,59	Ancienne réserve de pêche (arrêtés préfectoraux du 13/12/2002 et du 22/03/2006)
Z3	1,33	Ancienne réserve de pêche (arrêtés préfectoraux du 13/12/2002 et du 22/03/2006) ; réserve de pêche à compter du 1 <sup>er</sup> avril 2009 (Arrêté préfectoral du 12/03/2009)
S1	2,00	Ancienne réserve de pêche (arrêtés préfectoraux du 30/06/2000 et du 28/06/2002) et réserve de pêche pour 2008 – 2009 (zone 2 – arrêté préfectoral du 09/04/2008)
S4	4,98	Ancienne réserve de pêche (arrêtés préfectoraux du 30/06/2000 et du 28/06/2002), échantillonnée en 2000
S6	2,69	Ancienne réserve de pêche (arrêtés préfectoraux du 30/06/2000 et du 28/06/2002)
Total	46,90	

Les zones actuellement en réserves par arrêté préfectoral du 12/03/2009 sont différentes de celles en 2008 et sont définies pour trois ans. Elles couvrent une superficie de 4,5 km² (Annexe 1).

Les zones de chenaux Ch 1 et Ch 2 représentent respectivement des surfaces de 3,95 et 2,35 km².

### 2.2. Echantillonnage aléatoire

Pour chacune de ces strates, des points appelés « stations » ont été tirés aléatoirement. Une liste complémentaire de points est ajoutée en cas d'inaccessibilité à la zone (bordure de strate, mouillage...). Chaque station est identifiée par ses coordonnées géographiques (degré/minute/seconde) dans le système géodésique WGS84.

Le nombre de stations par strate est proportionnel à la superficie de cette dernière et pour disposer d'une précision suffisante dans l'estimation, il a été admis que le nombre de stations par km² devait être voisin de 10.

### 2.3. Nombre de prélèvements par station

Pour chaque station, deux prélèvements (réplicats) voire un prélèvement sont effectués. Ce nombre de prélèvements a été discuté et arrêté lors de la campagne 2006 (Caill-Milly *et al*, 2006). Il est reconduit cette année pour les strates déjà prospectées lors des campagnes précédentes. Pour les chenaux, deux prélèvements par strate ont été décidés pour considérer la variabilité intra-strate. Le tableau 2 résume le nombre de stations réalisées et l'application ou non de réplicats par strate.

**Tableau 2**. Nombre de stations par strate et application des réplicats

Strate	Surface (km²)	Nombre de stations	Réplicats (Oui/Non)
A	6,71	69	О
В	7,33	75	0
С	4,89	50	N
D	6,89	70	N
E	1,96	21	0
F	0,69	8	0
G	0,87	10	0
Н	1,17	13	0
I	0,86	10	N
J	0,79	9	N
S1	2,00	21	0
S4	4,98	51	0
S6	2,69	28	0
Z1	2,20	23	0
Z2	1,59	17	0
Z3	1,33	15	0
Total	46,90	490	
Chenal 1	3,95	41	0
Chenal 2	2,35	25	0
Total	53,20	556	

### 2.4. Méthode de prélèvement

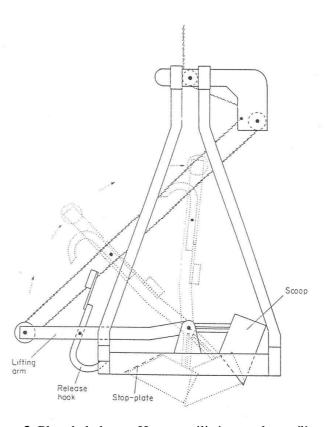
### 2.4.1. Engins utilisés

La méthodologie utilisée est standardisée pour l'étude des gisements de petits bivalves. Les prélèvements sont réalisés avec une benne Hamon (figure 3). Cet engin piège 0,25 m² (L:0,5 m, 1:0,5 m, h: environ 0,2 m) de sédiment grâce à un godet qui se referme lorsque celui-ci touche le fond et que la tension du câble est relâchée, Il est préféré à la drague car il conduit à une donnée quantitative précise contrairement à la drague qui apporte une donnée relative (permet uniquement des comparaisons interannuelles).

Pour les chenaux, les prélèvements sont effectués à l'aide d'une benne Smith-Mc Inthyre modifiée munie d'un godet de 0,1m² (Annexe 2). Préconisé pour les sédiments vaseux jusqu'aux graviers (Grall & Hily, 2003), cet engin a été préféré à la benne Hamon car il peut être mis en œuvre sur des substrats avec dénivelé.







**Figure 3.** Plan de la benne Hamon utilisée pour les prélèvements

### 2.4.2. Mise en œuvre

L'échantillonnage a été effectué depuis la barge ostréicole « PIERREN » (12 m, tirant d'eau inférieur à 1 m) affrétée et équipée pour la campagne. Le positionnement sur chaque station se fait à l'aide d'un GPS, le navire est immobilisé par l'enfoncement de deux pieux hydrauliques (à chaque extrémité un à l'avant et un à l'arrière du bateau) dans le sédiment.

La benne est actionnée avec une grue hydraulique puissante (flèche de la grue pouvant être déployée à 3,5-4,0 m au-dessus du pont avec une puissance de 500 kg en bout) équipée d'un treuil hydraulique.

Pour accéder à toutes les stations, les prélèvements ont été réalisés à marée haute pendant les périodes de vives eaux (coefficients supérieurs à 60), du 24 mai au 3 juin et du 9 au 15 juin 2010. Pour les chenaux, les prélèvements ont été réalisés à marée basse.



### 2.5. Traitement des échantillons

Une fois ramené à bord, chaque prélèvement est rincé et tamisé sur deux tables de tri composée de trois tamis de maille carrée de 20, 10 et 5 mm (annexe 2). L'utilisation d'un couvercle ouvert à son sommet, pourvu de petites gouttières permet de limiter les projections d'eau et la perte de petites palourdes.

Les palourdes sont ensuite récupérées et les espèces déterminées.

Les individus sont mesurés individuellement (longueur selon le plus grand axe, avec une précision du millimètre) au pied à coulisse électronique.

Contrairement à l'année 2008, les palourdes ont été ramenées à terre et stockées dans un congélateur en vue de mesures allométriques et d'analyses moléculaires sur l'agent étiologique responsable de la maladie du muscle marron (Dang, 2009).



### 2.6. Analyse des données

Une fois la description quantitative des espèces présentes, l'analyse des données repose sur la caractérisation biométrique de la population et sur les estimations d'effectifs et de biomasses sur la zone d'étude.

### 2.6.1. Histogrammes de fréquence de taille

Par strate et pour l'ensemble de la zone d'étude, les histogrammes de fréquence de taille sont construits. Ils permettent de comparer la distribution observée d'une campagne à l'autre et de considérer la fraction exploitable.

### 2.6.2. Estimation des abondances et biomasses

Pour estimer la biomasse, il est nécessaire d'attribuer un poids à chaque palourde prélevée. Pour cela, la relation taille/poids établie à partir des palourdes mesurées et pesées individuellement lors de la campagne 2003 est utilisée (Caill-Milly *et al.*, 2003).

Elle est de type exponentiel :  $P=aL^b$ , où P représente le poids frais (en mg), L la longueur (en mm), a et b sont les coefficients de la relation spécifiques à chaque espèce et sont les suivants (avec  $R^2$  le coefficient de détermination) :

Pour R. philippinarum	$P = 0.2162 L^{3.049}$	avec R <sup>2</sup> =0,948
Pour R. decussatus,	$P=0,2723 L^{2,9355}$	avec R <sup>2</sup> =0,968
Pour V. aurea,	$P=0,1074 L^{3,2477}$	avec R <sup>2</sup> =0,943

Pour les strates avec deux prélèvements par station, les calculs des moyennes et totaux en effectifs et en biomasse par strate, ainsi que leurs variances associées ont été réalisés selon la méthode décrite par Cochran (1977). Le détail des calculs, présenté par Berthou *et al.* (1997), figure à l'annexe 3.

Pour les strates avec un prélèvement, par station, les calculs sont plus simples, leur détail est également présenté à l'annexe 3.

# 2.6.3. Etude géostatistique des données de densité (en effectif et en biomasse)

Une étude géostatistique a été conduite sur les densités afin de construire des cartes de distribution ; elle permet également d'obtenir une estimation de la moyenne globale associée à une variance d'estimation pour les données considérées.

A partir des données géoréférencées de densité en effectif et en biomasse par m², les étapes suivantes ont été opérées :

- analyse exploratoire des données ;
- analyse variographique avec ajustement d'un modèle au variogramme expérimental (effet de pépite + modèle exponentiel isotrope) ;
- estimation globale et variance associée;
- cartographie puis représentation de la carte dans un SIG.

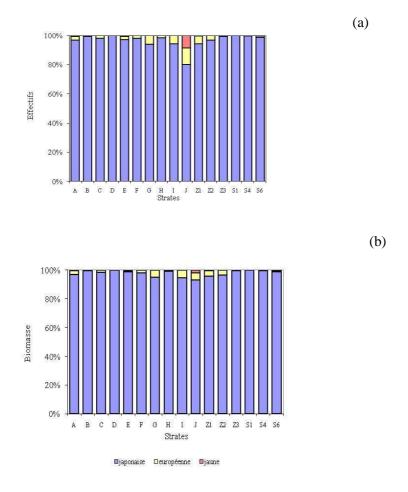
La méthode d'interpolation utilisée est le krigeage par bloc en voisinnage glissant avec un voisinage de 400 m; l'intégralité de ces étapes a été effectuée avec le logiciel Isatis © développé sous Unix par la société Géovariances.

### 3. Résultats

### 3.1. Proportion des espèces de palourdes

Les trois espèces ont été rencontrées lors de la campagne, le nombre total de palourdes récoltées sur les 16 strates échantillonnées est de 5 822 individus (5 863 individus si l'on compte ceux des chenaux). Tout comme les années précédentes, la palourde japonaise (*Ruditapes philippinarum*) reste largement dominante, avec 98 % des effectifs et 99 % de la biomasse totale.

La palourde européenne (*Ruditapes decussatus*) atteint en proportion 2 % des effectifs et 1 % de la biomasse (contre 3 % dans les deux cas en 2008). La palourde jaune (*Venerupis aurea*) n'est quasiment pas présente (valeurs très inférieures à 1 % en abondance et en biomasse). La figure 4 (a et b) présente les résultats par strate.



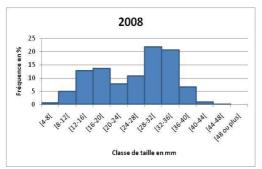
**Figure 4.** Proportion des espèces par strate en effectif (a) et en biomasse (b) dans les échantillons

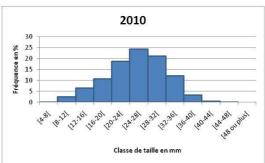
Seule la strate J présente une configuration différente avec des proportions plus fortes de palourdes jaunes (9 % des effectifs totaux). Pour la palourde européenne, on retrouve la strate J avec de 11 % des effectifs, puis viennent les strates G, I et Z1 avec respectivement 6 %, 6 % et 5 % des effectifs.

# 3.2. Structure en taille de la population de palourde japonaise

Les histogrammes de fréquence de taille sont uniquement établis pour la palourde japonaise car elle seule dispose d'effectifs par strate suffisants.

La figure 5 présente les résultats obtenus avec les 5 719 palourdes récoltées au cours de la campagne (5 756 avec les chenaux). Les individus mesurent entre 6 et 44 mm, avec un seul mode (24-28 mm) contrairement à deux modes dominants en 2008 (un à 12-20 mm et un à 28-36 mm).

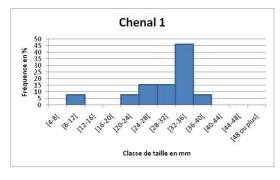


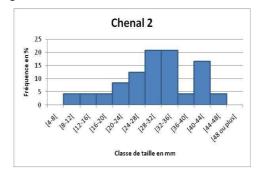


**Figure 5.** Comparaison des histogrammes de fréquence de taille de palourde japonaise obtenus sur l'ensemble des strates échantillonnées hors chenaux (en % des effectifs) entre 2008 et 2010

Les résultats par strate sont fournis en annexe 4. La plupart des strates présentent une classe modale à 24-28 mm (strates B, H, S1 et S4) ou à 28-32 mm (C, D, E, F, J, Z2). Seules 2 strates contiennent 2 classes modales (d'importances très inégales). Il s'agit de la strate G qui possède un mode à 16-20 mm et un second à 28-32 mm et la strate I avec un mode à 20-24 mm et un second à 32-36 mm. La strate Z1 ressort des autres strates car elle possède une classe modale de 32 à 36 mm.

Il est à noter que les chenaux comprennent des individus plus gros avec des classes modales de 32-36 mm ou 40-44 mm (Figure 6).





**Figure 6.** Histogramme de fréquence de taille de palourde japonaise obtenu sur les chenaux

### 3.3. Indices d'abondances relatifs

Pour les trois espèces de palourdes confondues, les indices d'abondance moyens par strate et pour l'ensemble de la zone prospectée (exprimés en nombre et en poids par m²) sont présentés dans le tableau 3. En moyenne, 26 palourdes par m² pour un poids d'environ 125 g/m² sont estimées présentes sur la zone prospectée.

Avec 80 individus par m² et un poids de 405 g.m², la strate Z3 (zone fermée récemment à la pêche) présente les plus fortes densités. Les autres strates présentant des effectifs et des biomasses supérieurs à la moyenne sont B, E, G, H, J, Z2, S1 et S6.

Les strates les moins densément peuplées en effectifs et en poids sont A, C, D, F, I et S4.

Les indices d'abondance des chenaux sont très faibles avec des densités de 0,7 et 2,1 individus par m² pour un poids de 5 et 17 g.m<sup>-2</sup>.

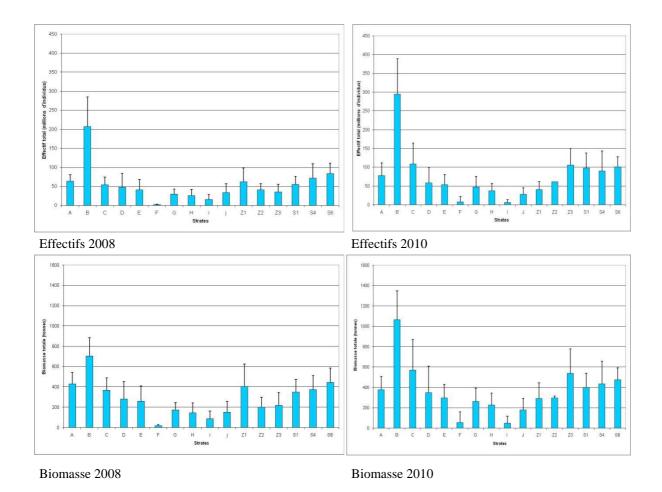
**Tableau 3.** Indices d'abondance moyens par strate et pour l'ensemble de la zone prospectée

	Nombre.m <sup>-2</sup>	Poids en g.m <sup>-2</sup>
Α	11,6	56,5
В	40,2	145,2
С	22,3	116,4
D	8,4	50,3
Е	27,6	151,1
F	12,5	89,0
G	54,7	299,8
Н	31,7	194,2
I	7,2	56,5
J	36,0	228,3
Z1	18,4	131,5
Z2	38,4	185,9
Z3	79,7	404,8
S1	48,8	199,3
S4	18,1	87,3
S6	37,5	176,2
Moyenne	26,0	124,9
Ch1	0,7	5,4
Ch2	2,1	17,3

### 3.4. Estimation des abondances et des biomasses

La population totale de palourdes sur la zone prospectée en 2010 est estimée à 1 217 (+/- 81) millions d'individus pour **une biomasse totale de 5 858** (+/- **362**) **tonnes.** Pour la palourde japonaise, la population est estimée à 1 194 millions d'individus pour une biomasse de 5 773 tonnes. La palourde européenne et la palourde jaune représentent quant à elles respectivement 80 tonnes et 5 tonnes.

La répartition des effectifs et des biomasses par strate en 2008 et 2010 est présentée sur la figure 7. Les résultats sont détaillés en annexe 4.



**Figure 7.** Comparaison 2008/2010 des effectifs totaux et biomasses totales estimés par strate (hors chenaux) pour les trois espèces confondues (seule la borne supérieure de l'intervalle de confiance bilatéral à 95 % est représentée)

Les strates B, C, Z3, S1, S4 et S6 sont les plus peuplées avec respectivement 295, 109, 106, 98, 90 et 101 millions d'individus, soit respectivement en termes de biomasse : 1 065, 569, 538, 399, 434 et 474 tonnes.

Les strates de plus faibles effectifs sont F, I et J avec 8, 6 et 28 millions d'individus. Ces strates présentent également les biomasses les plus faibles avec 56, 48 et 179 tonnes.





### 3.5. Fraction exploitable du stock

Depuis 2008, la taille officielle de première commercialisation est 35 mm pour la palourde japonaise (Règlement (CE) n°40/2008). Le terme « fraction exploitable » utilisé dans ce document se réfère à cette taille (il s'agit de la part des individus de taille supérieure à 35 mm sur la population totale exprimée en effectif ou en poids).

Sur l'ensemble de la zone d'étude, la fraction exploitable pour la palourde japonaise est de 6 % en effectif et 16 % en biomasse (contre 11 % en effectif et 26 % en biomasse en 2008) (tableau 4).

La biomasse totale exploitable pour cette espèce est estimée à 916 tonnes (pour 71 millions d'individus) en 2010.

**Tableau 4.** Longueurs moyennes, poids moyens et fraction exploitable du stock de

palourdes japonaises par strate (en 2010)

1	Longueur moyenne	Effectif e	n nombre 5mm	Biomasse ≥ 35mm		
	mm	Millions	%	tonnes	%	
Α	24,5	8,6	11,4	115,0	31,5	
В	23,1	2,2	0,7	27,0	2,5	
С	25,7	8,6	8,0	110,9	19,7	
D	27,6	3,9	6,8	48,5	14,0	
Е	26,3	4,3	8,2	54,0	18,5	
F	29,8	1,3	16,3	14,9	27,1	
G	26,1	4,1	9,1	54,3	21,8	
Н	27,6	4,1	11,3	55,5	24,6	
- 1	29,2	1,7	29,4	26,5	57,9	
J	29,8	3,5	15,4	43,3	26,0	
Z1	28,9	7,7	20,0	104,3	37,6	
Z2	25,2	2,8	4,7	37,4	13,0	
Z3	25,3	8,9	8,4	112,4	20,9	
S1	23,7	3,1	3,1	37,3	9,4	
S4	25,7	2,3	2,6	27,0	6,2	
S6	24,9	3,8	3,8	47,9	10,2	
Total	25,0	70,7	5,9	916,3	15,9	
Ch 1	29,7	1,7	27,5	16,4	34,3	
Ch 2	30,0	3,9	34,6	52,8	53,7	

Strate à un prélèvement/station

De fortes disparités existent d'une strate à une autre. Les plus fortes proportions de palourdes supérieures à 35 mm en effectifs (par ordre décroissant) sont localisées dans les strates I, Z1, J, F, A et H. A l'inverse, les strates B, S1, S4 et S6 présentent pour ce même indicateur les pourcentages les plus faibles (inférieurs à 4 %). Par ordre décroissant, les strates contribuant le plus à la fraction exploitable en biomasse sont les strates A, Z3, C et Z1.

### 3.6. Cartographie des densités

La distribution spatiale des densités de palourdes exprimées en effectif (figure 8) montre que les densités les plus faibles sont localisées au nord, au sud-est et au sud du bassin. A l'inverse, les densités les plus fortes sont situées au sud du chenal de Comprian, à proximité du chenal d'Audenge, de part et d'autre du chenal de Lanton (avec une zone densément peuplée à l'ouest du domaine de Certes), à l'est du chenal d'Andernos et au sud du chenal de Ville.

En termes de densités exprimées en biomasse (figure 9), les zones de plus faibles densités sont similaires à celles figurant sur la carte précédente. En revanche, les zones de fortes densités en biomasse sont moins nombreuses : sud du chenal de Comprian, sud du chenal de Lanton, sud du chenal de Ville.

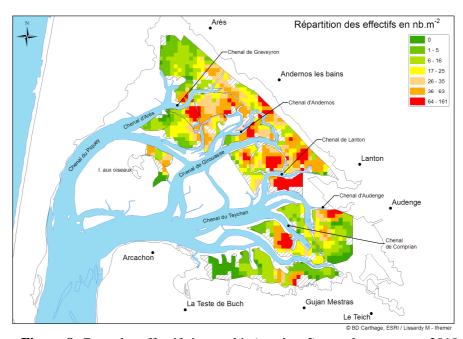


Figure 8. Carte des effectifs interpolés (en nb.m<sup>-2</sup>) pour la campagne 2010

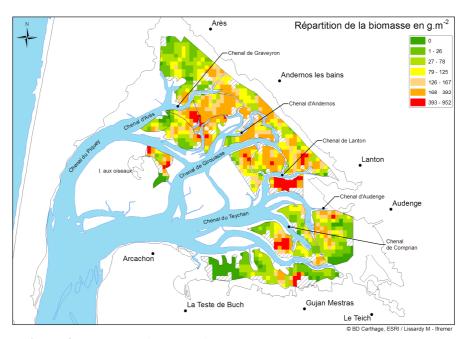


Figure 9. Carte des biomasses interpolées (en g.m<sup>-2</sup>) pour la campagne 2010

### 4. Discussion et conclusion

### 4.1. Espèces présentes

La palourde japonaise reste largement prédominante en termes d'effectif et de biomasse.

La biomasse de palourde européenne et de palourde jaune sont en net recul depuis la dernière campagne puisqu'elles s'établissent à 80 tonnes et 5 tonnes en 2010 contre 126 et 32 tonnes en 2008. Les plus fortes biomasses de palourde européenne sont observées sur les strates A, G, Z1 et Z2 (situées dans la partie Nord du Bassin) avec des valeurs autour de 11 tonnes. La baisse de la biomasse de palourde européenne est concomitante à l'augmentation de celle de la palourde japonaise, ce qui reste cohérent avec l'hypothèse émise en 2006 (Caill-Milly et *al*, 2006), à savoir une potentielle interaction entre ces deux populations en raison de modes de vie similaires. La palourde jaune est essentiellement localisée sur la strate J avec une biomasse de près de 4 tonnes (Annexe 4) alors que lors des campagnes précédentes, elle était présente sur les strates F, G, H, I, J et Z1. *V. aurea* tolère moins les variations de salinité (Vassiliki Catsiki & Arnoux, 1987; Stora & *al.*, 1995), ce qui peut expliquer sa répartition sur les stations les plus à l'ouest sous influence océanique.

### 4.2. A l'échelle globale

## 4.2.1. Indices d'abondance relatifs, abondance et biomasse totales

La densité moyenne observée de 26 individus.m<sup>-2</sup> pour le bassin d'Arcachon en 2010 est proche de celle obtenue par D'Hardivillé et *al* (2010) sur le golfe du Morbihan pour cette même année (28 individus.m<sup>-2</sup>). Exprimée en biomasse, la densité moyenne pour le bassin (125 g.m<sup>-2</sup>) en 2010 est en revanche très inférieure à celle du golfe (247 g.m<sup>-2</sup>). Cet écart est d'autant plus fort que la campagne d'estimation pour Arcachon est réalisée plus tardivement dans l'année.

Avec 1 217 millions d'individus pour 5 858 tonnes estimées dont 1 194 millions et 5 773 tonnes de palourdes japonaises, **le Bassin d'Arcachon reste la première zone française exploitée bénéficiant d'une évaluation de stock pour cette espèce**. Pour le Morbihan, le stock de palourde japonaise évalué par D'Hardivillé et *al* (2010) est de 159 millions d'individus pour 1 397 tonnes.

Par rapport aux résultats de 2008, ces indicateurs sont en **progression en 2010**. Les indices d'abondances (exprimés en nombre d'individus ou en grammes par  $m^2$ ) augmentent de +40 % et de +27 %; pour l'abondance et la biomasse globales de palourde japonaise, les accroissements sont respectivement de 44 % en effectif et 30 % en biomasse.

### 4.2.2. Histogrammes de fréquence de taille

En 2010, la structure en taille de la population ne permet pas de distinguer les classes de tailles (figure 10). Cela était possible en 2008 pour les individus les plus jeunes en raison d'un recrutement intense cette année-là. La figure 11 confirme que le niveau de recrutement (individus inférieurs à 17 mm) 2010 est inférieur, il se situe néanmoins à un niveau plus élevé que ceux des campagnes 2003 et 2006.

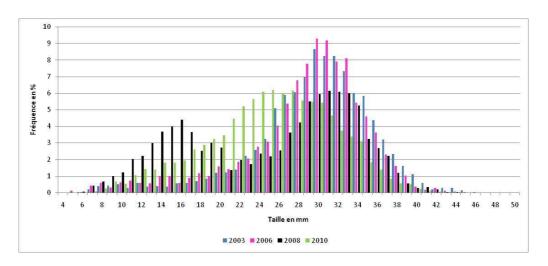
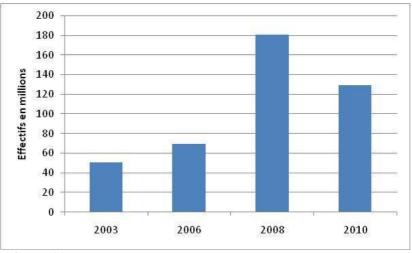


Figure 10. Histogrammes de fréquence de taille pour les années 2003, 2006, 2008 et 2010



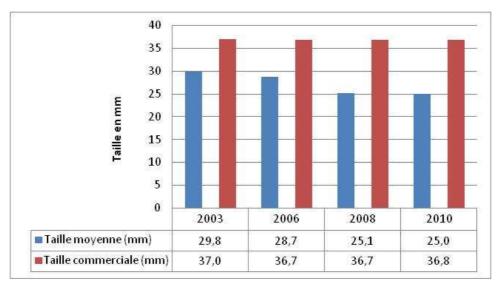
**Figure 11**. Evolution du recrutement (< 17 mm) entre 2003 et 2010

Après 3 années de baisse de la longueur moyenne des palourdes (29,8 mm en 2003, 28,7 mm en 2006 et 25,1 mm en 2008), la longueur moyenne est quasiment stabilisée en 2010 avec 25,0 mm. Ce résultat, de même que celui obtenu sur la taille moyenne des palourdes commerciales (individus supérieurs à 35 mm), constituent des éléments positifs quant à l'état du stock (figure 12 et tableau 5).

Les raisons peuvent être nombreuses :

- des conditions environnementales favorables au bon déroulement du cycle de la palourde. Ainsi par exemple ces dernières années et sur deux sites d'étude, les températures régnant au moment de la période de reproduction de la palourde japonaise ont montré des niveaux supérieurs à la moyenne; des concentrations en chlorophylle A à la hausse ont également été constatés (Caill-Milly et *al*, 2010). Des travaux sont actuellement en cours pour identifier les paramètres environnementaux qui interviennent le plus;
- une exploitation moindre (elle peut être liée à la mise en place des nouvelles zones de réserve, à la fermeture de la pêche le dimanche, à la diminution du nombre de licences attribuées, à des captures par licence

- inférieures ...). A l'heure actuelle, l'absence de données précises sur les captures<sup>2</sup> ne permet pas de discuter sur ces différents points ;
- une évolution de l'état sanitaire des palourdes liées à la présence de la maladie du muscle marron mise en évidence par Dang (2009). A partir des échantillons collectés lors de la campagne, des travaux sont en cours pour suivre l'évolution de cette maladie. Ils sont menés par l'Université de Bordeaux 1.



**Figure 12**. Evolution de la taille moyenne et de la taille commerciale des palourdes japonaises depuis 2003

### 4.2.3. Fraction exploitable du stock

Avec 71 millions d'individus et **916 tonnes** (soit 6 % des effectifs et 16 % de la biomasse), la fraction exploitable du stock de palourde japonaise est **en forte baisse par rapport à 2008** à la fois en **effectif et en biomasse (avec -21 % dans les deux cas)**.

Bien que d'importance moindre que les baisses précédentes enregistrées, cette évolution indique que l'état du stock reste fragile.

### 4.3. A l'échelle des strates

# 4.3.1. Différences de résultats sur les indicateurs suivis entre 2008 et 2010

En terme d'évolution des indicateurs (Annexe 6), les strates I, J, Z1 et A (toutes situées dans la partie nord du bassin) sont les seules à présenter des résultats négatifs pour les densités, les abondances et/ou les biomasses entre 2008 et 2010.

La fraction exploitable exprimée à la fois en nombre et en poids est la plus faible pour les strates situées en bordure Est et dans une moindre mesure dans le Sud du bassin. Seules les strates F, J, G, H, C et Z3 présentent une évolution positive.

\_

 $<sup>^2</sup>$  Depuis le  $1^{\rm er}$  janvier 2009, l'Ifremer n'a plus en charge pour la DPMA la collecte, saisie et validation des fiches de pêche professionnelles. Les données 2009 et 2010 issues du nouveau système ne sont toutes disponibles et utilisables actuellement.

En termes de recrutement (individus inférieurs à 17 mm), les strates connaissant une évolution positive sont les strates A, S1, Z3 et C. Il n'apparaît donc pas de structuration spatiale pour cette évolution.

Les facteurs pouvant expliquer ces résultats sont multiples : ils peuvent être environnementaux (salinité, émersion,...) et/ou liées à l'exploitation (changement de zones de pêche, accessibilité depuis le bord,...).

Des travaux de Caill-Milly et *al* (2010) menés sur des indicateurs de l'état du stock de palourde entre 2000 et 2010 sur deux strates éloignées à l'intérieur du bassin ont montré que l'effet temporel était prépondérant sur l'effet spatial.

### 4.3.2. Cas des zones fermées à la pêche

Sur les deux zones de réserve en vigueur (J et Z3), les observations montrent une évolution positive de tous les indicateurs pour la strate Z3 (Annexe 6) alors que pour la strate J, le recrutement connaît une baisse significative (-83%) et la biomasse exploitable a progressé seulement de 1 %. Pour une zone de réserve, ces derniers résultats sont anormalement bas. La strate J est localisée à proximité de l'Île aux Oiseaux, zone très touristique.

### 4.3.3. Cas des chenaux

Dans le cas des deux chenaux investigués cette année, les densités restent très faibles (tableau 5). En 2000, Bertignac et *al.* (2001) avait observé sur le chenal 1 des densités proches de zéro. La profondeur estimée de ces deux chenaux est comprise entre 0 et - 5 m sachant que la palourde se répartit le plus souvent entre -1 et -2,5 m.

**Tableau 5**. Indicateurs d'abondance de la palourde japonaise pour les chenaux

Strate	Surface (km²)	Nb. de stations	Effectifs /0.1m <sup>2</sup>	Ecart-type	Biomasse (g)/0.1m <sup>2</sup>	Ecart- type	Effectif total (million)	Ecart- type	Biomasse totale (t)	Ecart- type
Ch 1	3,95	41	0,16	0,08	1,2	0,7	6,3	3,3	47,9	26,8
Ch 2	2,35	25	0,48	0,19	4,2	2,1	11,3	4,5	98,4	49,7





### 4.4. Bilan

Le tableau 6 résume les principales grandeurs obtenues sur les 5 années de suivis.

**Tableau 6.** Principales grandeurs obtenues sur les cinq années de suivis

Tableau 0. 1 Thicipale	2000	2003	2006	2008	2010	Evolution
	Aire prospectée	Totalité	Totalité	Totalité	Totalité	2008/2010
	24 km <sup>2</sup>					
Abondance moyenne toutes espèces (nbre individus.m <sup>-2</sup> )	26	24	24	19	26	+ 37%
Biomasse moyenne toutes espèces (g.m <sup>-2</sup> )	129	174	159	98	125	+ 27 %
Abondance totale toutes espèces (millions d'individus)	604	1 129	1 150	870	1 217	+ 40 %
Biomasse totale toutes espèces (tonnes)	2 975	8 095	7 608	4 615	5 858	+ 27 %
Biomasse totale palourde japonaise (tonnes)	2 890	7 992	7 307	4 457	5 773	+ 29 %
Part de la palourde japonaise (% des effectifs)	94 %	98 %	95 %	95 %	98 %	ı
Biomasse exploitable palourde japonaise (tonnes)	690	2 730	1 710	1 159	916	- 21 %
Longueur moyenne palourde japonaise (mm)	25,4	29,8	28,7	25,1	25,0	-
Longueur moyenne taille commerciale palourde japonaise (mm)	37,1	37	36,7	36,7	36,8	-

Pour la plupart des grandeurs suivies, l'évolution des indicateurs entre 2008 et 2010 est favorable quant à un meilleur état du stock. Cependant, la fraction exploitable, qui est un indicateur important puisqu'il concerne les géniteurs et la part du stock autorisée à la pêche, est en baisse. De plus, les autres indicateurs restent à des niveaux très inférieurs à ceux de 2003 et même 2006.

Les dernières mesures de gestion mises en place en 2008 et 2009 par les professionnels visent à réduire l'effort de pêche (licence et fermeture de la pêche le dimanche) et l'accès à la ressource (zones interdites à la pêche). Même si ces mesures sont récentes et qu'il est difficile de distinguer l'effet de ces mesures sur l'évolution naturelle de la population<sup>3</sup>, des résultats encourageants ont été obtenus sur la zone de réserve au droit de Lanton (Z3) puisque pour cette zone (et aux alentours), les indicateurs sont pour la plupart supérieurs aux valeurs moyennes obtenues sur le bassin.

Il semble indispensable de poursuivre les efforts entrepris par la profession en matière de gestion.

\_

 $<sup>^3</sup>$  Les populations de petits bivalves sont connues pour présenter des variations interannuelles fortes.

### 5. Bibliographie

AUBY I., 1993. Évolution de la richesse biologique du bassin d'Arcachon. Rapport Société Scientifique d'Arcachon. Laboratoire d'Océanographie Biologique, Ifremer. Contrat SSA n°91 5 527 019, 222 pages + annexes.

BERTHOU P., MAHE J.C., HUET J. et P. NOEL, 1997. Évaluation du Stock de Palourdes du golfe du Morbihan en 1997. Rapport interne Ifremer, 17 pages.

BERTIGNAC M., AUBY I., FOUCARD J., MARTIN S., DE MONTAUDOUIN X. et P.-G. SAURIAU, 2001. Évaluation du stock de palourdes du Bassin d'Arcachon. Rapport Interne Ifremer DRV/RH/RST/2001-05, 35 pages.

CAILL-MILLY N., DE CASAMAJOR M.N., LISSARDY M., MORANDEAU G. et F. SANCHEZ, 2003. Evaluation du stock de palourdes du bassin d'Arcachon. *Rapport interne Ifremer DCN/HGS/LRHA*, 44 pages

CAILL-MILLY N., DUCLERCQ B. ET G. MORANDEAU, 2006. Campagne d'évaluation du stock de palourdes du Bassin d'Arcachon – année 2006. *Rappor tinterne Ifremer DCN/HGS/LRHA*, 51 pages.

CAILL-MILLY N., BOBINET J., LISSARDY M., MORANDEAU G. & SANCHEZ F., 2008. Campagne d'évaluation du stock de palourdes du Bassin d'Arcachon – année 2008. *Rapport interne Ifremer DCN/HGS/LRHA*, 66 p.

CAILL-MILLY N., D'AMICO F. and N. BRU, 2010. Relationship between the state of the Manila clam's (*Ruditapes philippinarum*) stock and socio-ecosystem factors in the Bay of Arcachon by using complementary multivariate descriptive approaches, ICES CM 2010/G:40, 2010 ICES Annual Science Conference, 20-24 September, Nantes, France, poster.

DANG C., 2008. Rapport 2<sup>ème</sup> année Dynamique des populations de palourdes sur le Bassin d'Arcachon et l'Estuaire de Mundaka. Conséquences sur la gestion des populations exploitées. *Rapport EPOC, Université de Bordeaux 1/Ifremer*, 46 pages.

DANG C., 2009. Dynamique des populations de palourdes japonaises (*Ruditapes philippinarum*) dans le Bassin d'Arcachon. Conséquences sur la gestion des populations exploitées. *Thèse Univ. Bordeaux 1*, 356 p.

DANG C., DE MONTAUDOUIN X., GONZALEZ P., MESMER-DUDONS N., CAILL-MILLY N., 2008. Description of a new pathology affecting the adductor muscle of manila clam (*Ruditapes philippinarum*) in Arcachon bay (SW France), *Journal Of Shellfish Research*, 27, 1000-1001.

DANG C., DE MONTAUDOUIN X., BALD J., JUDE F., RAYMOND N., LANCELEUR L., PAUL-PONT I., CAILL-MILLY N., 2009. Testing the enemy release hypothesis: Trematode parasites in the non-indigenous Manila clam *Ruditapes philippinarum*, *Hydrobiologia*, 630 (1), 139-148.

DANG C., DE MONTAUDOUIN X., SAVOYE N., CAILL-MILLY N., MARTINEZ P., SAURIAU P.G., 2009. Stable isotopes changes in the adductor muscle of diseased bivalve *Ruditapes philippinarum*, *Marine Biology*, 156, 611-618.

DANG C., DE MONTAUDOUIN X., GAM M., PAROISSIN C., BRU N., CAILL-MILLY N., 2010. The Manila clam population in Arcachon Bay (SW France): Can it be kept sustainable? *Journal of Sea Research*, 63, 108-118.

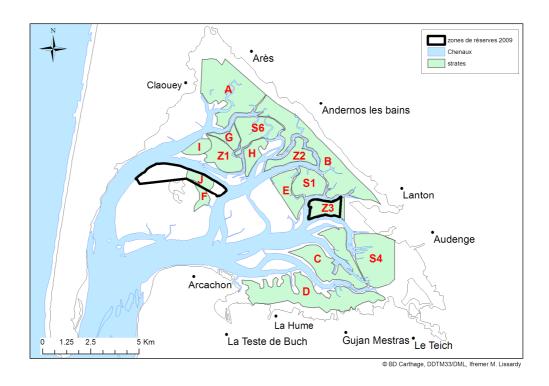
GRALL J. & HILY C., 2003. Echantillonnage quantitatif des biocénoses subtidales des substrats meubles. *Rebent*, 7 pages.

STORA G., ARNOUX A. & GALAS M., 1995. Time and spatial dynamics of Mediterranean lagoon macrobenthos during an exceptionally prolonged interruption of freshwater inputs. *Hydrobiologia* 300/301: 123-132

VASSILIKI CATSIKI A. & ARNOUX A., 1987. Etude de la variabilité des Teneurs en Hg, Cu, Zn et Pb de trois espèces de mollusques de l'étang de Berre (France), *Marine Environmental Research* 21 : 175-187.

### 6. Annexes

Annexe 1 : carte des 16 strates retenues pour la campagne 2010 avec les zones de réserves adoptées par Arrêté préfectoral depuis le 12/03/2009.



# Annexe 2 : photos de la campagne d'échantillonnage 2008 (Copyright : Ifremer).



Photo 1 : vue de la benne « Hamon ».



Photo 2 : vue des tables de tri avec les six tamis et le couvercle.



Photo 3 : Vue de la benne Smith-McInthyre.



Photo 4 : rinçage et tamisage des prélèvements (utilisation du couvercle).

# Annexe 3 : échantillonnage stratifié à deux niveaux pour l'évaluation directe des mollusques bivalves (*in* Berthou et al, 1997) et échantillonnage stratifié à un niveau.

Pour les strates avec deux prélèvements par station, l'échantillonnage est stratifié et comporte deux niveaux ; les strates sont spatiales, les unités secondaires sont de taille constante.

### Taux d'échantillonnage

*Unités primaires* : les unités primaires correspondent aux stations ou points géographiques tirés au hasard dans la strate. Pour une strate h donnée, le taux d'échantillonnage à ce niveau, désigné par  $f_{Ih}$  est :

$$f_{1h} = \frac{n_h \cdot \pi \cdot R^2}{S_h} \tag{1}$$

avec :  $n_h$  = nombre de points dans la strate

 $S_h$  = Surface totale de la strate

R = Rayon d'activité du bateau de prélèvement autour des coordonnées du point moyen demandé (« point théorique »). On suppose, en fait, que le navire travaille dans un cercle autour d'un point. Ce rayon est une fonction croissante de la longueur du bateau et de la fiabilité des moyens de navigation mis en œuvre (ici GPS); le rôle du patron (aptitude de navigation, adaptation aux appareils, etc.) doit également intervenir, mais il est difficile à quantifier. En l'absence d'éléments précis, la valeur de ce rayon était fixée arbitrairement à 25 mètres. En 2003, nous avons ramené ce rayon à 12 mètres car il correspond à la longueur du navire utilisé pour la campagne.

*Unités secondaires* : les unités secondaires correspondent aux coups de benne Hamon réalisés par point. Dans la strate h, le taux d'échantillonnage à ce niveau, désigné par  $f_2$  est égal à :

$$f_2 = \frac{k}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \tag{2}$$

avec : k = nombre de coups de benne par point (ou station), fixé ici à deux.

R = rayon d'activité

### Nombre d'échantillons par niveau

*Premier niveau* : soit  $N_h$  le nombre total de points réalisables dans la strate. On doit avoir :

$$f_{1h} = \frac{n_h \cdot \pi \cdot R^2}{S_h} = \frac{n_h}{N_h} \text{ et donc } N_h = \frac{S_h}{\pi \cdot R^2}$$
 (3)

La probabilité d'intersection entre deux unités d'échantillonnage a été considérée comme nulle.

Deuxième niveau : le nombre potentiel d'unités d'échantillonnage est :

$$4 \cdot \pi \cdot R^2$$

### **Estimateurs**

Pour une strate h donnée, l'estimateur de l'effectif moyen ou de la biomasse moyenne sur  $0.25 \text{ m}^2$  représenté par  $x_h$  est :

$$\bar{x}_{h} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{h}} \bar{x}_{ih}}{n_{h}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{h}} \sum_{j=1}^{k} x_{ijh}}{k \cdot n_{h}}$$
(4)

 $x_{ijh}$  est l'effectif capturé par coup de benne j, réalisé sur le point i de la strate h.

Pour le calcul d'une estimation de la variance associée, on fera appel aux notions d'espérance et de variance conditionnelles. La formulation générale du problème (Cochran, 1977) donne (E désignant l'espérance mathématique, V la variance et  $\hat{\theta}$  un estimateur) :

$$V(\hat{\theta}) = V_1(E_2(\hat{\theta})) + E_1(V_2(\hat{\theta})) \tag{5}$$

La variance est constituée de deux termes. Le premier se rapporte à la variance entre les unités primaires (variance inter-unité), le second se réfère aux unités secondaires au sein des unités primaires (variance intra-unité).

Dans notre cas, le premier terme à droite de l'équation (5) est :

$$V_{1} \left[ E_{2} \left( \stackrel{=}{x}_{h} \right) \right] = \left( 1 - \frac{n_{h} \cdot \pi \cdot R^{2}}{S_{h}} \right) \cdot \frac{S_{1h}^{2}}{n_{h}}$$
 (6)

En considérant que l'échantillonnage au deuxième niveau est aléatoire simple, on obtient :

$$V_{2} \begin{pmatrix} x_{h} \\ x_{h} \end{pmatrix} = \left(1 - \frac{k}{4 \cdot \pi \cdot R^{2}}\right) \cdot \frac{1}{n_{h}^{2}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{n_{h}} S_{2ih}^{2}}{k}$$
(7)

E<sub>1</sub> de l'équation (5) se présente comme suit :

$$E_{1} \left[ \frac{\sum_{i=1}^{n_{h}} s_{2ih}^{2}}{n_{h}} \right] = \frac{\sum_{i=1}^{N_{h}} s_{2ih}^{2}}{N_{h}} = S_{2h}^{2}$$
 (8)

donc:

$$E_{1}\left[V_{2}\left(x_{h}\right)\right] = \left(1 - \frac{k}{4 \cdot \pi \cdot R^{2}}\right) \cdot \frac{S_{2h}^{2}}{k \cdot n_{h}} \tag{9}$$

Finalement, la variance de l'estimateur est égale à :

$$V\left(x_{h}\right) = \left(1 - \frac{n_{h} \cdot \pi \cdot R^{2}}{S_{h}}\right) \cdot \frac{S_{1h}^{2}}{n_{h}} + \left(1 - \frac{k}{4 \cdot \pi \cdot R^{2}}\right) \cdot \frac{S_{2h}^{2}}{k \cdot n_{h}}$$
(10)

Pour estimer cette variance à partir de l'échantillon existant, il est nécessaire de disposer d'une estimation non biaisée de  $S^2_{1h}$  et  $S^2_{2h}$ . Cochran (1977) montre qu'un estimateur non biaisé de  $S^2_{1h}$  est donné par :

$$s_{1h}^2 - \left(1 - \frac{k}{4 \cdot \pi \cdot R^2}\right) \cdot \frac{s_{2h}^2}{k} \tag{11}$$

avec:

$$s_{1h}^{2} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{h}} \left(\overline{x}_{ih} - \overline{x}_{h}^{2}\right)^{2}}{n_{h} - 1}$$
 (12)

$$s_{2h}^{2} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{h}} \sum_{j=1}^{k} (x_{h} - \overline{x}_{ih})^{2}}{n_{h} \cdot (k-1)}$$
(13)

Finalement, l'expression de la variance de l'estimateur s'écrit :

$$V\begin{pmatrix} = \\ x_h \end{pmatrix} = \left(1 - \frac{n_h \cdot \pi \cdot R^2}{S_h}\right) \cdot \frac{s_{1h}^2}{n_h} + \frac{n_h \cdot \pi \cdot R^2}{S_h} \cdot \left(1 - \frac{k}{4 \cdot \pi \cdot R^{\ell}}\right) \cdot \frac{s_{2h}^2}{k \cdot n_h}$$
(14)

L'estimateur effectif (ou biomasse) total(e) sur la strate h, désigné par  $T_h$  est donné par :

$$T_h = 4 \cdot S_h \cdot \bar{x}_h \tag{15}$$

et la variance correspondante est égale à :

$$V(T_h) = 16 \cdot S_h^2 \cdot V\left(x_h\right)$$
 (16)

Pour les strates avec un prélèvement par station, le taux d'échantillonnage est simple (échantillonnage structuré à un seul niveau) et conduit à de nombreuses simplifications. Avec les notations présentées précédemment, l'estimateur de l'effectif moyen ou de la biomasse moyenne sur 0.25 m² est alors :

$$-x_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} x_i}{n_h} \tag{17}$$

 $x_i$  = effectif ou biomasse par coup de benne

 $n_h$  = nombre de points dans la strate h

Pour la variance, seule subsiste la variance entre les unités primaires (variance inter-unités) et le rayon d'action du navire n'intervient plus dans le calcul. Dans ces conditions, la variance est :

$$V\left(\overline{x}_{h}\right) = \frac{s_{h}^{2}}{n_{h}} \tag{18}$$

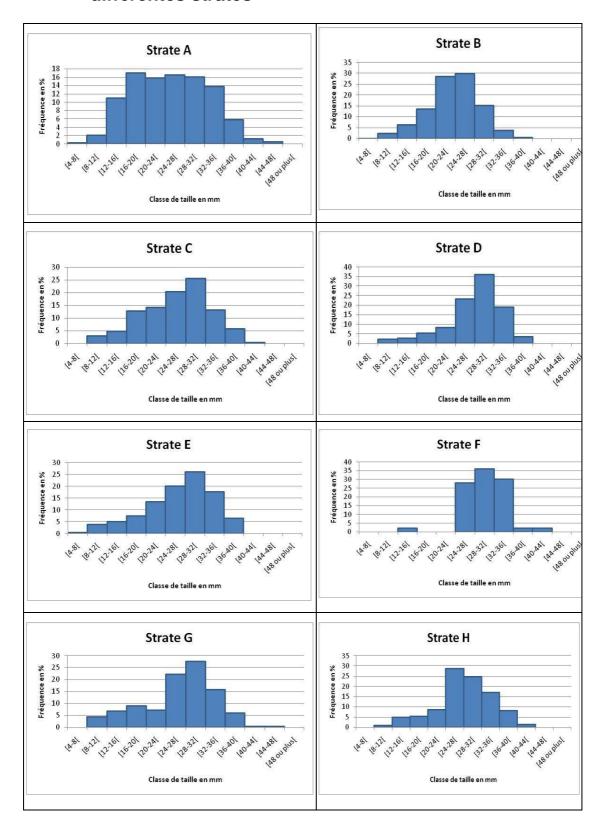
 $s_h$  = variance relative à la strate h

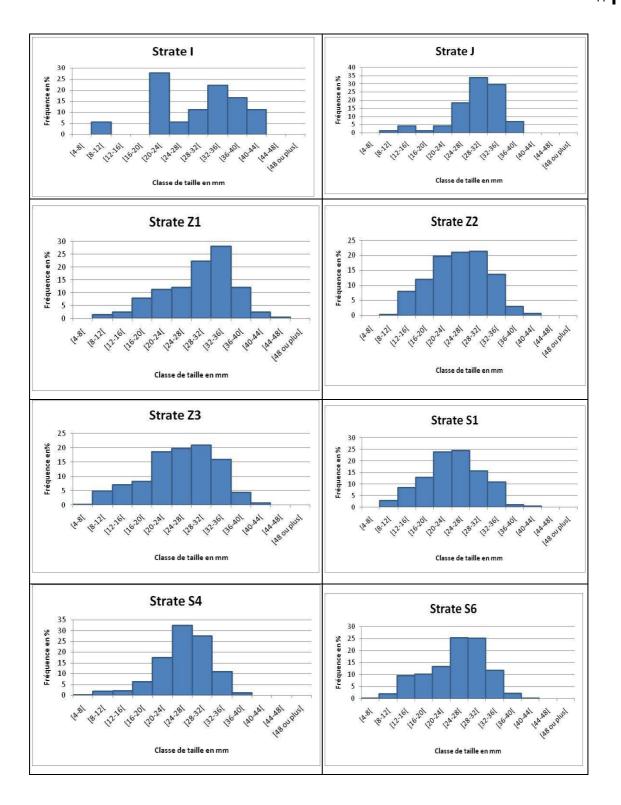
L'estimateur effectif (ou biomasse) total(e) sur la strate h et la variance correspondante, sont par conséquent :

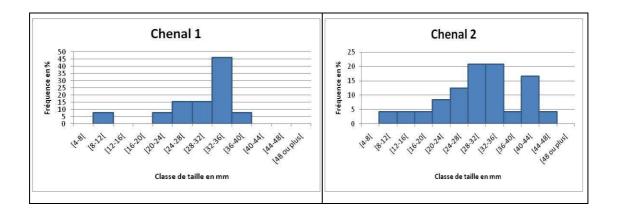
$$T_h = 4 \cdot S_h \cdot \bar{X}_h \tag{19}$$

$$V(T_h) = 16 \cdot S_h^2 \cdot V\left(\frac{1}{x_h}\right) \tag{20}$$

Annexe 4 : Histogrammes de fréquence de taille des palourdes japonaises échantillonnées dans les différentes strates







# Annexe 5 : tableaux des résultats sur les abondances et les biomasses par strate et par espèce.

### Palourde européenn

Strate	Surface (km²)	nb. de stations	Effectifs /0,25m <sup>2</sup>	écart-type	biomasse (g)/0,25m <sup>2</sup>	écart- type	effectif total (million)	écart- type	biomasse totale (t)	écart-type
Α	6,7	69	0,08	0,02	0,42	0,14	2,14	0,60	11,39	3,79
В	7,3	75	0,05	0,02	0,15	0,07	1,56	0,66	4,42	1,98
С	4,9	50	0,10	0,07	0,39	0,36	1,96	1,40	7,61	7,01
D	6,9	70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,18	0,00	0,00
E	2,0	21	0,14	0,10	0,37	0,26	1,12	0,77	2,88	2,02
F	0,6	8	0,06	0,06	0,38	0,38	0,16	0,16	0,96	0,96
G	0,9	9	0,83	0,46	3,56	1,90	2,91	1,62	12,44	6,62
Н	1,2	13	0,12	0,08	0,41	0,39	0,54	0,39	1,93	1,82
I	0,9	10	0,10	0,10	0,75	0,75	0,34	0,34	2,55	2,55
j	0,8	9	1,00	0,41	2,81	1,15	3,14	1,28	8,83	3,62
Z1	2,2	23	0,24	0,09	1,32	0,49	2,11	0,78	11,61	4,30
Z2	1,6	16	0,31	0,11	1,61	0,57	1,99	0,71	10,24	3,64
Z3	1,3	15	0,10	0,05	0,13	0,09	0,53	0,28	0,71	0,47
S1	2,0	21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S4	5,0	51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>S</b> 6	2,7	27	0,11	0,05	0,44	0,23	1,20	0,52	4,77	2,46
total	46,9	487	0,10	0,00	0,43	0,00	19,70	3,28	80,32	13,31

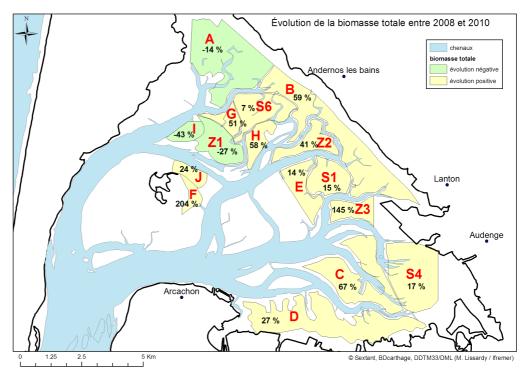
### Palourde japonaise

Palourue	japonaise	,					,		,	
Strate	Surface (km²)	nb. de stations	Effectifs /0.25m <sup>2</sup>	écart-type	biomasse (g)/0.25m <sup>2</sup>	écart- type	effectif total (million)	écart- type	biomasse totale (t)	écart- type
Α	6,7	69	2,8	0,6	13,6	2,5	75,3	16,9	365,6	67,4
В	7,3	75	10,0	1,6	36,1	4,9	293,4	48,0	1060,3	144,5
С	4,9	50	5,5	1,4	28,7	7,6	107,2	27,0	561,9	148,1
D	6,9	70	2,1	0,2	12,6	1,3	57,9	21,7	347,2	133,2
Е	2,0	21	6,7	1,7	37,3	8,6	52,5	13,2	291,7	67,3
F	0,6	8	3,1	2,9	21,9	20,7	7,7	7,3	55,0	52,1
G	0,9	9	12,8	3,8	71,4	18,5	44,8	13,4	249,3	64,5
Н	1,2	13	7,8	2,1	48,1	12,6	36,6	9,7	225,7	59,1
i	0,9	10	1,7	1,1	13,4	9,7	5,8	3,6	45,8	33,3
j	0,8	9	7,2	2,4	53,1	17,6	22,7	7,6	166,8	55,3
Z1	2,2	23	4,3	1,2	31,5	8,8	38,3	10,6	277,6	77,9
Z2	1,6	16	9,3	2,2	44,9	9,9	59,2	14,1	286,3	62,9
Z3	1,3	15	19,8	4,2	101,1	23,1	105,4	22,2	537,2	122,7
S1	2,0	21	12,2	2,6	49,8	9,0	97,6	20,6	398,9	72,2
S4	5,0	51	4,5	1,4	21,8	5,8	89,9	27,3	434,0	115,0
S6	2,7	27	9,2	1,3	43,6	5,6	99,5	13,8	469,5	60,2
total	46,9	487	6,4	0,0	30,8	0,0	1194,0	80,8	5772,7	362,3

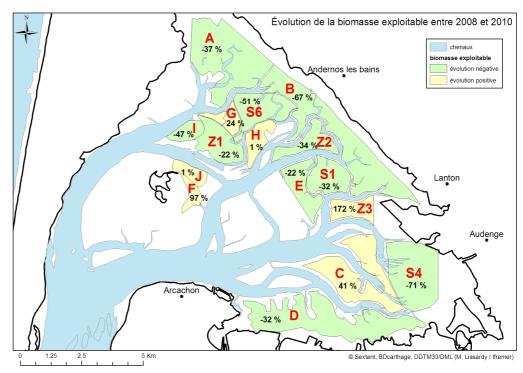
### Palourde jaune

jaune										
Strate	Surface (km²)	nb. de stations	Effectifs /0,25m <sup>2</sup>	écart- type	biomasse (g)/0,25m <sup>2</sup>	écart- type	effectif total (million)	écart- type	biomasse totale (t)	écart-type
Α	6,7	69	0,01	0,01	0,00	0,00	0,39	0,27	0,09	0,09
В	7,3	75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
С	4,9	50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	6,9	70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Е	2,0	21	0,05	0,03	0,10	0,09	0,37	0,26	0,80	0,71
F	0,6	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G	0,9	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Н	1,2	13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
i	0,9	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
j	0,8	9	0,78	0,32	1,18	0,59	2,44	1,02	3,69	1,86
Z1	2,2	23	0,02	0,02	0,04	0,04	0,19	0,19	0,35	0,35
Z2	1,6	16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Z3	1,3	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S1	2,0	21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S4	5,0	51	0,01	0,01	0,00	0,00	0,20	0,20	0,09	0,09
S6	2,7	27	0,02	0,02	0,01	0,01	0,20	0,20	0,11	0,11
total	46,9	487	0,02	0,00	0,03	0,00	3,79	1,14	5,13	2,02

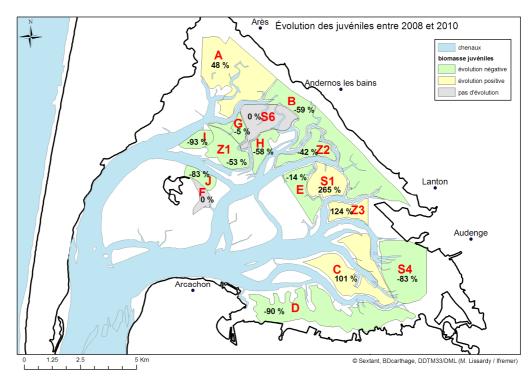
Annexe 6 : Evolution des indicateurs de la biomasse entre 2008 et 2010



Evolution de la biomasse totale par strate entre 2008 et 2010.



Evolution de la biomasse exploitable entre 2008 et 2010.



Evolution de la biomasse de juvéniles (< 17 mm) entre 2008 et 2010.