



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences

Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2013/002

Région du Québec

Mise à jour de l'estimation de biomasse et d'abondance de la crevette nordique *Pandalus borealis* à partir du relevé de chalutage dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent en 2012

Louise Savard et Hugo Bourdages

Direction régionale des Sciences
Pêches et des Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
850 route de la mer
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

[http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2013
ISSN 1919-5044

La présente publication doit être citée comme suit :

Savard, L. et Bourdages H. 2013. Mise à jour de l'estimation de biomasse et d'abondance de la crevette nordique *Pandalus borealis* à partir du relevé de chalutage dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent en 2012. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2013/002. iv + 30 p.

Also available in English :

Savard, L. and Bourdages H. 2013. Update of the estimation of northern shrimp *Pandalus borealis* biomass and abundance from the trawl survey in the Estuary and the northern Gulf of St. Lawrence in 2012. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/002. iv + 30 p.

SOMMAIRE

L'état des stocks de crevette nordique (*Pandalus borealis*) de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent est déterminé chaque année par l'examen d'un indicateur principal provenant de la pêche commerciale et du relevé de recherche. Ce document présente les données et méthodes utilisées pour produire les indicateurs du relevé de 2012. Les estimations de biomasse et d'abondance de la crevette nordique sont présentées pour chacune des quatre zones de pêche et pour chacun des sexes.

ABSTRACT

The Estuary and Gulf of St. Lawrence northern shrimp (*Pandalus borealis*) stock status is determined every year by examining a main indicator from the commercial fishery and the research survey. This document presents the data and methods that are used to produce the 2012 survey indicators. The estimates of northern shrimp biomass and abundance are presented for each of the four fishing areas and for each sex.

INTRODUCTION

La pêche à la crevette nordique (*Pandalus borealis*) est effectuée par des chalutiers dans quatre zones de pêche à la crevette (ZPC) : Estuaire (ZPC 12), Sept-Îles (ZPC 10), Anticosti (ZPC 9) et Esquiman (ZPC 8) (Figure 1). La pêche est soumise à plusieurs mesures de gestion dont le contrôle des prises par un total admissible des captures (TAC) pour chacune des quatre zones. Le TAC est déterminé chaque année à partir de l'indicateur principal de l'état du stock. L'indicateur principal de l'état d'un stock est calculé à partir des indices des mâles (recrutement à la composante femelle) et des femelles (stock reproducteur) obtenus de la pêche en été (nombre par unité d'effort) et du relevé de recherche (abondance) (MPO 2012, Savard 2012).

Ce document met à jour les données et méthodes utilisées pour produire les indicateurs du relevé qui ont déjà été décrites dans Savard et Bourdages 2012. Les estimations de biomasse et d'abondance de la crevette nordique sont présentées pour chacune des quatre zones de pêche et pour chacun des sexes. Les relations poids-longueur sont aussi présentées de même que les distributions des fréquences de taille servant à l'identification des groupes d'âge.

DESCRIPTION DU RELEVÉ

Un relevé de recherche est réalisé dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent depuis 1990 pour estimer l'abondance des crevettes nordiques et de quelques espèces de poissons de fond. Le relevé est réalisé à l'aide d'un chalut à crevette en suivant un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié. Les opérations de pêche se déroulent 24 heures par jour. Une description du protocole de pêche et d'échantillonnage du relevé de 2012 est présentée dans Archambault *et al.* 2013.

La stratification utilisée pour l'allocation des stations de pêche est présentée à la figure 2. Dans le golfe, les fonds situés à plus de 37 m (20 brasses) sont couverts par le relevé. Dans l'estuaire, le relevé a couvert les fonds à des profondeurs de plus de 183 m (100 brasses) de 1990 à 2007. En 2008, il a été décidé d'ajouter des strates pour couvrir les profondeurs de 37 à 183 m afin d'obtenir une meilleure couverture de la distribution spatiale de la crevette nordique.

TRAITEMENT DES CAPTURES DE CREVETTES

Pour chaque trait de pêche, la capture du chalut est triée par espèce ou par taxon. Toute la capture de crevette est pesée et un échantillon d'environ 2 kg est prélevé pour déterminer la proportion de *Pandalus borealis* ainsi que ses caractéristiques biologiques. Le stade de maturité (mâle, femelle primipare ou multipare avec ou sans gonades en maturation et femelle œuvée) est identifié pour chaque individu. La longueur du céphalothorax est mesurée à l'aide d'un vernier électronique avec une précision de 0,1 mm. Le poids individuel est mesuré avec une précision de 0,1 g selon un échantillonnage stratifié (environ dix individus par sexe par classe de longueur de 1 mm) pour chacune des zones de pêche.

La surface échantillonnée par le chalut est estimée à partir de la durée du trait, la vitesse de navire et l'ouverture horizontale du chalut. La capture de *P. borealis* de chaque trait est

estimée à partir de sa proportion dans l'échantillon et est standardisée à une surface de 1 km² en la divisant par la surface balayée.

DISTRIBUTION ET CAPTURE MOYENNE DE LA CREVETTE NORDIQUE

On considère que le relevé couvre bien toute l'aire de distribution de *P. borealis* dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent (Figure 3). La crevette nordique est généralement restreinte aux fonds situés sous la couche intermédiaire froide à des profondeurs supérieures à 150 m. En 2010, des problèmes au niveau des treuils conjugués à de nombreux bris majeurs au chalut ont empêché l'échantillonnage des stations situées dans la portion sud de 4R (strates 802, 810, 820 et 835) et dans la portion aval du chenal Laurentien (strates 401, 404 et 407). En moyenne, 200 stations de pêche sont échantillonnées par année (Tableau 1).

Le tracé en rectangle et moustaches des captures des trois dernières années est présenté à la figure 4. Les captures moyennes sont également présentées par zone de pêche et par année, pour les mâles et les femelles (Tableau 2).

ESTIMATION DE BIOMASSE PAR KRIGEAGE

La capture en kg/km² calculée à toutes les stations de l'aire d'étude est krigée séparément pour les mâles et les femelles. En 2010, l'absence de données au sud est de l'aire d'étude (Figure 3) aurait pu entraîner une surestimation de la biomasse, car ce secteur soutient habituellement de faibles concentrations de crevette nordique. Ce biais a été évité en complétant les strates manquantes de 2010 avec les données récoltées dans le même secteur en 2009.

Dans une première étape, un variogramme est calculé pour chaque relevé avec la procédure VARIO du logiciel SAS (SAS 1996). Les valeurs extrêmes des captures (voir tableau dans le texte pour les trois dernières années) sont retirées de l'estimation du variogramme de façon à faire ressortir la structure spatiale des données. Les valeurs extrêmes sont par la suite réintégrées pour le krigeage.

Captures au-dessus desquelles les données ont été retirées de l'estimation du variogramme.

	2010	2011	2012
Mâles	7 000	3 000	8 000
Femelles	-	5 000	3 500

Le krigeage effectué chaque année pour évaluer la biomasse est basé sur un variogramme pluriannuel qui est construit à partir des variogrammes normalisés (i.e. chaque variogramme est divisé par la variance des captures du relevé) de l'année courante et des deux années précédentes. Le variogramme pluriannuel correspond à la moyenne des semi-variances pour chacune des distances h des variogrammes annuels, pondérée par le nombre de paires pour ces mêmes distances. Un modèle est ajusté manuellement au variogramme pluriannuel pour permettre l'estimation des différents paramètres (la pépité, le plateau et la portée) (Figure 5 et Tableau 3). Quoique d'autres types de modèle aient été examinés quand cela semblait approprié, le modèle exponentiel a été choisi parce qu'il a été jugé qu'il donnait le meilleur ajustement (Figure 5).

L'utilisation d'un variogramme pluriannuel réduit la variabilité de la structure spatiale qui est observée certaines années et permet ainsi un meilleur ajustement du modèle. Finalement, le variogramme pluriannuel est multiplié par la variance des données à kriger.

La moyenne de krigeage et la variance d'estimation sont estimées à l'aide de la boîte à outils «Kriging» de MATLAB (Lafleur et Gratton 1998). Pour chaque année, des estimations ponctuelles sont faites aux nœuds d'une grille de 4 501 mailles de 5 par 5 km qui couvre l'ensemble de la zone d'étude (112 525 km²). L'ajout de nouvelles strates dans l'estuaire en 2008 a agrandi la grille à 4 598 mailles pour une surface totale de 114 950 km² (Figure 6). Les estimations ponctuelles sont faites en utilisant les huit stations échantillonnées les plus proches dans un rayon de recherche maximal de 200 km.

La biomasse moyenne (kg/km²) de chaque zone de pêche est ensuite calculée en faisant la moyenne des estimations ponctuelles de la zone. La biomasse totale d'une zone de pêche donnée est obtenue en multipliant la biomasse moyenne par la surface de la zone. Les surfaces des zones de pêche sont les suivantes : Estuaire, 4 000 km² de 1990 à 2007 et 6 325 km² de 2008 à 2010; Sept-Îles, 29 775 km² de 1990 à 2007 et 29 975 km² de 2008 à 2010; Anticosti, 46 400 km²; Esquiman, 32 350 km².

La biomasse moyenne ainsi que la variance d'estimation sont présentées pour les mâles et les femelles et pour chaque zone de pêche aux tableaux 4 et 5. En général, le coefficient de variation est de l'ordre de 20 à 25 % pour les mâles et de 10 à 18 % pour les femelles dans les zones de pêche Sept-Îles, Anticosti et Esquiman (Tableau 6). Le coefficient de variation est plus élevé dans la zone Estuaire. La distribution de la biomasse moyenne par maille de 25 km² est présentée par année, pour les mâles et les femelles, à la figure 7. La biomasse totale pour chaque zone de pêche, pour les mâles et les femelles, est présentée au tableau 7 et à la figure 8.

ESTIMATION D'ABONDANCE

Les biomasses estimées par krigeage sont converties en abondance à partir des relations poids-longueur et des distributions des fréquences de longueur. Les fréquences de longueur de chaque échantillon sont d'abord ramenées à la capture totale de la station puis normalisées pour une surface balayée de 1 km². Les fréquences (n/km²) sont regroupées en classe de longueur de 0,5 mm.

La distribution moyenne des fréquences (en n/km²) par classe de taille est estimée pour chaque zone de pêche, pour les mâles et les femelles. La distribution moyenne est estimée à partir de toutes les stations échantillonnées dans une zone. La distribution moyenne est ensuite convertie en poids en appliquant la relation poids-longueur estimée pour chaque zone (Tableau 8, Figure 9). La relation poids-longueur estimée en 1993 est appliquée pour la période 1990-2004. À partir de 2005, la relation estimée annuellement est utilisée pour l'année courante. La même relation est utilisée pour les deux sexes.

La biomasse du stock estimée par krigeage est répartie dans les classes de taille en suivant les proportions en poids de la distribution moyenne du stock. L'abondance pour chaque classe de taille est obtenue en divisant la biomasse par le poids moyen de la classe. L'abondance totale du stock est ensuite obtenue en sommant l'abondance de toutes les classes de taille. L'exercice est fait séparément pour les mâles et les femelles. Étant donné qu'on ne krige pas les nombres, il n'est pas possible d'obtenir une estimation de la variance de l'abondance par krigeage. Le coefficient de variation de la biomasse est donc utilisé pour estimer l'intervalle de confiance de l'abondance.

L'abondance totale de chaque zone de pêche est présentée séparément pour les mâles et les femelles au tableau 9 et à la figure 10. Les distributions d'abondance par classe de taille sont présentées pour chaque zone de pêche à la figure 11.

Il est possible d'obtenir un indice du recrutement en estimant l'abondance des juvéniles dont la longueur du céphalothorax est plus petite que 12 ou 13 mm. Les individus de ces tailles sont âgés d'une quinzaine de mois (Daoud *et al.* 2010). L'estimation d'abondance des juvéniles est obtenue en sommant l'abondance des classes de taille qui appartiennent au premier mode (Tableau 10).

L'abondance des femelles a pu être séparée par stade de maturité pour les années où l'identification du stade était faite pour chaque individu. L'abondance des femelles primipares et multipares a été calculée de 1990 à 2000 puis de 2009 à 2012 et est présentée au tableau 10. Les fréquences de longueur de la carapace par stade de maturité de 2009 à 2012 sont présentées à la figure 12.

REMERCIEMENTS

Sincères remerciements aux nombreux biologistes et techniciens qui ont récolté les données du relevé.

RÉFÉRENCES

- Archambault, D., Bourdages, H., Bernier, B., Galbraith, P., Gauthier, J., Grégoire, F., Lambert, J. et Savard, L. 2013. Résultats préliminaires du relevé multidisciplinaire de poissons de fond et de crevette d'août 2012 dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/144. iv + 107 p.
- Daoud, D. Lambert, Y., Chabot, D., and Audet, C. 2010. Size and temperature-dependent variations in intermolt duration and size increment at molt of northern shrimp, *Pandalus borealis*. Mar. Biol.
- Lafleur, C. et Y. Gratton. 1998. MATLAB Kriging Toolbox.
http://globec.who.edu/software/kriging/V3/intro_v3.html
- MPO. 2012. Évaluation des stocks de crevette de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent en 2011. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/006.
- SAS. 1996. Spatial Prediction Using the SAS System. SAS/STAT Technical Report, SAS Institute Inc., Cary, NC, 80 p.
- Savard, L. 2012. Indicateurs de l'état des stocks et points de référence conformes à une approche de précaution pour la crevette nordique du golfe du Saint-Laurent. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/006. ii + 29 p.
- Savard, L. et Bourdages H. 2012. Mise à jour de l'estimation de biomasse et d'abondance de la crevette nordique *Pandalus borealis* à partir du relevé de chalutage dans l'estuaire et le nord du golfe du Saint-Laurent en 2011. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/004. ii + 33 p.

Tableau 1. Capture moyenne (kg/km²) et erreur type par année, pour les mâles et les femelles pour toute l'aire d'étude (n: nombre de stations).

Année	n	Mâles		Femelles	
		moyenne	erreur type	moyenne	erreur type
1990	219	352.82	55.45	485.40	52.97
1991	250	265.82	50.53	412.06	50.09
1992	239	155.80	26.40	243.80	29.20
1993	214	203.54	32.87	184.91	22.54
1994	176	201.98	33.29	302.51	38.02
1995	182	339.35	47.62	408.27	44.58
1996	217	439.20	61.95	680.02	57.96
1997	185	602.88	92.43	715.33	82.08
1998	206	352.73	40.84	723.22	73.51
1999	224	472.81	64.43	659.18	62.95
2000	209	527.95	64.46	971.07	82.90
2001	183	572.65	100.29	632.05	67.32
2002	171	470.10	88.08	797.77	88.42
2003	164	1429.82	303.30	1339.45	135.14
2004	133	726.32	136.25	1178.16	144.69
2005	354	536.26	72.52	931.23	68.48
2006	192	477.52	73.83	942.93	111.75
2007	183	610.36	101.27	1141.70	158.19
2008	189	489.41	84.41	762.88	82.68
2009	164	586.99	89.54	686.89	78.53
2010	154	484.46	70.62	750.56	88.77
2011	156	357.29	54.43	637.68	74.19
2012	178	506.20	114.22	533.69	75.38
2008+	201	488.33	80.51	842.41	90.62
2009+	177	594.41	83.94	758.17	83.23
2010+	166	518.46	79.87	778.55	89.04
2011+	166	408.65	59.41	669.28	77.29
2012+	188	517.62	109.33	550.84	74.19

+: À partir de 2008, l'échantillonnage a été accru en ajoutant des strates dans la partie peu profonde (37-183 m) de l'estuaire.

Tableau 2a. Capture moyenne (kg/km²) et erreur type par année, pour les mâles et les femelles pour la zone de pêche Estuaire (n: nombre de stations).

Année	n	Mâles		Femelles	
		moyenne	erreur type	moyenne	erreur type
1990	12	156.25	77.64	233.60	82.83
1991	11	31.24	15.16	308.55	140.68
1992	11	83.57	64.96	187.46	120.91
1993	12	102.41	77.18	229.46	142.70
1994	8	119.96	83.70	398.96	271.60
1995	18	33.17	15.68	44.56	18.74
1996	17	134.78	53.69	663.29	244.99
1997	16	31.89	13.05	146.69	94.02
1998	16	34.26	18.48	161.65	64.16
1999	21	124.26	90.38	595.85	201.84
2000	17	54.91	20.71	440.13	129.52
2001	19	13.16	3.83	271.45	99.19
2002	12	10.35	6.37	125.35	81.23
2003	11	29.98	12.64	346.45	251.45
2004	9	140.30	109.56	722.40	367.20
2005	24	35.06	17.05	466.44	138.59
2006	12	5.88	2.02	208.67	76.78
2007	12	18.40	14.15	144.46	62.58
2008	10	17.17	6.47	379.22	159.30
2009	10	43.48	24.17	405.83	193.35
2010	12	77.14	42.62	240.65	137.06
2011	12	200.34	89.92	459.60	168.05
2012	11	168.99	104.59	541.11	296.08
2008+	21	276.87	141.96	1377.69	446.43
2009+	23	407.81	121.58	1113.27	320.01
2010+	24	515.91	328.56	689.18	259.32
2011+	22	659.22	231.83	779.03	272.70
2012+	20	439.16	174.32	715.69	248.12

+: À partir de 2008, l'échantillonnage a été accru en ajoutant des strates dans la partie peu profonde (37-183 m) de l'estuaire.

Tableau 2b. Capture moyenne (kg/km²) et erreur type par année, pour les mâles et les femelles pour la zone de pêche Sept-Îles (n: nombre de stations).

Année	n	Mâles		Femelles	
		moyenne	erreur type	moyenne	erreur type
1990	73	363.67	92.77	645.86	97.51
1991	71	556.18	162.63	828.79	150.54
1992	60	205.76	56.56	366.16	78.76
1993	47	376.55	94.09	378.55	73.66
1994	49	360.66	97.71	605.39	103.66
1995	56	466.30	96.10	576.97	95.30
1996	74	580.36	108.36	998.30	93.68
1997	53	827.38	159.76	1096.29	125.72
1998	48	533.44	86.71	1478.68	219.66
1999	62	715.13	119.52	989.24	102.19
2000	51	1010.98	164.56	1854.22	159.49
2001	58	1148.10	272.58	1132.47	155.61
2002	56	871.06	228.82	1693.26	194.25
2003	48	3127.80	919.28	2586.05	228.81
2004	43	1248.80	289.40	2115.43	274.37
2005	65	1216.62	286.97	1908.19	135.10
2006	50	655.40	157.80	1879.13	259.20
2007	50	1063.61	313.79	2293.81	339.12
2008	44	1015.39	288.15	2035.72	203.67
2009	44	823.44	240.35	1186.55	194.23
2010	40	644.78	150.85	1410.74	191.62
2011	40	416.79	86.93	1003.56	145.39
2012	42	1156.22	382.08	936.71	113.12
2008+	45	993.13	282.55	1990.48	204.17
2009+	44	823.44	240.35	1186.55	194.23
2010+	40	644.78	150.85	1410.74	191.62
2011+	40	416.79	86.93	1003.56	145.39
2012+	43	1135.94	373.64	919.54	111.78

+: À partir de 2008, l'échantillonnage a été accru en ajoutant des strates dans la partie peu profonde (37-183 m) de l'estuaire.

Tableau 2c. Capture moyenne (kg/km²) et erreur type par année, pour les mâles et les femelles pour la zone de pêche Anticosti (n: nombre de stations).

Année	n	Mâles		Femelles	
		moyenne	erreur type	moyenne	erreur type
1990	85	432.32	110.06	403.26	90.79
1991	82	185.47	37.18	257.11	41.09
1992	82	211.64	59.86	232.17	43.47
1993	76	207.97	64.32	141.47	25.94
1994	64	161.66	36.65	184.98	33.22
1995	57	378.62	87.89	470.25	71.13
1996	63	494.89	135.38	729.94	125.45
1997	60	489.25	105.34	608.31	86.48
1998	78	338.21	56.43	608.31	76.83
1999	78	381.33	67.30	566.40	68.19
2000	77	394.02	73.62	850.59	104.52
2001	36	203.40	60.44	373.80	59.72
2002	49	473.86	119.72	630.52	110.73
2003	46	802.31	297.96	852.31	205.04
2004	32	603.76	293.42	754.94	231.18
2005	134	515.14	96.84	972.32	112.61
2006	64	390.95	113.07	665.84	135.96
2007	66	581.38	106.72	1072.25	308.50
2008	66	287.91	59.27	392.17	72.02
2009	60	560.52	125.19	496.11	91.53
2010	54	522.58	122.00	564.83	114.99
2011	52	202.73	59.32	338.22	84.78
2012	59	190.56	45.90	338.12	62.70

Tableau 2d. Capture moyenne (kg/km²) et erreur type par année, pour les mâles et les femelles pour la zone de pêche Esquiman (n: nombre de stations).

Année	n	Mâles		Femelles	
		moyenne	erreur type	moyenne	erreur type
1990	49	246.89	73.44	450.49	94.34
1991	86	132.72	36.35	229.00	41.98
1992	86	76.95	20.47	176.71	38.87
1993	79	111.72	23.93	104.71	20.02
1994	55	119.45	37.17	155.41	36.81
1995	51	264.14	85.30	282.14	79.76
1996	63	299.84	100.71	260.78	58.81
1997	56	675.28	236.46	631.90	215.63
1998	64	314.52	87.65	437.06	104.71
1999	63	463.79	172.20	470.35	162.91
2000	64	429.80	124.02	553.29	164.08
2001	70	437.61	105.14	448.10	92.41
2002	54	153.06	68.92	170.30	54.02
2003	59	798.65	221.03	890.21	221.46
2004	49	455.49	171.87	715.75	219.21
2005	131	312.10	78.31	489.59	102.93
2006	66	512.47	138.68	635.89	191.06
2007	55	362.24	106.21	395.24	106.46
2008	69	415.18	116.38	361.42	100.03
2009	50	519.38	133.70	532.32	135.96
2010	48	409.82	126.00	536.82	167.73
2011	52	502.30	132.68	696.79	158.63
2012	66	430.92	171.37	450.83	170.26

Tableau 3a. Paramètres des variogrammes utilisés pour le krigeage de la biomasse des mâles. Un modèle exponentiel* a été utilisé chaque année.

Année	Période	Paramètres		
		Pépite (c_0)	Plateau ($c_0 + c$)	Portée (a_0)
1990	1990-1991-1992	0.50	1.05	35
1991	1990-1991-1992	0.50	1.05	35
1992	1990-1991-1992	0.50	1.05	35
1993	1991-1992-1993	0.20	1.05	30
1994	1992-1993-1994	0.20	1.05	30
1995	1993-1994-1995	0.20	1.00	20
1996	1994-1995-1996	0.20	1.00	20
1997	1995-1996-1997	0.20	0.95	18
1998	1996-1997-1998	0.20	0.90	20
1999	1997-1998-1999	0.40	0.90	20
2000	1998-1999-2000	0.40	0.90	20
2001	1999-2000-2001	0.40	0.90	17
2002	2000-2001-2002	0.30	1.00	25
2003	2001-2002-2003	0.20	1.00	25
2004	2002-2003-2004	0.20	1.00	25
2005	2003-2004-2005	0.30	1.00	30
2006	2004-2005-2006	0.30	1.00	25
2007	2005-2006-2007	0.30	1.00	25
2008	2006-2007-2008	0.30	1.00	20
2009	2007-2008-2009	0.25	1.00	25
2010	2008-2009-2010	0.30	1.00	25
2011	2009-2010-2011	0.40	1.00	30
2012	2010-2011-2012	0.30	1.00	22

* Modèle exponentiel : (où h = distance)

$$\gamma(h) = c_0 + c \left[1 - \exp\left(-\frac{h}{a_0}\right) \right]$$

Tableau 3b. Paramètres des variogrammes utilisés pour le krigeage de la biomasse des femelles. Un modèle exponentiel* a été utilisé chaque année.

Année	Période	Paramètres		
		Pépite (c ₀)	Plateau (c ₀ + c)	Portée (a ₀)
1990	1990-1991-1992	0.45	0.95	30
1991	1990-1991-1992	0.45	0.95	30
1992	1990-1991-1992	0.45	0.95	30
1993	1991-1992-1993	0.25	0.85	20
1994	1992-1993-1994	0.30	0.85	25
1995	1993-1994-1995	0.30	0.80	20
1996	1994-1995-1996	0.15	0.95	17
1997	1995-1996-1997	0.15	0.95	17
1998	1996-1997-1998	0.20	0.95	20
1999	1997-1998-1999	0.35	0.90	25
2000	1998-1999-2000	0.35	0.90	30
2001	1999-2000-2001	0.40	0.90	35
2002	2000-2001-2002	0.30	0.90	30
2003	2001-2002-2003	0.20	0.85	35
2004	2002-2003-2004	0.15	0.95	35
2005	2003-2004-2005	0.20	1.05	60
2006	2004-2005-2006	0.20	1.05	50
2007	2005-2006-2007	0.20	1.05	60
2008	2006-2007-2008	0.20	1.00	60
2009	2007-2008-2009	0.20	0.90	40
2010	2008-2009-2010	0.25	0.90	45
2011	2009-2010-2011	0.15	0.90	28
2012	2010-2011-2012	0.15	0.90	27

* Modèle exponentiel : (où h = distance)
$$\gamma(h) = c_0 + c \left[1 - \exp\left(-\frac{h}{a_0}\right) \right]$$

Tableau 4. Biomasse moyenne (kg/km²) estimée par krigeage, par zone de pêche et par année, pour les mâles (M) et les femelles (F).

Année	Estuaire		Sept-Iles		Anticosti		Esquiman	
	M	F	M	F	M	F	M	F
1990	188.6	310.3	388.1	648.6	416.8	417.3	234.2	402.2
1991	44.3	514.4	566.7	774.9	207.0	300.7	186.0	287.1
1992	100.1	365.1	219.6	358.7	264.7	277.0	92.4	202.5
1993	88.9	274.6	336.3	442.0	207.7	150.1	114.3	107.1
1994	102.7	426.0	376.1	598.4	165.3	179.5	175.6	196.0
1995	33.1	52.9	426.2	559.8	392.7	509.3	334.5	327.7
1996	116.6	598.7	467.0	880.3	659.8	931.3	329.5	299.2
1997	69.7	375.4	777.2	999.6	456.7	552.9	747.2	693.7
1998	24.1	144.2	550.5	1541.5	269.5	566.0	366.8	481.2
1999	136.2	575.1	788.0	1098.1	345.9	551.8	455.2	457.9
2000	141.1	702.4	1005.3	1777.0	403.7	832.1	439.2	536.8
2001	22.2	439.9	1273.0	1141.9	331.2	508.2	452.4	452.9
2002	22.0	312.8	980.1	1713.5	594.6	739.4	197.3	217.7
2003	105.8	691.4	2952.5	2767.2	966.2	1232.6	873.0	998.9
2004	92.5	626.7	1444.4	2312.6	564.3	905.7	434.7	768.0
2005	44.6	554.1	925.5	1978.5	655.3	1141.9	596.3	853.5
2006	45.8	419.7	631.4	1873.1	385.9	685.7	713.6	847.1
2007	221.3	592.0	945.0	2364.0	623.5	1223.3	517.6	462.8
2008	23.6	617.7	835.7	2112.6	361.6	481.1	492.8	426.4
2009	49.0	356.0	1031.0	1336.2	593.7	532.2	547.0	536.9
2010	98.7	341.0	715.6	1527.8	534.5	570.9	447.7	568.0
2011	185.9	496.6	488.8	1024.8	218.0	432.3	624.7	831.8
2012	160.6	658.4	1223.6	1015.0	268.4	473.3	452.8	507.8
2008+	284.6	1405.3	833.4	2103.8				
2009+	421.3	1157.2	1028.8	1334.6				
2010+	540.0	709.0	714.2	1526.1				
2011+	557.9	588.7	490.2	1014.4				
2012+	490.8	779.5	1220.6	1007.8				

+: À partir de 2008, l'échantillonnage a été accru en ajoutant des strates dans la partie peu profonde (37-183 m) de l'estuaire.

Tableau 5. Variance d'estimation de la biomasse krigée, par zone de pêche et par année, pour les mâles (M) et les femelles (F).

Année	Estuaire		Sept-Iles		Anticosti		Esquiman	
	M	F	M	F	M	F	M	F
1990	4017.6	4274.8	7021.6	7304.2	10192.9	6534.1	4823.3	7464.5
1991	175.0	14135.8	20184.6	16312.5	1142.5	1318.1	1025.2	1290.6
1992	2889.1	9386.4	2418.6	4421.5	3123.9	1551.7	287.8	973.7
1993	3257.9	11854.8	5001.6	3237.9	3044.1	496.2	341.8	252.3
1994	4333.3	44881.7	6559.9	7047.7	1063.4	809.0	981.7	920.5
1995	138.2	184.9	6052.7	5309.6	6545.1	3565.1	7931.6	5447.8
1996	1661.4	34512.2	9582.1	7200.8	18014.2	15678.5	7533.5	2602.9
1997	89.3	4533.2	20035.0	12572.2	13816.4	9611.2	44832.4	37827.8
1998	175.7	2211.0	4955.2	33380.5	2844.0	5563.0	4727.3	7071.3
1999	5460.0	24194.3	12434.5	8356.2	3802.9	3592.7	22794.7	18562.5
2000	261.1	8587.2	20684.7	16765.5	4595.1	8055.2	10630.5	15817.3
2001	9.9	5402.3	57882.0	15298.4	6710.7	5975.8	8391.6	5206.7
2002	24.8	3479.1	34710.1	21593.7	13689.0	9947.7	3730.6	1933.0
2003	137.6	40316.7	692470.1	31793.1	78968.9	27469.3	40240.9	29395.7
2004	7318.7	62394.7	70330.5	48562.7	104139.5	58084.9	20952.9	26519.8
2005	180.4	7732.5	80284.8	12192.0	10317.2	9624.7	5513.5	6327.3
2006	2.5	2363.9	15240.4	27257.6	13359.6	14831.0	14120.9	17881.4
2007	182.6	2429.3	69055.2	50189.7	8115.5	42275.1	8995.3	5695.8
2008	34.1	11876.5	71664.7	20796.5	3074.2	2489.1	11688.6	4767.0
2009	359.4	16269.4	43339.6	19944.3	15917.5	6212.3	13694.5	9953.4
2010	1199.9	8550.3	17090.1	18802.6	12686.3	7719.6	11125.1	13507.2
2011	5292.7	13730.9	6159.3	14603.1	2754.1	4689.5	13370.5	15675.7
2012	8591.4	52747.3	109474.1	7221.6	2386.2	3737.0	23884.9	18109.7
2008+	16837.4	96219.7	70057.4	21174.5				
2009+	7551.8	36900.7	43280.0	19909.2				
2010+	64915.2	28040.2	17019.7	18753.7				
2011+	36104.9	37810.2	6174.8	14658.9				
2012+	20938.8	32736.8	98727.4	6942.2				

+: À partir de 2008, l'échantillonnage a été accru en ajoutant des strates dans la partie peu profonde (37-183 m) de l'estuaire.

Tableau 6. Coefficient de variation de la biomasse krigée, par zone de pêche et par année, pour les mâles (M) et les femelles (F).

Année	Estuaire		Sept-Iles		Anticosti		Esquiman	
	M	F	M	F	M	F	M	F
1990	33.6	21.1	21.6	13.2	24.2	19.4	29.7	21.5
1991	29.9	23.1	25.1	16.5	16.3	12.1	17.2	12.5
1992	53.7	26.5	22.4	18.5	21.1	14.2	18.4	15.4
1993	64.2	39.6	21.0	12.9	26.6	14.8	16.2	14.8
1994	64.1	49.7	21.5	14.0	19.7	15.8	17.8	15.5
1995	35.5	25.7	18.3	13.0	20.6	11.7	26.6	22.5
1996	35.0	31.0	21.0	9.6	20.3	13.4	26.3	17.0
1997	13.5	17.9	18.2	11.2	25.7	17.7	28.3	28.0
1998	54.9	32.6	12.8	11.9	19.8	13.2	18.7	17.5
1999	54.3	27.0	14.2	8.3	17.8	10.9	33.2	29.8
2000	11.5	13.2	14.3	7.3	16.8	10.8	23.5	23.4
2001	14.1	16.7	18.9	10.8	24.7	15.2	20.2	15.9
2002	22.7	18.9	19.0	8.6	19.7	13.5	31.0	20.2
2003	11.1	29.0	28.2	6.4	29.1	13.4	23.0	17.2
2004	92.5	39.9	18.4	9.5	57.2	26.6	33.3	21.2
2005	30.1	15.9	30.6	5.6	15.5	8.6	12.5	9.3
2006	3.4	11.6	19.6	8.8	30.0	17.8	16.7	15.8
2007	6.1	8.3	27.8	9.5	14.4	16.8	18.3	16.3
2008	24.7	17.6	32.0	6.8	15.3	10.4	21.9	16.2
2009	38.7	35.8	20.2	10.6	21.2	14.8	21.4	18.6
2010	35.1	27.1	18.3	9.0	21.1	15.4	23.6	20.5
2011	39.1	23.6	16.1	11.8	24.1	15.8	18.5	15.1
2012	57.7	34.9	27.0	8.4	18.2	12.9	34.1	26.5
2008+	45.6	22.1	31.8	6.9				
2009+	20.6	16.6	20.2	10.6				
2010+	47.2	23.6	18.3	9.0				
2011+	34.1	33.0	16.0	11.9				
2012+	29.5	23.2	25.7	8.3				

+: À partir de 2008, l'échantillonnage a été accru en ajoutant des strates dans la partie peu profonde (37-183 m) de l'estuaire.

Tableau 7. Biomasse du stock (tonne) estimée par krigeage par zone de pêche et par année, pour les mâles (M) et les femelles (F).

Année	Estuaire		Sept-Iles		Anticosti		Esquiman	
	M	F	M	F	M	F	M	F
1990	754	1241	11557	19312	19340	19361	7576	13011
1991	177	2057	16874	23073	9604	13951	6018	9287
1992	401	1460	6538	10682	12284	12851	2989	6551
1993	356	1099	10012	13161	9636	6963	3698	3466
1994	411	1704	11198	17817	7670	8331	5681	6339
1995	132	212	12689	16667	18222	23630	10822	10601
1996	466	2395	13906	26212	30616	43214	10658	9680
1997	279	1501	23140	29763	21192	25652	24171	22442
1998	97	577	16390	45898	12503	26264	11866	15566
1999	545	2301	23463	32695	16051	25605	14724	14812
2000	564	2809	29933	52910	18732	38609	14207	17364
2001	89	1760	37904	34000	15367	23582	14635	14650
2002	88	1251	29183	51020	27590	34308	6382	7043
2003	423	2766	87910	82393	44832	57191	28242	32313
2004	370	2507	43008	68857	26183	42025	14062	24845
2005	178	2217	27558	58911	30406	52984	19291	27612
2006	183	1679	18801	55773	17905	31818	23086	27404
2007	885	2368	28137	70389	28931	56762	16744	14971
2008	95	2471	24882	62904	16780	22322	15944	13795
2009	196	1424	30697	39785	27549	24693	17696	17369
2010	395	1364	21308	45491	24801	26488	14483	18374
2011	743	1986	14555	30512	10114	20059	20209	26907
2012	643	2634	36433	30222	12455	21962	14648	16426
2008+	1800	8889	24898	62852				
2009+	2665	7319	30734	39872				
2010+	3415	4484	21338	45592				
2011+	3528	3724	14644	30306				
2012+	3104	4930	36466	30109				

+: À partir de 2008, l'échantillonnage a été accru en ajoutant des strates dans la partie peu profonde (37-183 m) de l'estuaire.

Tableau 8. Paramètres des relations poids-longueur* par zone de pêche et par année. Longueur en mm et poids en g.

Année	Estuaire		Sept-Iles		Anticosti		Esquiman	
	a	b	a	b	a	b	a	b
1990								
1991								
1992								
1993	2.945	0.00071	2.978	0.00066	3.018	0.00059	2.864	0.00094
1994								
1995								
1996								
1997								
1998								
1999								
2000								
2001								
2002								
2003								
2004								
2005	2.777	0.00117	2.960	0.00065	2.957	0.00066	2.904	0.00075
2006	2.945	0.00068	2.934	0.00069	3.040	0.00053	2.849	0.00093
2007	2.800	0.00107	2.930	0.00072	2.918	0.00074	2.904	0.00077
2008	3.016	0.00056	2.934	0.00070	2.908	0.00077	2.887	0.00082
2009	2.977	0.00063	2.864	0.00090	2.893	0.00080	2.911	0.00077
2010	2.920	0.00076	2.931	0.00072	3.011	0.00059	2.953	0.00071
2011	2.911	0.00076	2.942	0.00068	3.001	0.00062	3.034	0.00055
2012	2.9307	0.00073	2.9359	0.00073	2.9231	0.00077	2.9082	0.00081

* Modèle : Poids = a Longueur^b

Tableau 9. Abondance du stock (en million) par zone de pêche et par année, pour les mâles (M) et les femelles (F).

Année	Estuaire		Sept-Iles		Anticosti		Esquiman	
	M	F	M	F	M	F	M	F
1990	156	115	2258	1813	4849	2145	1661	1394
1991	26	196	3871	2278	1948	1459	1214	978
1992	87	128	2111	960	2926	1251	630	660
1993	85	92	2892	1263	2646	671	866	358
1994	87	163	3289	1917	1886	919	1470	716
1995	40	20	2917	1706	4850	2680	2679	1366
1996	86	225	3016	2665	7382	4766	3194	1206
1997	48	132	4936	2828	5848	2602	6490	2790
1998	25	49	3439	4194	2603	2561	3097	1807
1999	118	204	5792	3110	3907	2558	4109	1845
2000	114	256	6526	5326	4953	4006	4015	2135
2001	18	162	8550	3501	3601	2423	4606	1922
2002	20	125	6656	5541	7989	3896	1739	907
2003	219	270	17554	8981	12619	6736	8043	4298
2004	62	238	8513	7711	7066	5149	3738	3419
2005	29	222	6277	6496	6315	6438	4880	3912
2006	28	164	3804	6132	4319	3781	7161	3667
2007	141	226	6167	7247	8122	7219	5885	2241
2008	19	222	5619	6531	4793	2835	4937	2198
2009	43	133	7931	4309	9963	3257	5369	2527
2010	79	129	5937	5270	6475	3251	3632	2468
2011	178	231	3749	3637	2627	2420	5911	3401
2012	130	305	8341	3631	2957	2557	4307	2081
2008+	456	830	5623	6525				
2009+	1252	732	7941	4319				
2010+	1072	467	5945	5282				
2011+	1069	433	3772	3613				
2012+	821	585	8350	3617				

+: À partir de 2008, l'échantillonnage a été accru en ajoutant des strates dans la partie peu profonde (37-183 m) de l'estuaire.

Tableau 10. Abondance (en million) des juvéniles (J), femelles primipares (Fp) et multipares (Fm), par zone de pêche et par année.

Année	Estuaire			Sept-Iles			Anticosti			Esquiman		
	J	Fp	Fm	J	Fp	Fm	J	Fp	Fm	J	Fp	Fm
1990	36	48	67	159	959	853	144	1535	610	15	1157	238
1991	0	57	138	360	773	1505	87	838	622	77	539	440
1992	2	43	85	307	556	404	414	844	408	57	554	106
1993	7	78	14	61	1030	234	17	580	92	24	234	124
1994	1	130	33	156	1600	318	14	802	118	98	626	89
1995	12	14	5	188	1495	211	502	2408	273	30	1182	185
1996	1	132	94	165	2010	655	1279	4049	721	733	880	327
1997	0	110	22	30	2293	535	609	2378	226	57	2063	727
1998	7	29	20	749	3483	711	286	2171	392	652	1567	241
1999	3	158	47	6	2705	405	26	2067	492	136	1283	562
2000	1	181	76	280	4542	785	707	3457	551	736	1611	525
2001	1			81			20			300		
2002	1			88			443			19		
2003	176			167			30			41		
2004	0			9			47			17		
2005	0			93			148			374		
2006	0			56			201			84		
2007	3			530			228			383		
2008	2			161			103			41		
2009	3	27	105	11	2021	2288	235	2114	1143	64	1700	673
2010	0	60	69	41	3391	1879	40	1835	1417	146	1076	1392
2011	0	118	113	14	2057	1581	83	1708	712	565	2515	887
2012	2	257	48	202	2609	1021	27	1996	561	81	1590	491
2008+	134			161								
2009+	702	194	215	11	2021	2288						
2010+	9	321	146	41	3398	1883						
2011+	102	237	196	14	2043	1570						
2012+	65	442	144	205	2599	1018						

+: À partir de 2008, l'échantillonnage a été accru en ajoutant des strates dans la partie peu profonde (37-183 m) de l'estuaire.

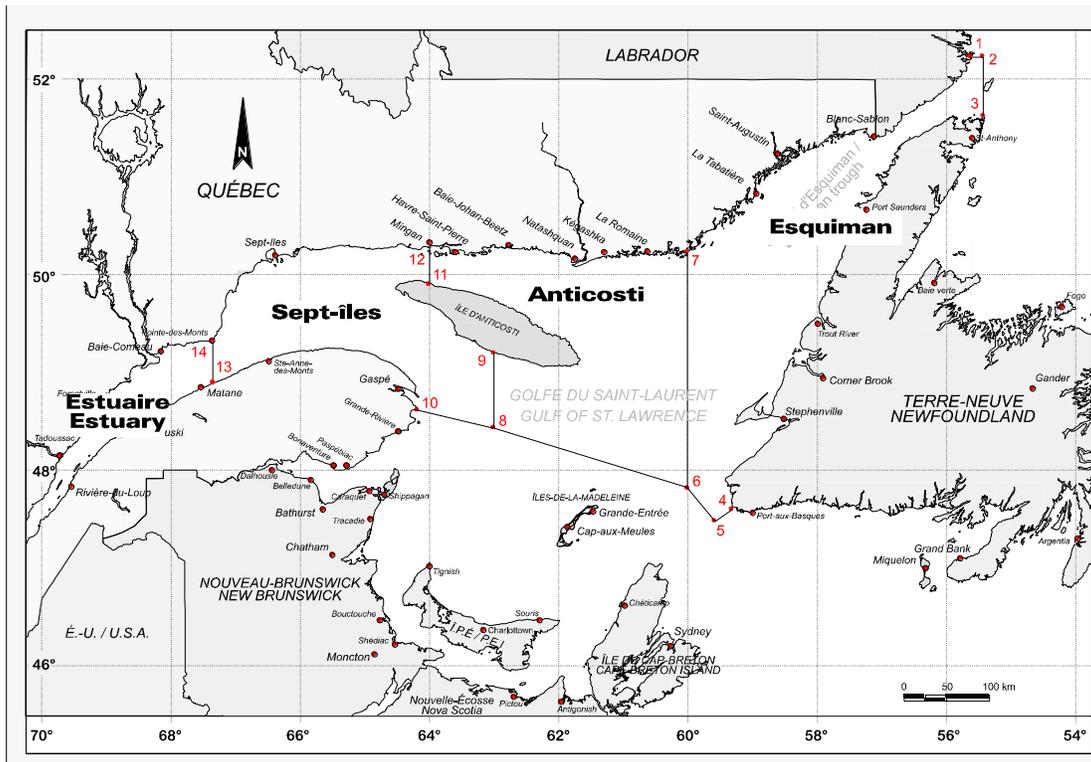


Figure 1. Zones de pêche à la crevette (ZPC) dans le nord du golfe du Saint-Laurent : Estuaire, ZPC 12; Sept-Îles, ZPC 10; Anticosti, ZPC 9; Esquiman, ZPC 8.

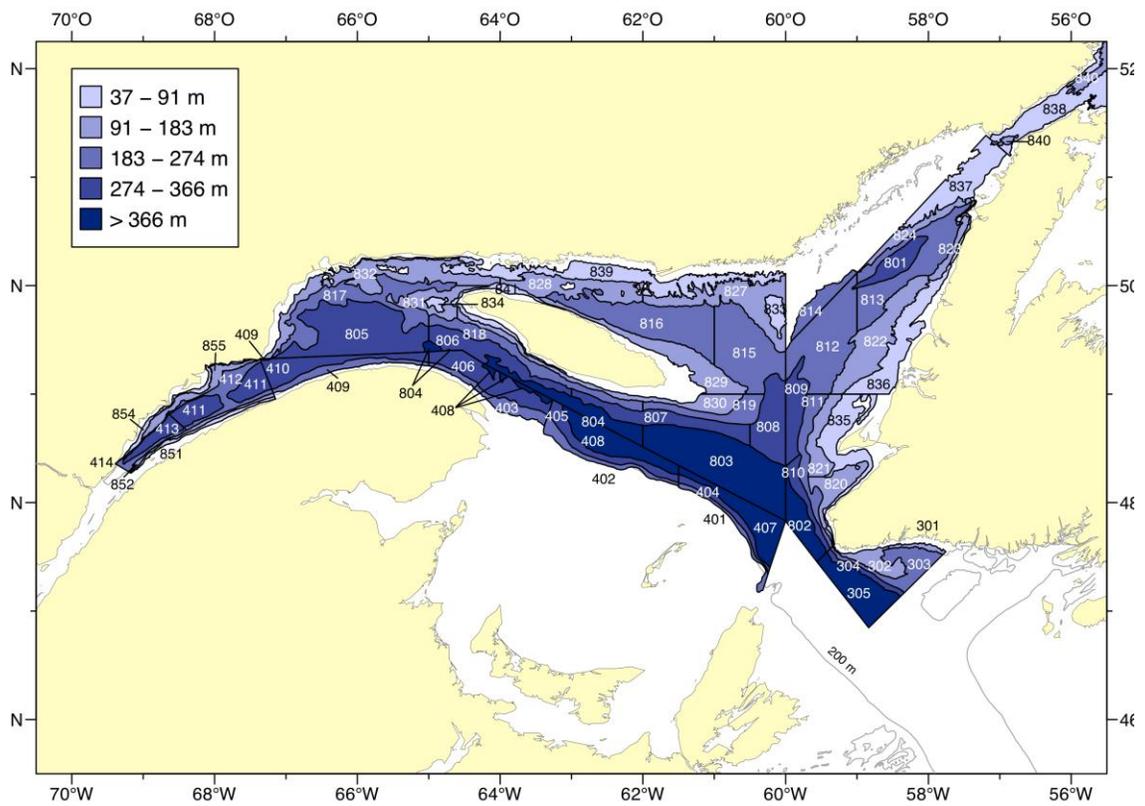


Figure 2. Stratification utilisée pour l'allocation des stations de pêche du relevé du nord du golfe du Saint-Laurent. Les strates 851, 852, 854 et 855 ont été ajoutées en 2008.

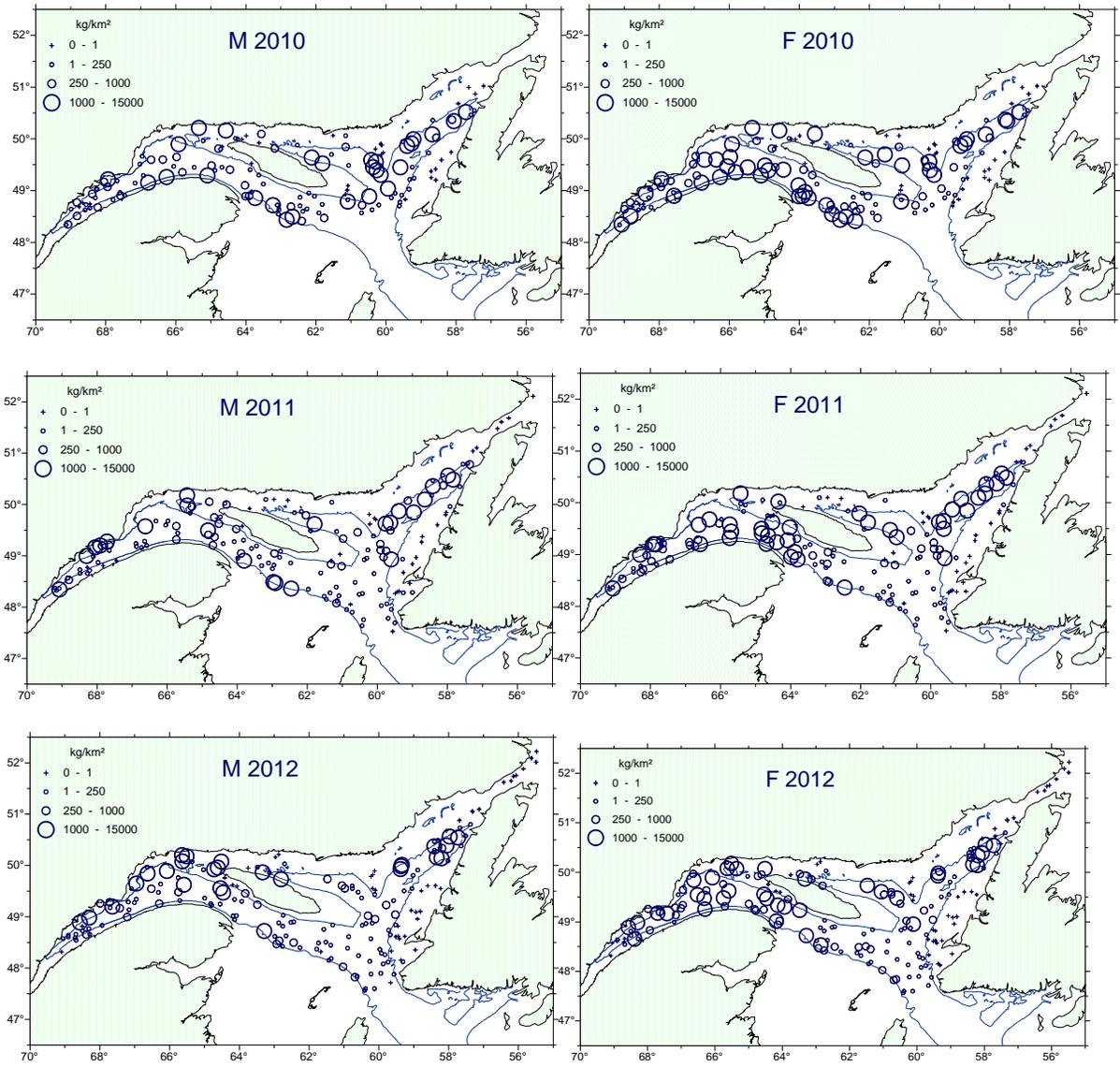


Figure 3. Distribution des captures de crevette en 2010, 2011 et 2012.

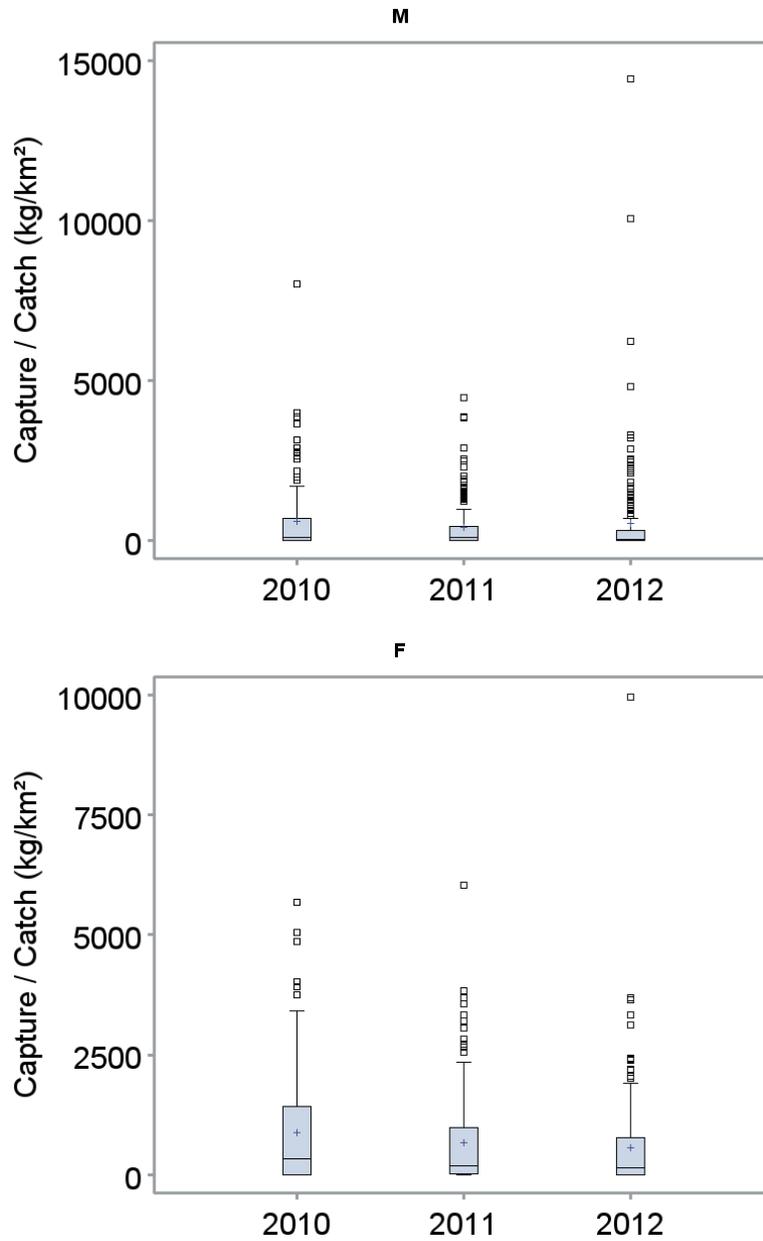


Figure 4. Tracé en rectangle et moustaches des captures (kg/km²) des relevés de 2010 à 2012. Rectangle : du premier au troisième quartile avec médiane. Moustache : 1.5 fois l'intervalle interquartile ramené au point inférieur le plus proche. Croix : tous les points supérieurs à la moustache.

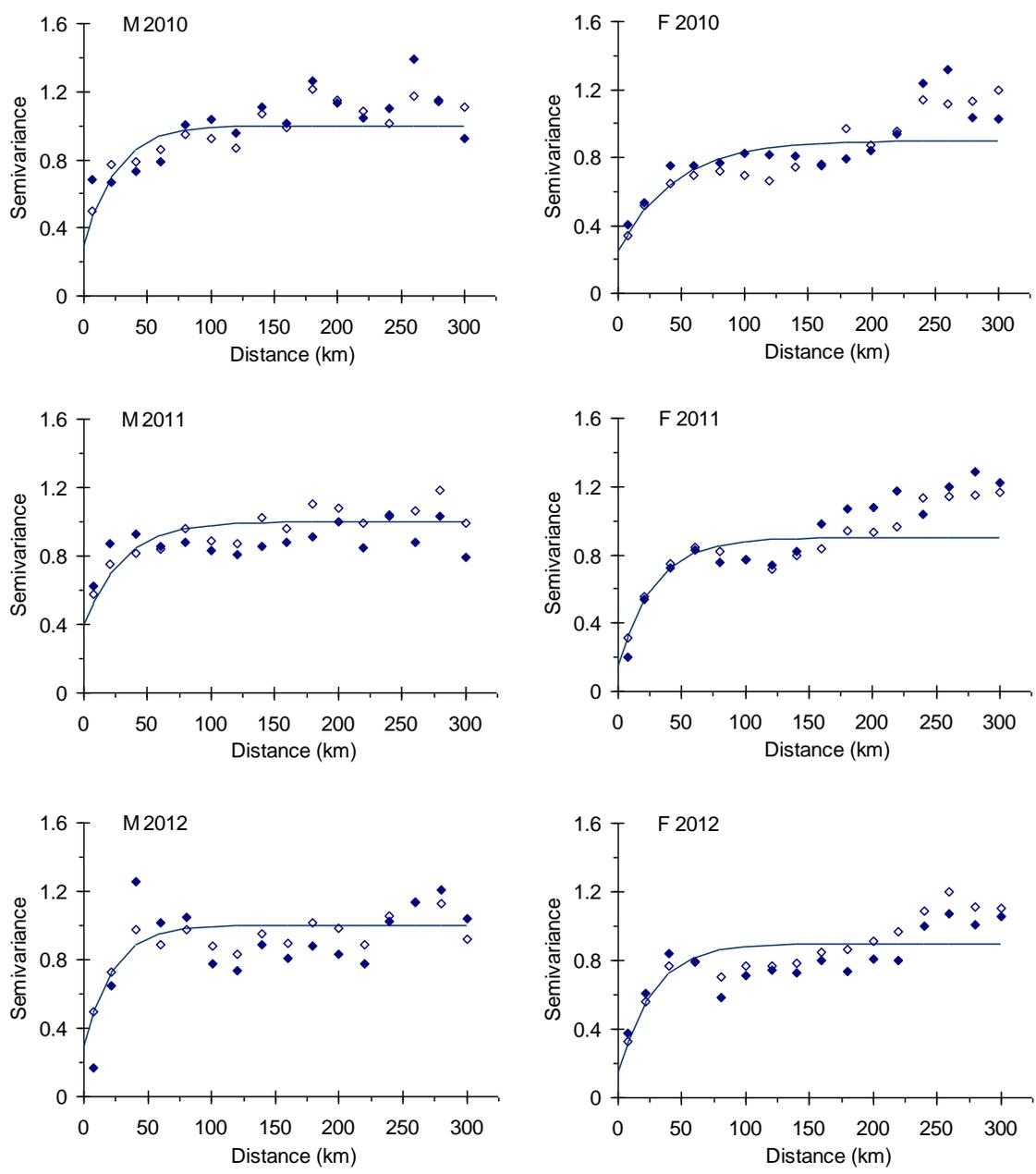


Figure 5. Variogrammes isotropiques des biomasses (kg/km²) pour les années 2010 à 2012. Points fermés : année courante. Points ouverts : moyenne sur 3 ans. Courbe : variogramme ajusté sur la moyenne des 3 années.

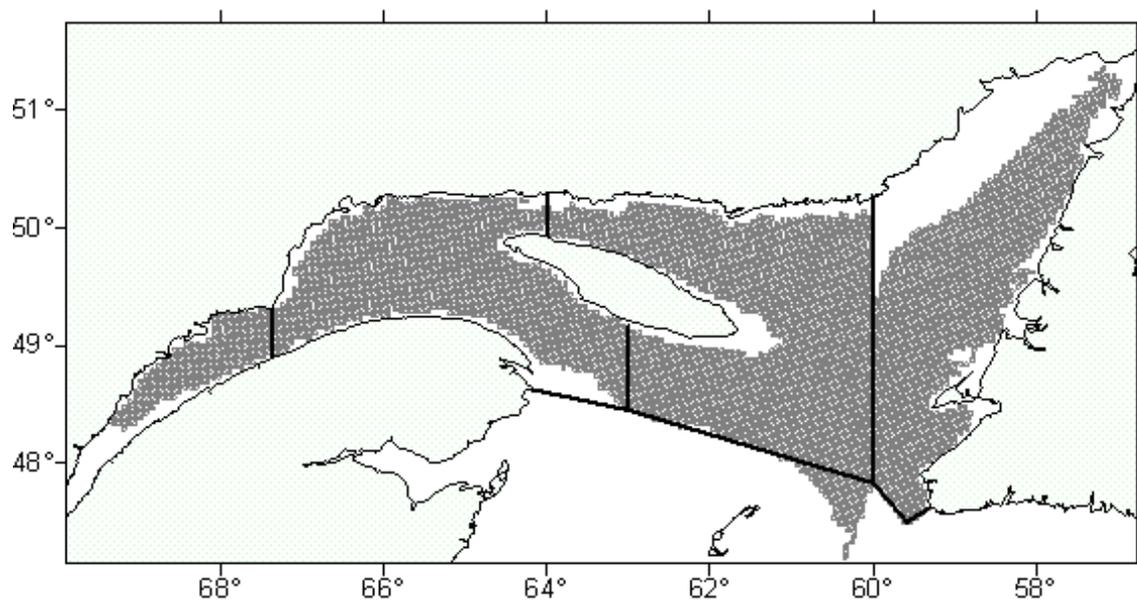


Figure 6. Aire d'étude pour le krigage de la biomasse de crevette dans le nord du golfe du Saint-Laurent. Les limites des zones de pêche sont également indiquées.

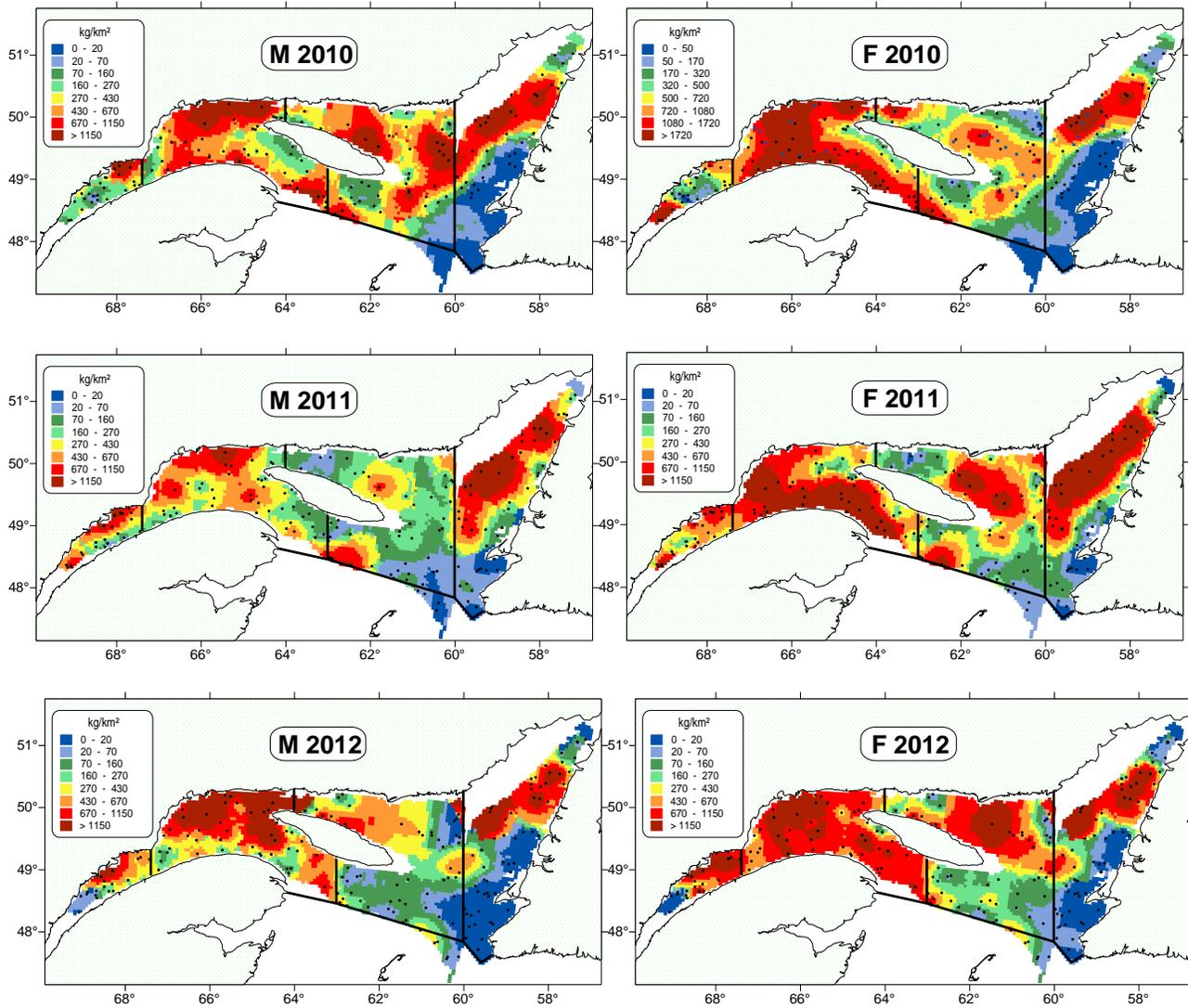


Figure 7. Distribution de la biomasse (kg/km²) obtenue par krigeage par bloc de 25 km² de 2010 à 2012 pour les mâles (M) et les femelles (F).

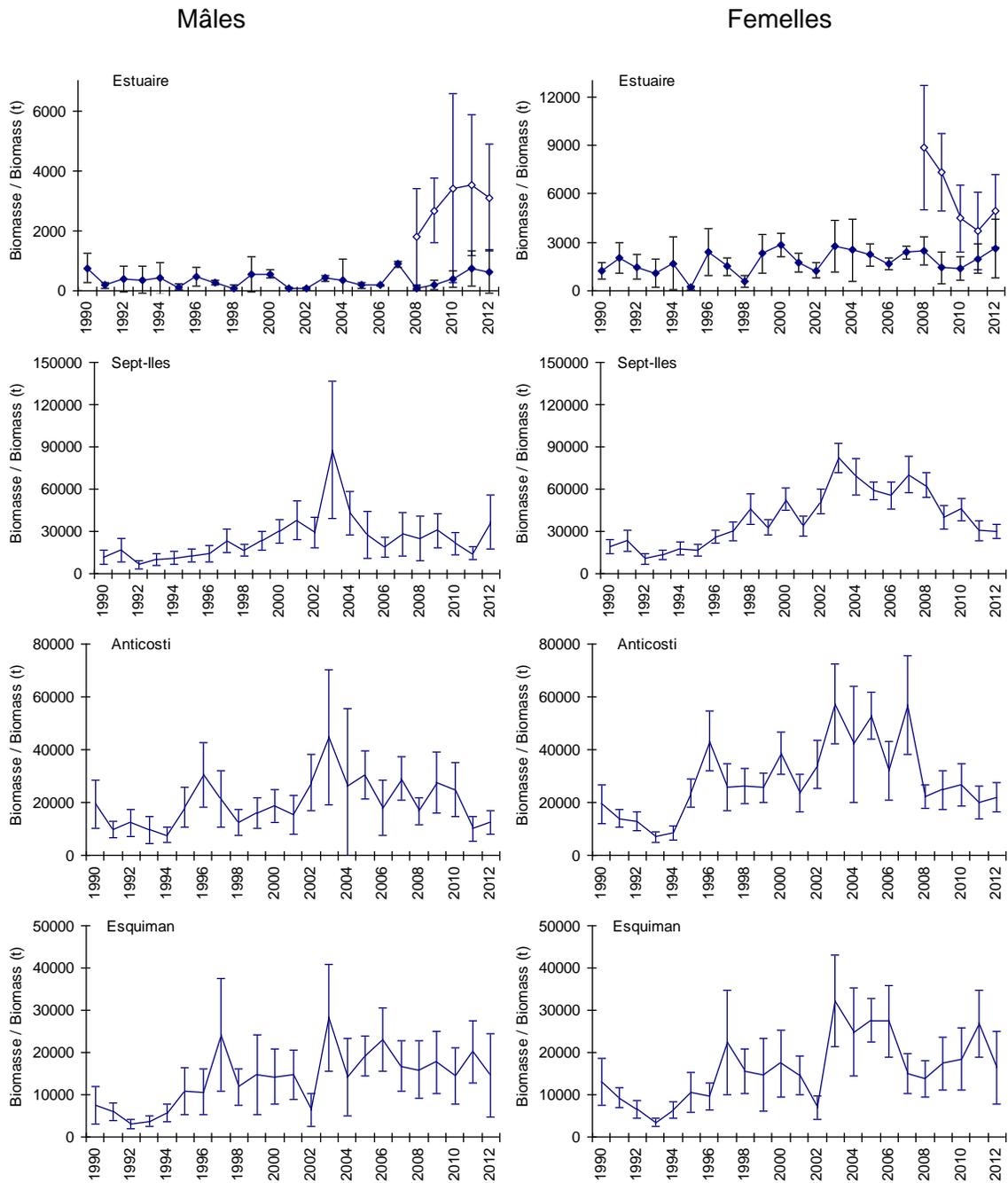


Figure 8. Biomasse (en tonne) par zone de pêche et par année, pour les mâles et les femelles. Les points ouverts de 2008 à 2012 montrent les résultats obtenus en ajoutant des strates dans la partie peu profonde (37-183 m) de l'estuaire. Les barres d'erreur indiquent l'intervalle de confiance à 95 %.

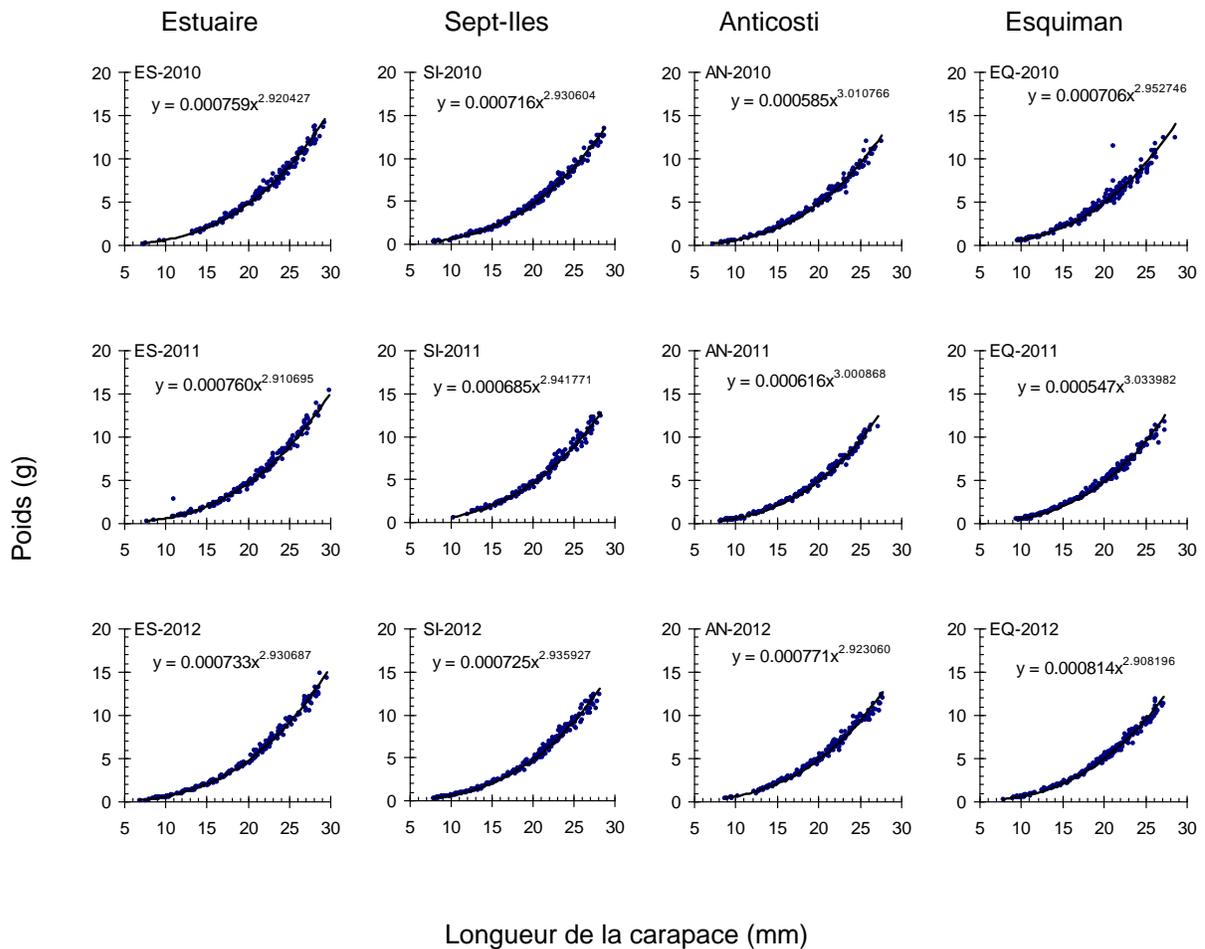


Figure 9. Relation poids-longueur par zone de pêche de 2010 à 2012.

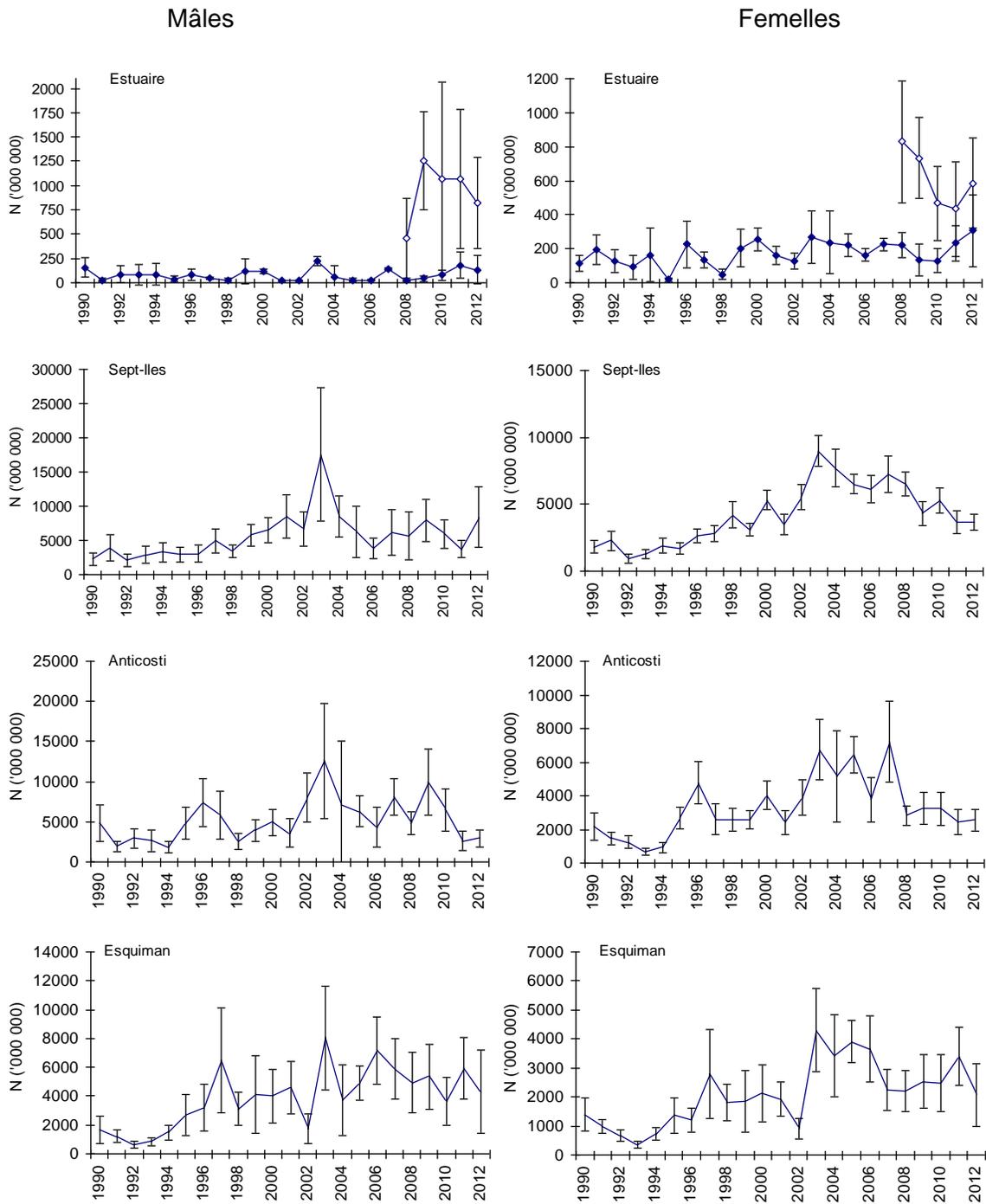


Figure 10. Abondance (en million) par zone de pêche et par année, pour les mâles et les femelles. Les points ouverts en 2010, 2011 et 2012 montrent les résultats obtenus en ajoutant des strates dans la partie peu profonde (37-183 m) de l'estuaire. Les barres d'erreur indiquent l'intervalle de confiance à 95 %.

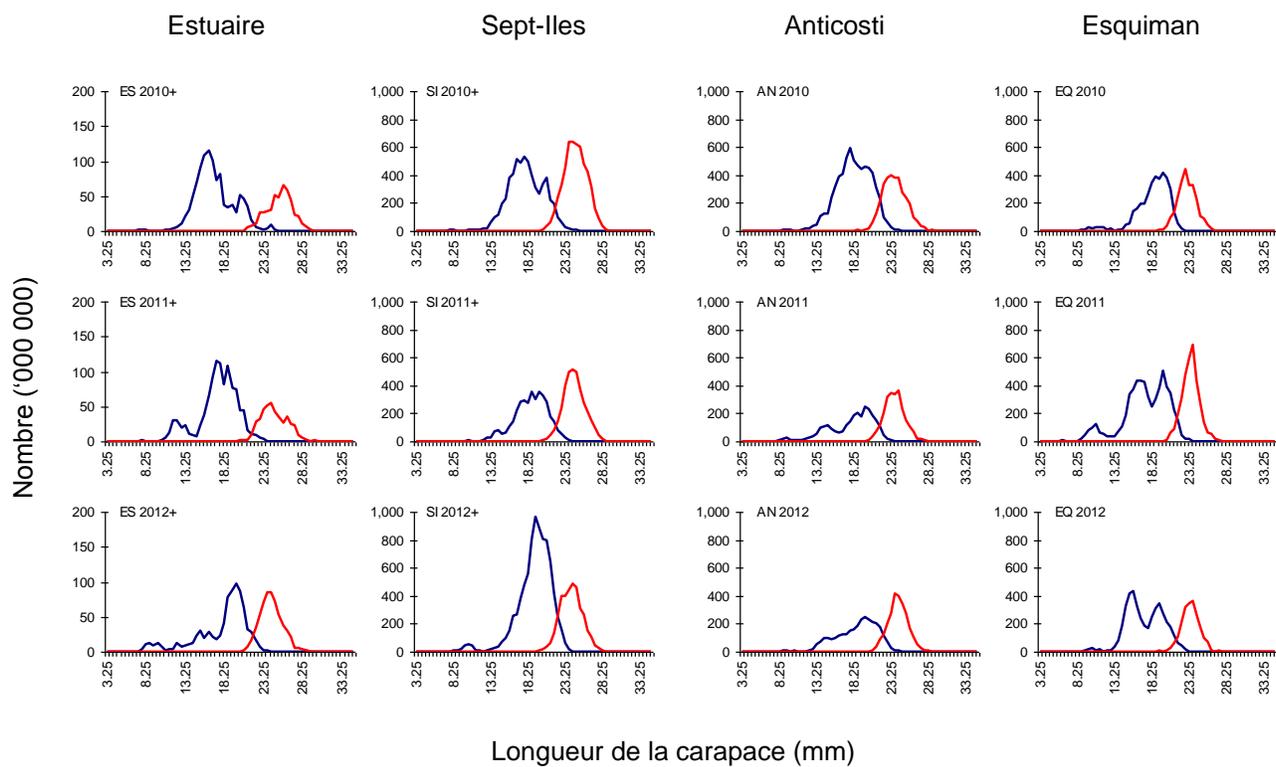


Figure 11. Abondance (en million) par classe de longueur de la carapace (classes de 0,5 mm) par zone de pêche de 2010 à 2012 pour les mâles (en bleu) et les femelles (en rouge). Le + accolé à l'année montre les résultats obtenus en ajoutant des strates dans la partie peu profonde (37-183 m) de l'estuaire.

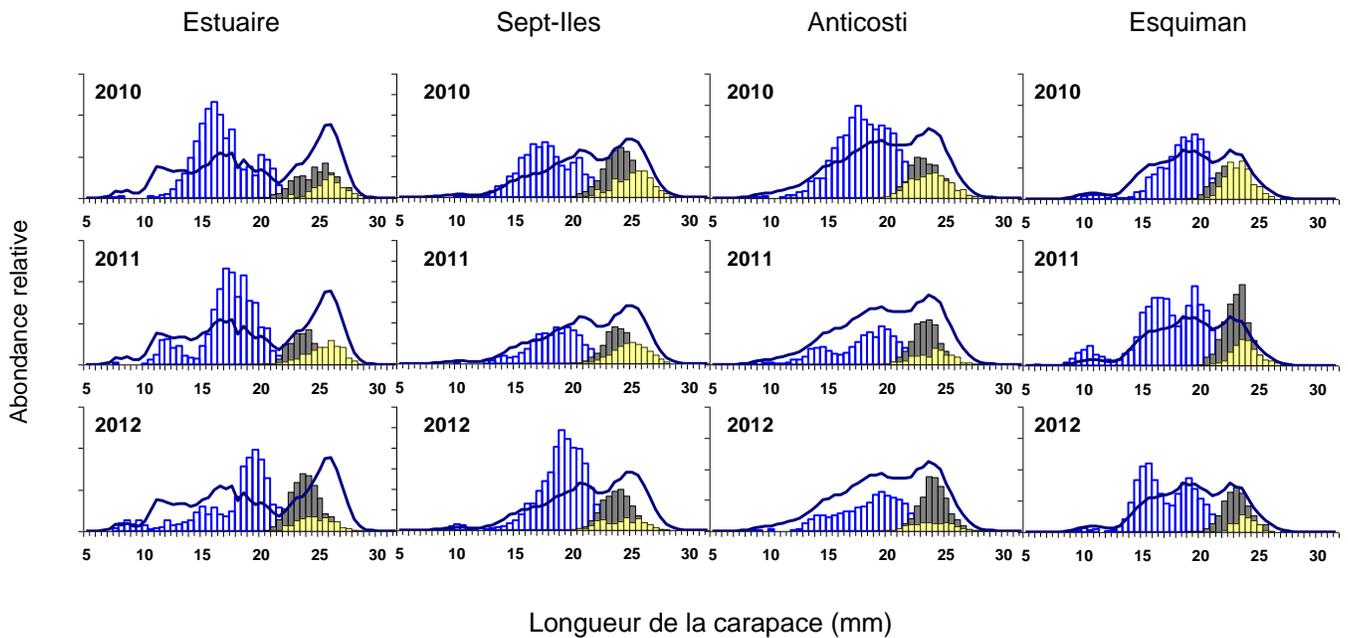


Figure 12. Abondance relative par classe de longueur de la carapace (classes de 0,5 mm) par zone de pêche de 2010 à 2012 pour les mâles (en bleu), les femelles primipares (en gris) et les femelles multipares (en jaune). La ligne pleine indique la moyenne des années 1990-2011. Les fréquences de taille de la zone Estuaire correspondent à la couverture agrandie et la moyenne a été estimée de 2008 à 2011.