

Not to be cited without
permission of the authors¹

DFO Atlantic Fisheries
Research Document 94/92

Ne pas citer sans
autorisation des auteurs¹

MPO Pêches de l'Atlantique
Document de recherche 94/92

**Cartographie et estimation géostatistiques de la biomasse de crevette nordique
(*Pandalus borealis*) du golfe du Saint-Laurent de 1990 à 1993, par classe
de taille et par zone de pêche et relation avec la température démersale.**

Par

YVAN SIMARD ET JÉRÔME BENOIT

Océanographie des pêches
Institut Maurice-Lamontagne
Ministère des Pêches et Océans
C.P. 1000
Mont-Joli, P.Q. G5H 3Z4

¹This series documents the scientific basis for the evaluation of fisheries resources in Atlantic Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the secretariat.

¹La présente série documente les bases scientifiques des évaluations des ressources halieutiques sur la côte atlantique 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.

RESUME

La biomasse de crevette nordique du Golfe du Saint-Laurent mesurée lors des relevés annuels du MPO de 1990 à 1993 a atteint un maximum de 66 kt en 1991 et elle a diminué par la suite jusqu'à 39 kt en 1993. Les fortes classes d'âges exploitées en 1990 et 1991 ont été suivies d'un très faible recrutement en 1992. Les indices de recrutement sont favorables à une augmentation de la biomasse des tailles exploitées au cours des prochaines années. Les recrues proviennent généralement des mêmes régions à chaque année. Les sites des foyers de concentration des adultes exploités dans le Golfe changent considérablement d'une année à l'autre, spécialement chez les mâles de 18-23 mm de longueur de carapace (CL). Chez ces derniers, les captures de nuit sont en moyenne seulement 27% de celles de jour, probablement en raison de leurs migrations verticales dans la colonne d'eau la nuit. Ce rapport moyen des captures nuit/jour est par ailleurs de 80%, chez les femelles de 23-30 mm CL. La répartition de la biomasse par rapport à la température démersale est stable d'une année à l'autre. Une bonne part des jeunes crevettes (< 18 mm CL) sont associées aux températures les plus froides tandis que les adultes (> 18 mm) se répartissent relativement uniformément sur toute l'étendue des températures disponible (0-5.5 °C). Des individus d'une même taille peuvent expérimenter des températures de croissance très différentes, variant facilement de 3°C, ce qui a des implications importantes pour la dynamique de la population et sa production. La stratégie d'échantillonnage adoptée aurait avantage à être revue pour améliorer l'estimation et la cartographie des variables surveillées.

ABSTRACT

The northern shrimp biomass of the Gulf of St. Lawrence measured during the DFO annual research surveys of 1990 to 1993 reached 66 kt in 1991 and decreased to 39 kt in 1993. The strong year-classes exploited in 1990 and 1991 were followed by a low recruitment in 1992. Recruitment indexes favour an increase in the biomass of the exploited size group in the coming years. The recruits generally come from the same regions every year. The locations of the richest patches of adults change considerably from year to year, especially for the males of 18-23 mm in carapace length (CL). The night catches of this latter size group are only 27% of the day catches on average, likely because of their vertical migrations in the water column at night. This night/day catch ratio is 80% for the females of 23-30 mm CL. The distribution of the biomass in relation to the demersal temperature is stable from year to year. A large part of the young shrimp (< 18 mm CL) are associated with the coldest temperatures, while the adults (> 18 mm) are relatively uniformly distributed over the temperature range available (0-5.5 °C). Individuals of the same length can experience very different growth temperature, varying by 3°C easily, which has important implications for the population dynamics and production. The sampling strategy adopted could be advantageously changed, to improve the estimation and mapping of the surveyed variables.

INTRODUCTION

En complément aux travaux de Savard et al. (1993) et en continuation de nos travaux de 1991 et 1992 (Simard 1991, Simard and Benoit 1992) sur le monitoring de la biomasse de crevette nordique du golfe du Saint-Laurent, nous utilisons ici la géostatistique pour cartographier et estimer cette biomasse. Contrairement aux statistiques classiques qui assument une répartition spatiale au hasard de la biomasse par strate, cette méthodologie permet de faire usage de l'autocorrelation spatiale dans les données (i.e. le fait que deux stations voisines soient plus semblables que deux stations éloignées) pour le calcul des estimés locaux ou globaux (Simard et al. 1992; Cressie 1991). L'objectif du présent travail est d'abord de produire des cartes rigoureuses de la répartition de la biomasse lors des relevés de recherche de 1990 à 1993, pour toutes les tailles considérées globalement ainsi que séparément pour 4 groupes de tailles. L'intégration des cartes pour tout le Golfe, ou pour les surfaces correspondant aux 4 unités de gestion (Fig. 1), fournit des estimés globaux pour ces zones. Enfin ces cartes de biomasses sont associées aux cartes de la température démersale mesurée simultanément (Simard et Benoit 1994), afin de produire, pour chaque groupe de tailles, les graphiques de répartition cumulée de la biomasse de crevette en fonction de la température *in situ* au moment de l'échantillonnage.

METHODE

Les données de biomasse de crevette nordique ont été récoltées de la mi-août à la mi-septembre de 1990 à 1993 à 191-250 stations réparties dans le Golfe (Tableau 1, Fig. 2). A chaque station, les échantillons étaient prélevés au moyen d'un chalut de fond URI 81-114, dont la maille était de 38 mm et dont le cul était doublé d'une maille de 19 mm. Le chalut était toué par le FRV Alfred-Needler pendant 20 minutes à 2.5-3.0 noeuds et les positions de début et de fin de chalutage sur le fond étaient obtenues au moyen de systèmes de positionnement GPS et Loran. Les ouvertures horizontales et verticales du chalut étaient mesurées au moyen d'un système de monitoring de chalut Scanmar Red-400, afin de vérifier le bon fonctionnement du chalut.

Les captures étaient converties directement en biomasse par unité de surface, en divisant par l'aire balayée par le chalut. Aucune correction pour l'efficacité de capture, de rétention ou d'évitement de l'engin n'a été effectuée. Sauf exceptions pour les très petites captures, un sous-échantillon de 200-250 crevettes était prélevé pour mesurer la longueur de carapace (CL) au moyen d'un vernier électronique relié à un micro-ordinateur, afin de déterminer la distribution de fréquence de taille des crevettes. Une équation poids versus longueur de carapace ($P_{(g)} = 0.000851 * CL_{(mm)}^{2.0948}$; Portelance et Fréchette 1983) fut ensuite utilisée pour répartir la capture en fonction de la taille. La biomasse fut ensuite déterminée pour 4 groupes de tailles: 10-14 mm, 14-18 mm, 18-23 mm, 23-30 mm (CL). Comme la capturabilité des crevettes peut changer pendant la nuit lorsqu'elles effectuent

des migrations verticales dans la colonne d'eau (Barr 1970, Apollonio et al. 1986, Simard et al. 1990), seules les stations visitées pendant le jour ont été considérées ici pour l'établissement des cartes et l'estimation de la biomasse. Bien que les échantillons n'étaient pas ponctuels mais couvraient environ 0.02 km², ils furent considérés comme des échantillons ponctuels centrés sur la position de début de chalutage pour les traitements ultérieurs.

La cartographie a été réalisée sur la grille des rectangles de 10 minutes de latitude par 10 minutes de longitude utilisée par les crevettiers pour rapporter leurs captures dans leurs journaux de bord. Seules les rectangles au nord du 48ième parallèle et dont la profondeur était supérieure à 150 m ont été conservés. Ils correspondent à l'aire de répartition de la crevette adulte, où les captures commerciales sont réalisées (Simard et al. 1992) et où les stations étaient concentrées (Fig. 2). La cartographie consiste à estimer la biomasse moyenne de crevettes dans chacun de ces rectangles. La méthode géostatistique utilisée pour cette estimation fut le krigeage ordinaire par bloc (Journel and Huijbregts 1978, Isaaks and Srivastava 1989, Cressie 1991), qui minimise la variance d'estimation de cette biomasse par bloc. La fonction requise d'autocorrélation spatiale de la biomasse (i.e. le variogramme) fut estimée à partir des données, comme suit: 1) afin d'éliminer les valeurs extrêmes et de restreindre le modèle aux fonds de présence de crevettes, seules les biomasses comprises entre 5 et 5000 kg/km² furent sélectionnées; 2) les données furent centrées et réduites pour chaque année, afin de marier les données des 4 années considérées dans un modèle pluriannuel; 3) un variogramme fut calculé pour chaque année et ces variogrammes annuels furent combinés en un variogramme pluriannuel, en pondérant chaque point correspondant à une classe de distance par son nombre de paires; 4) un modèle de variogramme ($C_0 + a * h^b$) fut ensuite ajusté sur ce variogramme pluriannuel expérimental. Ces variogrammes ont été calculés pour chaque classe de taille supérieure à 14 mm (Annexe 1). Pour la classe de taille 10-14, étant donné que son faible effectif ne permettait pas d'estimer un variogramme, un modèle aléatoire fut assumé ($C_0 = \sigma^2$).

La température démersale correspondant aux échantillons de crevettes fut mesurée au moyen de sondes CTD-S12 de Applied Microsystems Ltd, attachées au dos du chalut pendant la pêche. Ces données ont servi à l'estimation de cartes de température démersale, par un cokrigeage par bloc (Cressie 1991), ayant la profondeur comme variable auxiliaire et utilisant la même grille que celle employée ici pour l'estimation de la biomasse de crevette (Simard et Benoit 1994). La combinaison de ces estimés de température par rectangle de pêche avec ceux de la biomasse de crevette correspondante permet de dresser les courbes de la proportion de l'habitat démersal et de la biomasse de crevette en fonction de la température (Figs. 17-21).

RESULTATS

Données

Les biomasses de crevette nordique récoltées aux stations échantillonnées de 1990 à 1993 sont présentées aux figures 2 à 7, séparément par groupe de taille et pour l'ensemble des crevettes. Noter les échelles différentes pour les crevettes plus petites que 18 mm, qui ne sont pas retenues à 100% par le chalut. Les stations étaient généralement bien réparties dans l'ensemble du Golfe à chaque année, lorsque toutes les stations de jour et de nuit sont considérées. Cependant, lorsque seules les stations de jour sont considérées, comme c'est le cas dans cette étude, on note des ilots moins bien échantillonnés de jour, comme par exemple à l'ouest de la zone 1 en 1993 (Figs. 1 et 2). L'inverse est également vrai pour les stations de nuit. Pour un même voisinage, les biomasses de nuit ont tendance à être plus faibles que celles de jour, mais ce rapport présente une variabilité notable cependant. A l'échelle du Golfe (Tableau 2), les biomasses de nuit sont en moyenne 56% de celles de jour, toutes tailles confondues. Le rapport de biomasse nuit/jour des crevettes plus petites que 23 mm CL (σ surtout) est plus faible et plus variable, alors que celui des crevettes plus grandes que 23 mm (φ surtout) est de 80% en moyenne et il est peu variable d'une année à l'autre (CV = 6%).

Cartographie et estimation

L'aire de répartition générale de la biomasse de l'ensemble des crevettes dans le Golfe a peu varié de 1990 à 1993; mais la biomasse a connu une diminution marquée (1/3) du niveau d'abondance après 1991, pour atteindre un minimum en 1993 dans chaque zone (Figs. 7 et 12, Tableau 3). Localement dans chaque zone, on note que la biomasse était concentrée dans les régions les plus au nord en 1990 et 1991 alors que ces régions sont devenues les plus pauvres après 1991, notamment dans la zone de Sept-Iles (zone 1).

Par groupe de taille, on note que ce sont presque toujours les mêmes régions qui fournissent les crevettes pré-recrues de très petites taille, < 14 mm CL: les têtes des chenaux Esquiman et Anticosti et la région à l'ouest du détroit de Jacques-Cartier (Fig. 8). Ces crevettes sont mal échantillonnées par le chalut et par la répartition des stations à de grandes profondeurs, mais on peut noter que la biomasse estimée pour tout le Golfe était maximale en 1992 et minimale en 1993 (Fig. 13, Tableau 4).

Pour les pré-recrues de 14-18 mm CL, c'est également ces mêmes régions de profondeur intermédiaire, à la tête des chenaux et à l'ouest du détroit de Jacques-Cartier, qui sont les plus riches (Fig. 9). La biomasse estimée pour tout le Golfe est en croissance constante depuis 1990, alors qu'elle n'était que 56% de la biomasse de 1993 (Fig. 14, Tableau 5).

Les jeunes recrues mâles de 18-23 mm CL sont le groupe de tailles qui présente la plus grande variabilité spatiale, les foyers de concentrations changeant considérablement de lieu d'une année à l'autre de même que l'abondance par zone (Figs. 10 et 15, Tableau 6). Pour l'ensemble du Golfe, on note clairement la chute de 50% du niveau d'abondance après 1991 (Tableau 6).

Les femelles adultes de plus de 23 mm CL ont un patron de répartition qui est marqué par une diminution d'abondance se propageant d'est en ouest dans le Golfe à partir de 1991 (Fig. 11 et 16, Tableau 7). Les foyers de concentration dans l'ouest du Golfe se déplacent considérablement d'une année à l'autre. L'année 1993 est un minimum dans la série (Tableau 7).

Relation avec la température démersale

La température démersale correspondant aux relevés de biomasse décrits ici a été cartographiée par Simard et Benoit (1994). Le graphique de la proportion de la surface de fond qui est baignée par différentes classes de température est présenté à la Fig. 17. Environ 80% des fonds se trouvent à des températures variant entre 2 et 5 °C. De faibles changements surviennent d'une année à l'autre mais ils sont généralement non significatifs ou liés à des phénomènes locaux, très variables, ou à des phénomènes régionaux de faible amplitude (Simard et Benoit 1994). Lorsque placée sur ce même graphique de proportion cumulée de température, la proportion de biomasse de crevettes indiquera: 1) une répartition indépendante de la température si elle suit une courbe de température, 2) une répartition préférant les eaux les plus froides si elle est à gauche de la courbe température et 3) inversement si elle est à droite. Pour chaque année, les crevettes de toutes les tailles sont réparties sur toute l'étendue des classes de température disponibles et rien n'indique d'éventuels évitements de certaines températures (Figs. 18-21). On note une répartition des pré-recrues (10-18 mm CL) préférentielle pour les fonds où la température est froide (Figs. 18-21), tel que prévu par suite de leur préférence pour les faibles profondeurs (Figs. 8 et 9). Par ailleurs, les crevettes > 18 mm CL ont une répartition qui suit environ celle de la température, les plus jeunes de ce groupe de tailles étant faiblement plus concentrées aux températures intermédiaires alors que les plus vieilles seraient un peu moins bien représentées aux températures froides. En conclusion, la répartition des crevettes avec la température dans le Golfe ne déroge pas d'un modèle où les crevettes sont d'abord préférentiellement réparties en fonction de la profondeur, les plus jeunes aux faibles profondeurs et les plus vieilles aux plus grandes profondeurs, avec un bon niveau de variabilité permettant à chaque groupe de tailles d'occuper tout l'habitat. Il est intéressant de noter cependant que comme la variabilité est grande, la température de croissance pour une crevette d'un même groupe de tailles peut facilement varier de 3°C. Ceci a des conséquences sur la production du stock, ainsi que sur le problème de chevauchement des classes d'âge dans les distributions de fréquences de tailles (Simard and Savard 1990) et l'extraction des

nombres à l'âge pour l'étude de la dynamique des populations. Les courbes cumulées par groupe de tailles indiquent également qu'un changement de comportement survient autour de la taille de 18 mm CL, alors que ces crevettes sont de jeunes mâles matures.

DISCUSSION

Abondance et variabilité spatiale

La biomasse de crevette nordique du Golfe du Saint-Laurent mesurée lors des relevés annuels du MPO de 1990 à 1993 a atteint un maximum de 66 kt en 1991 et elle a diminué par la suite jusqu'à 39 kt en 1993. Cette chute est due à une diminution d'abondance des cohortes exploitées, principalement dans les zones d'Esquiman et de Sept-Iles, les captures étant demeurées au même niveau au cours de cette période (Savard et al. 1993). Les fortes classes d'âges exploitées en 1990 et 1991 ont été suivies d'un très faible recrutement en 1992. Ce phénomène s'est manifesté dans tout le Golfe en même temps. Ceci pointe donc vers une cause commune à toutes les zones et favorise l'hypothèse d'un système unique pour tout le Golfe, où toutes les zones sont interreliées, tel que proposé dans nos analyses précédentes (Simard and Benoit 1992). La relation avec la température au fond au moment des relevés de biomasse n'a pas changé au cours des années considérées ici et elle n'est vraisemblablement pas en cause dans cette diminution de biomasse. Si le phénomène responsable est survenu au stade larvaire, la classe d'âge dont il est question et qui aurait été pleinement recrutée en 1992 serait née au printemps 1988.

L'accroissement de la biomasse des crevettes de 14-18 mm au cours des dernières années ainsi que celle de la classe d'âge 18-23 mm en 1993, sont des indices permettant d'espérer une augmentation de la biomasse du groupe de taille exploité dans les prochaines années.

Les zones de recrutement de jeunes crevettes, à la tête des chenaux et à l'ouest du détroit de Jacques-Cartier, semblent se maintenir d'année en année. Les mâles de 18-23 mm CL sont le groupe de tailles dont la répartition spatiale est la plus variable d'une année à l'autre et dont le rapport de biomasse nuit/jour est très faible (0.27) par rapport à celui des femelles de 23-30 mm CL (0.80). Ces mâles sont donc très actifs dans leurs migrations verticales nyctémérales dans la colonne d'eau, ce qui pourrait en partie être responsable de leur plus grande variabilité spatiale, découlant de leur transport par les courants. C'est aussi à ce stade que la courbe cumulée de la biomasse par classe de température rejoint celle des femelles, ce qui permet de proposer que la grande activité spatiale des mâles matures soit liée au comportement de reproduction.

La température

La répartition des crevettes par rapport à la température démersale montre que les crevettes d'une même taille peuvent expérimenter des températures de croissance variant facilement de 3°C. L'impact de ce phénomène sur la dynamique des populations est sans doute considérable et il est impérieux d'explorer l'application de modèles de croissance qui tiendront compte de la température *in situ*, de la migration des crevettes dans le gradient de température (Simard and Savard 1990) et de la variabilité de la répartition des cohortes dans ce gradient. Similairement, l'extraction de l'abondance des classes d'âge, par décomposition de la distribution de fréquences de tailles, requiert la sommation régionale d'un ensemble de solutions appliquées à l'échelle locale (Simard et al. en préparation).

Echantillonnage

L'échantillonnage est généralement de bonne qualité mais il serait très avantageux d'en modifier deux aspects. Premièrement, comme les crevettes migrent dans la colonne d'eau pendant la nuit, elles ne sont alors plus disponibles au chalut qui pêche sur le fond. Conséquemment, les captures effectuées la nuit sont beaucoup plus faibles que celles réalisées pendant le jour (Tableau 2), et c'est pour cette raison que seules les données de jour ont été considérées dans ce travail. -- Il serait possible de mettre au point un modèle d'estimation qui permettrait de combiner les données de jour et celles de nuit, mais ce modèle serait plus complexe et aurait, lui aussi, ses faiblesses. -- La conséquence est que certaines régions sont sous-échantillonnées par suite de la progression spatiale régulière de l'échantillonnage. Il faudrait donc remédier à cette situation de façon à répartir, au hasard ou régulièrement, les stations visitées de nuit dans toute la zone d'étude. A l'extrême, la situation actuelle pourrait conduire à des aberrations où les régions riches en crevettes ne seraient visitées que pendant la nuit!

Le deuxième aspect de l'échantillonnage qu'il serait préférable de modifier est le changement de position des stations à chaque année. Pour les fins de la cartographie et de la comparaison de l'organisation spatiale d'une année à l'autre, c'est une source de variabilité indésirable qu'il faudrait éliminer. C'est vrai pour la cartographie de la biomasse comme pour celle de la température démersale (c.f. Simard et Benoit 1994). De plus, pour la cartographie, une grille de stations la plus régulière possible, stratifiée au besoin, est préférable afin d'obtenir un niveau uniforme d'incertitude sur l'ensemble de la carte. Si une répartition aléatoire des stations est requise pour satisfaire d'autres objectifs du programme d'échantillonnage, il serait préférable de choisir une configuration parmi les possibles réalisations du réseau de stations au hasard et de la réutiliser pour les années ultérieures.

REMERCIEMENTS

Nous remercions tous ceux et celles qui ont participé à une étape ou une autre de ce travail, soit en mer soit au laboratoire.

REFERENCES

- Apollonio, S., D.K. Stevenson, and E.E. Dunton. 1986. Effects of temperature on the biology of the northern shrimp, *Pandalus borealis*, in the Gulf of Maine. U.S. Dept. of Commerce, NOAA Tech. Rep. NMFS no. 42, 22 p.
- Barr, L. 1970. Diel vertical migration of *Pandalus borealis* in Kachemak bay, Alaska. J. Fish. Res. Board Can. 27: 669-676.
- Cressie, N.A. 1991. Statistics for spatial data. John Wiley & Sons, Inc. N.Y., 900 p.
- Isaaks, E.H., and R. M. Srivastava. 1989. Applied geostatistics. Oxford Univ. Press, N.Y. 561 p.
- Journel, A.G., and Ch. J. Huijbregts. 1978. Mining geostatistics. Academic Press, N.Y. 600 p.
- Portelance B. et J. Fréchette. 1983. Analyse de l'impact des captures de femelles ovigères dans la population de crevettes (*Pandalus borealis* Kroyer) du golfe du Saint-Laurent par l'estimation des taux instantanés de mortalité. Min. Agr. Pêch. Alimentation, Gouv. Québec, Cah. Information no. 104, 58 p.
- Savard, L., S. Hurtubise et H. Bouchard. 1993. Evaluation des agrégations de crevettes nordiques (*Pandalus borealis*) du nord du golfe du saint-laurent (divisions 4RST de l'OPANO). MPO Doc. Rech. sur les Pêches dans l'Atlantique. 93/20, 41 p.
- Simard, Y., 1991. The northern shrimp biomass in the Sept-Iles region of the Gulf of St. Lawrence during the 1980's: a geostatistical estimation. Comité Sci. Consul. Pêches Can. Atlant. (CSCPCA), Doc. Rech. 91/79, 27p.
- Simard, Y., J. Benoit, M. Desgagnés, L. Savard et S. Hurtubise. 1992. Atlas de la pêche à la crevette nordique (*Pandalus borealis*) dans le golfe du Saint-Laurent 1982-1991: captures, effort, rendement, saison. / Atlas of the northern shrimp (*Pandalus borealis*) fishing in the Gulf of St. Lawrence 1982-1991: catch, effort, yield, season. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1900, 73 p.
- Simard, Y. et J. Benoit. 1994. L'hydroclimat démersal dans le réseau de chenaux du golfe du Saint-Laurent au cours des missions automnales de 1990 à 1993. MPO. Doc. Rech. sur les Pêches dans l'Atlantique 94/ 93, 18p.
- Simard, Y. and J. Benoit. 1992. Geostatistical estimations and maps of the northern shrimp biomass in the gulf of St. Lawrence from 1990 to 1992, by size group and for all sizes together. CAFSAC Res. Doc. 92/96, 26 p.
- Simard, Y., P. Brunel and J. Lacelle. 1990. Distribution and growth of pre-recruit cohorts of the northern shrimp (*Pandalus borealis*) in the western Gulf of St. Lawrence as

- related to hydrographic conditions. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 1526-1533.
- Simard, Y., and D. Marcotte. 1993. Assessing similarity and difference among maps: a study of temporal changes in distribution of northern shrimp (*Pandalus borealis*) in the gulf of St. Lawrence. *In: Soares A. (ed), Geostatistics Troia '92*, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Vol. 2: 865-874.
- Simard, Y., P. Legendre, G. Lavoie et D. Marcotte. 1992. Mapping, estimating biomass, and optimizing sampling programs for spatially autocorrelated data: case study of the northern shrimp (*Pandalus borealis*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 32-45.
- Simard, Y., and L. Savard, 1990. Variability, spatial patterns and scales of similarity in size-frequency distributions of the northern shrimp (*Pandalus borealis*) and its migrations in the Gulf of St. Lawrence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 794-804.

Tableau 1. Caractéristiques de l'échantillonnage lors des relevés de crevette nordique de 1990 à 1993 dans le golfe du Saint-Laurent.

ANNEE	DATES	NAVIRE	Chalut	NO. STATIONS	
				JOUR hne: 05:00-21:00	NUIT hne: 21:00-05:00
1990	21/08-09/09	FRV/Alfred-Needler (50 m)	URI 81-114	130	61
1991	25/08-16/09	FRV/Alfred-Needler (50 m)	URI 81-114	162	88
1992	11/08-01/09	FRV/Alfred-Needler (50 m)	URI 81-114	161	78
1993	18/08-08/09	FRV/Alfred-Needler (50 m)	URI 81-114	141	82

Tableau 2. Biomasse moyenne de crevette nordique (kg/km²) récoltée aux stations échantillonnées de jour et de nuit, par groupe de tailles de 1990 à 1993. Ligne 2 = coefficient de variation (%); ligne 3 = nombre d'observations.

An	Toutes tailles			10-14 mm CL			14-18 mm CL			18-23 mm CL			23-30 mm CL		
	jour	nuir	<u>nuir</u> jour	jour	nuir	<u>nuir</u> jour	jour	nuir	<u>nuir</u> jour	jour	nuir	<u>nuir</u> jour	jour	nuir	<u>nuir</u> jour
1990	695 163 130	390 183 61	0.56	3.2 390 123	0.4 525 54	0.1 3 3	42 311 123	13 523 54	0.31	268 198 123	88 295 54	0.33	419 156 123	336 141 54	0.80
1991	698 204 162	393 147 88	0.56	2.3 3.7 148	1.2 516 79	0.5 2 2	48 366 148	4 325 79	0.08	250 204 148	42 202 79	0.17	456 200 148	356 140 79	0.78
1992	386 176 161	245 176 78	0.63	2.8 542 154	3.9 443 76	1.1 8 8	36 283 154	12 250 76	0.33	86 212 154	29 328 76	0.34	275 181 154	205 167 76	0.75
1993	350 169 141	176 198 82	0.50	1.6 618 138	0.8 437 81	0.5 0 0	64 292 138	13 261 81	0.20	135 194 138	30 287 81	0.22	152 158 138	131 216 81	0.86
Moyenne			0.56 9 4			0.5 8 75 4			0.23 50 4			0.27 31 4			0.80 6 4

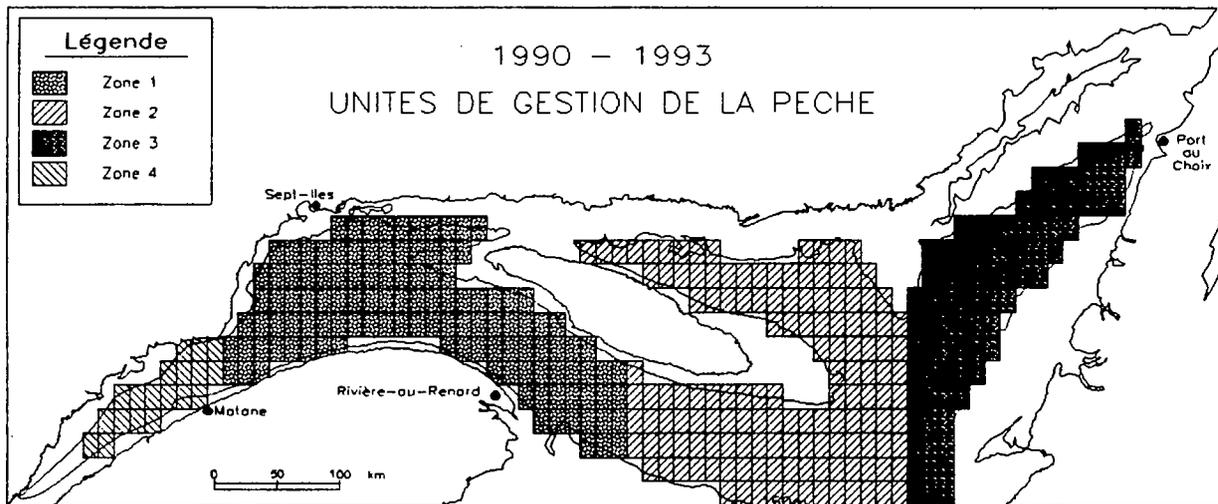


Figure 1. Carte des unités de gestion de la pêche à la crevette nordique présentant la grille d'interpolation dont la maille est celle des journaux de bord des chalutiers.

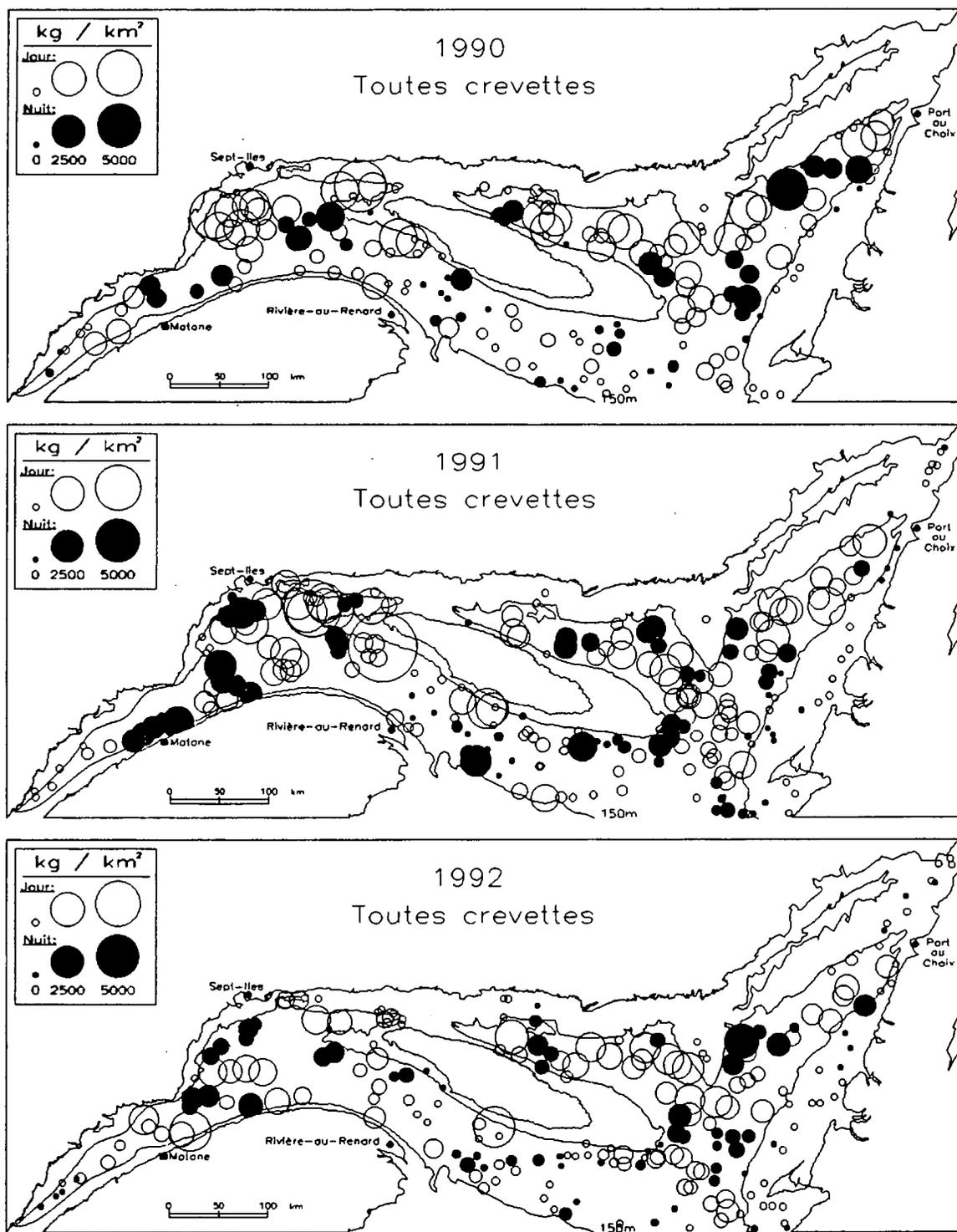


Figure 2. Captures de crevettes de toutes tailles récoltées aux stations le jour et la nuit. La taille des cercles est proportionnelle à la racine carrée.

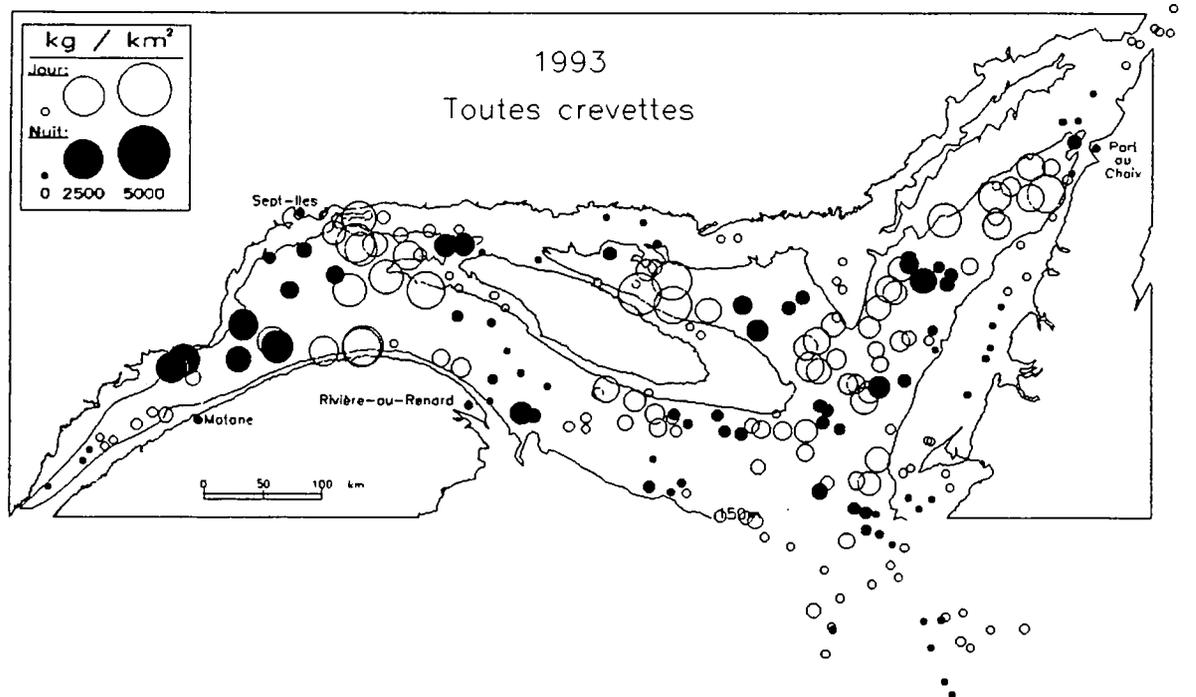


Figure 2. Suite.

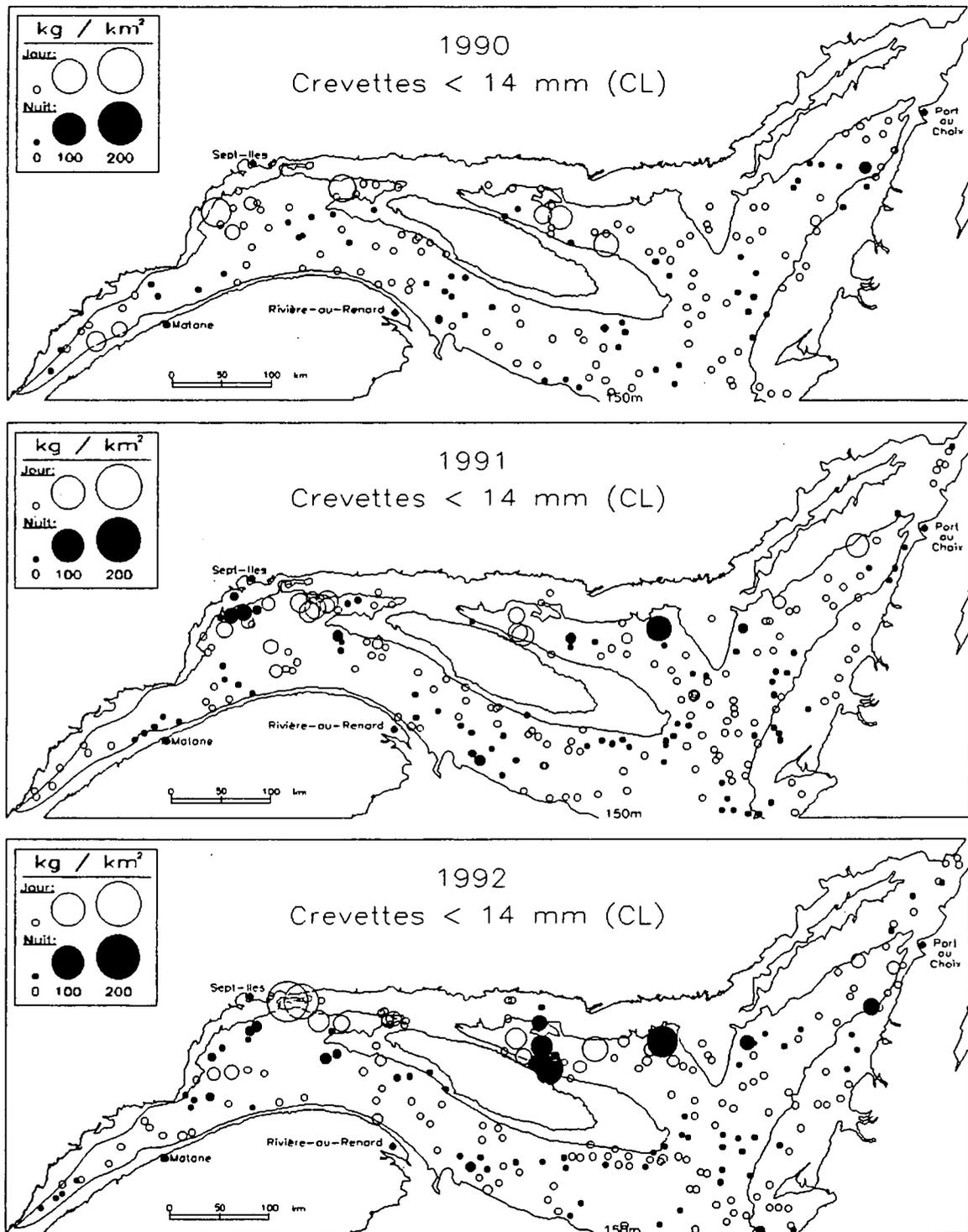


Figure 3. Captures de crevettes < 14 mm (CL) récoltées aux stations le jour et la nuit. La taille des cercles est proportionnelle à la racine carrée.

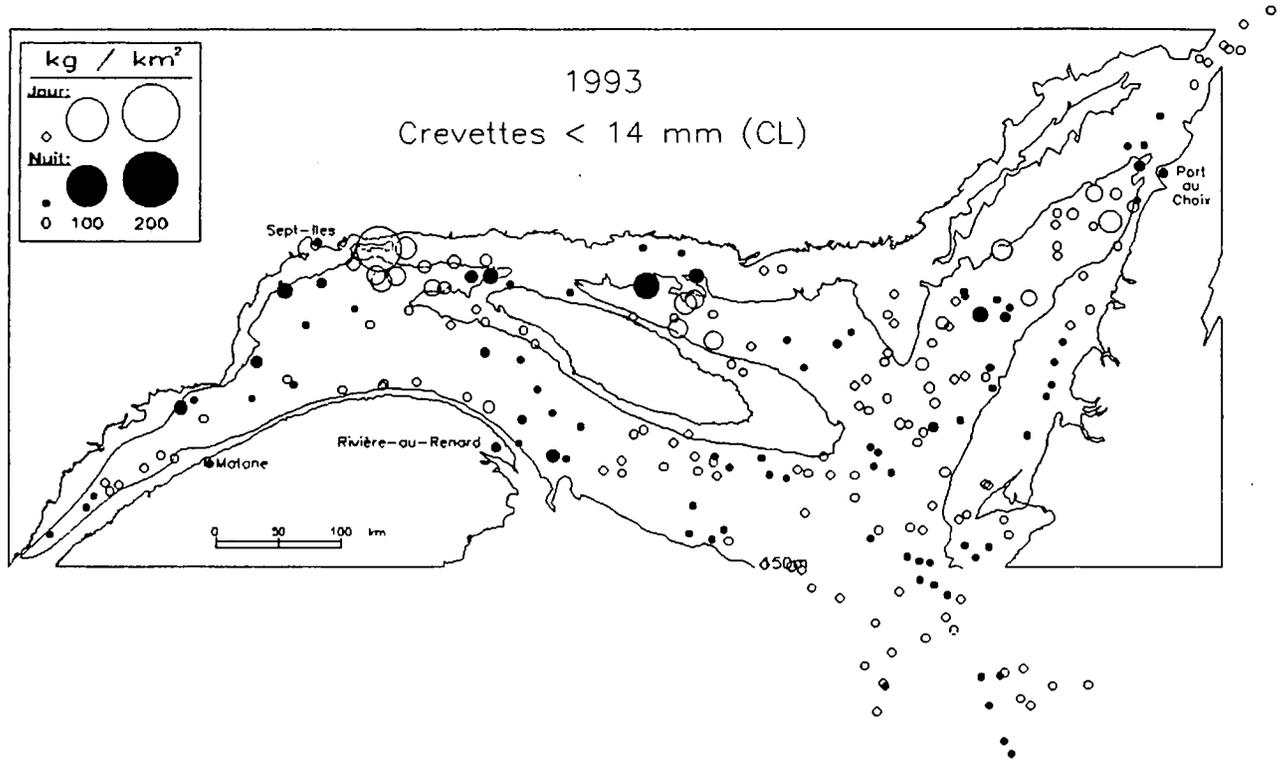


Figure 3. Suite.

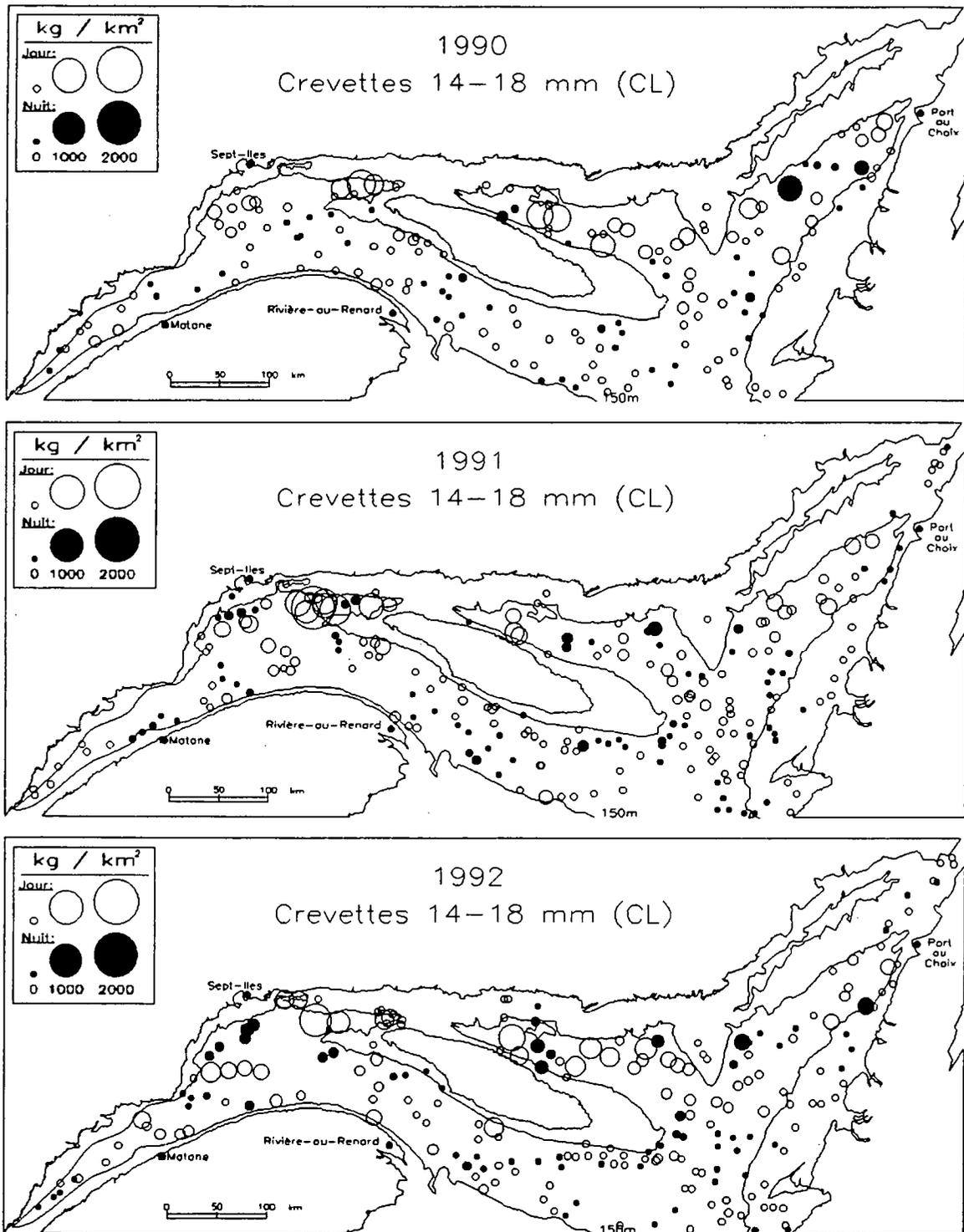


Figure 4. Captures de crevettes de 14–18 mm (CL) récoltées aux stations le jour et la nuit. La taille des cercles est proportionnelle à la racine carrée.

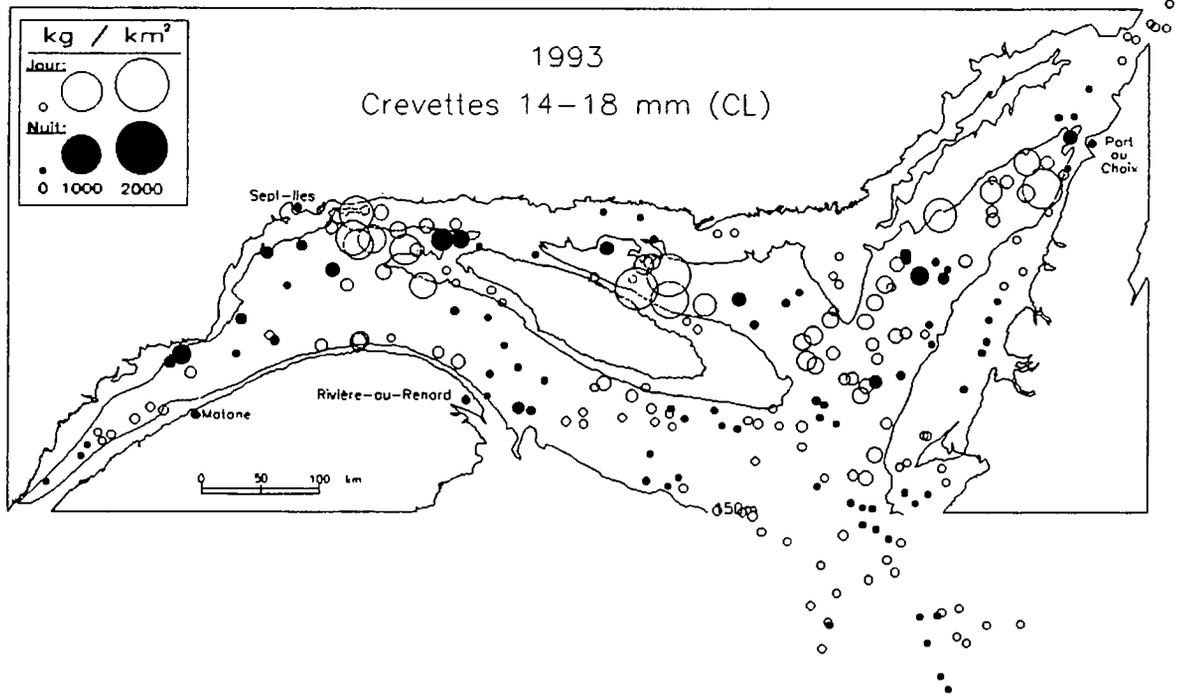


Figure 4. Suite.

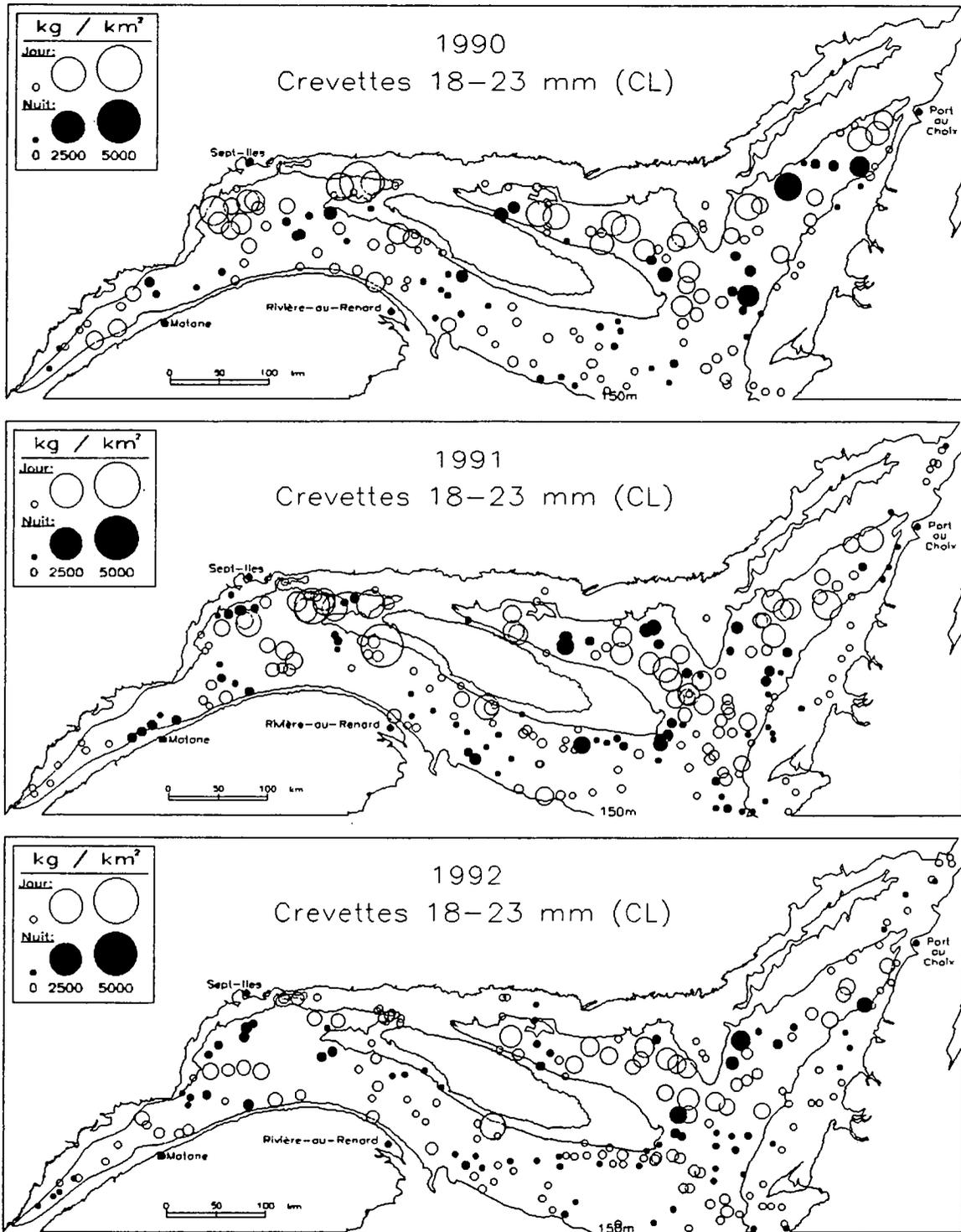


Figure 5. Captures de crevettes de 18–23 mm (CL) récoltées aux stations le jour et la nuit. La taille des cercles est proportionnelle à la racine carrée.

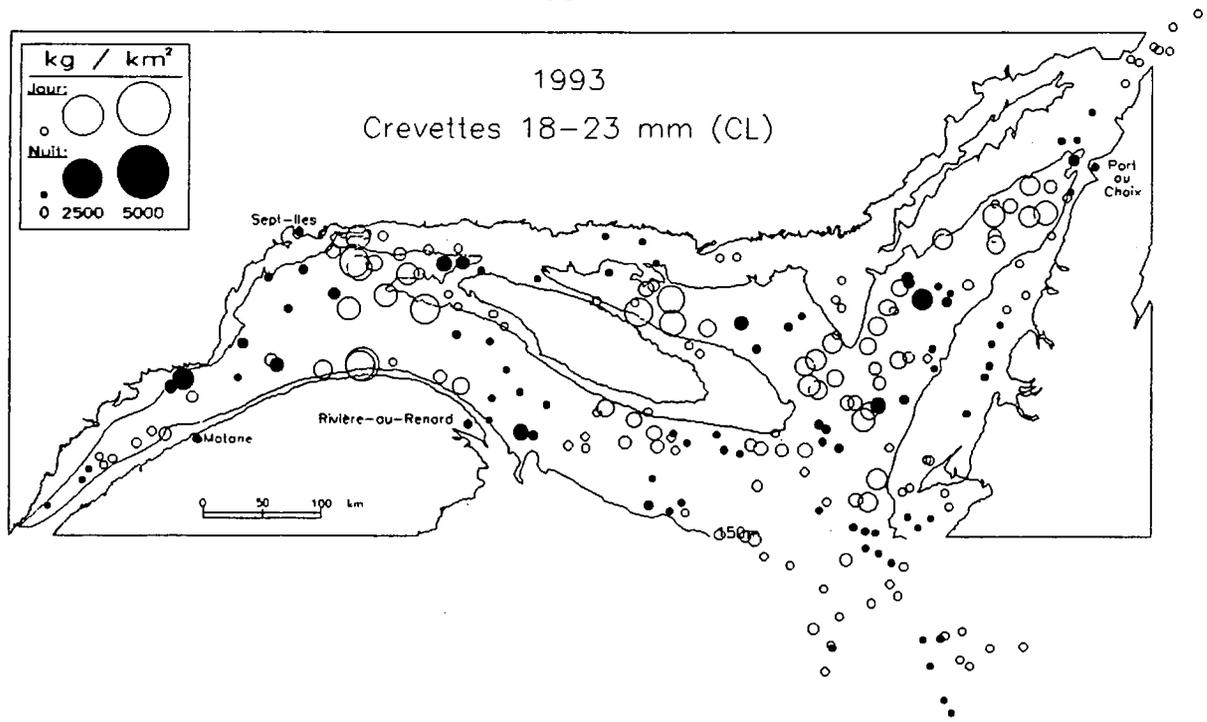


Figure 5. Suite.

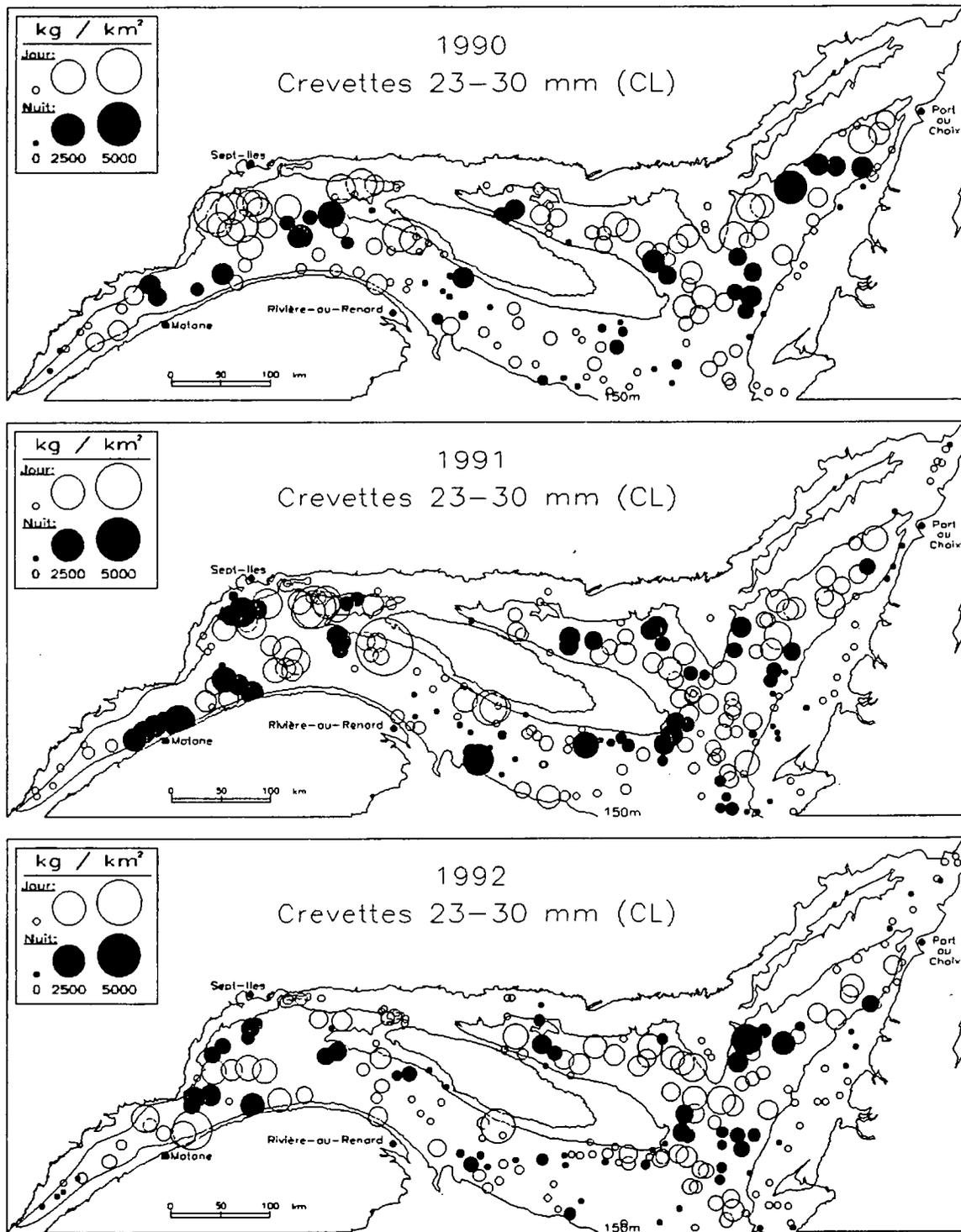


Figure 6. Captures de crevettes de 23–30 mm (CL) récoltées aux stations le jour et la nuit. La taille des cercles est proportionnelle à la racine carrée.

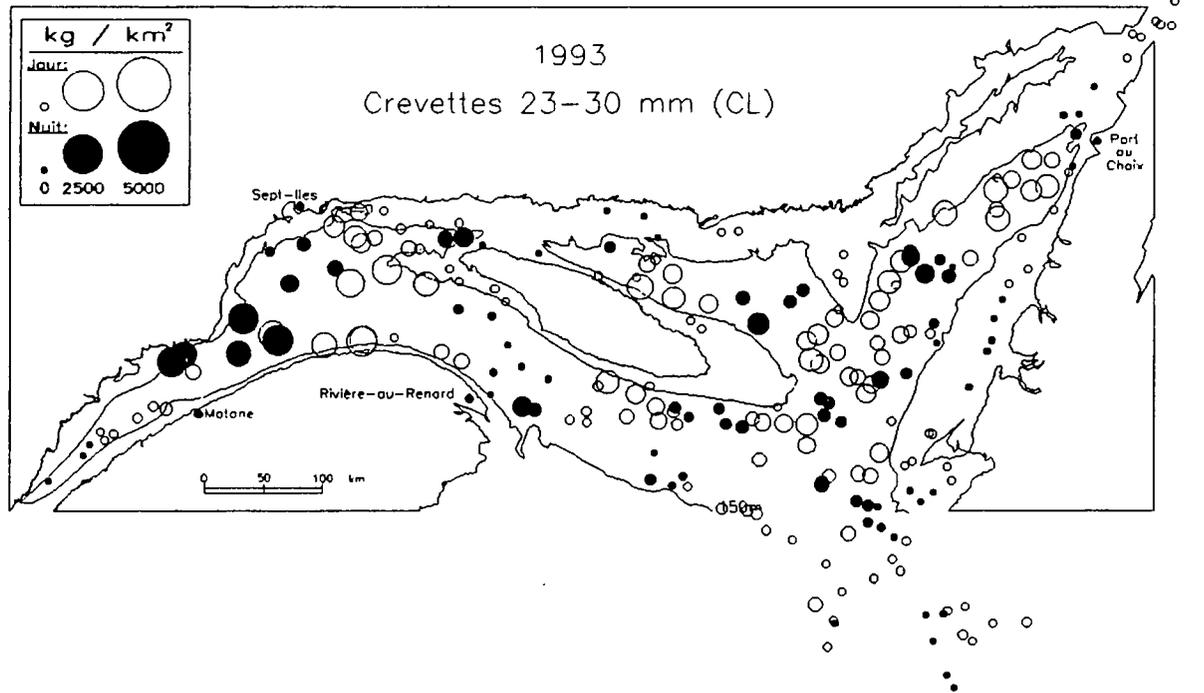


Figure 6. Suite.

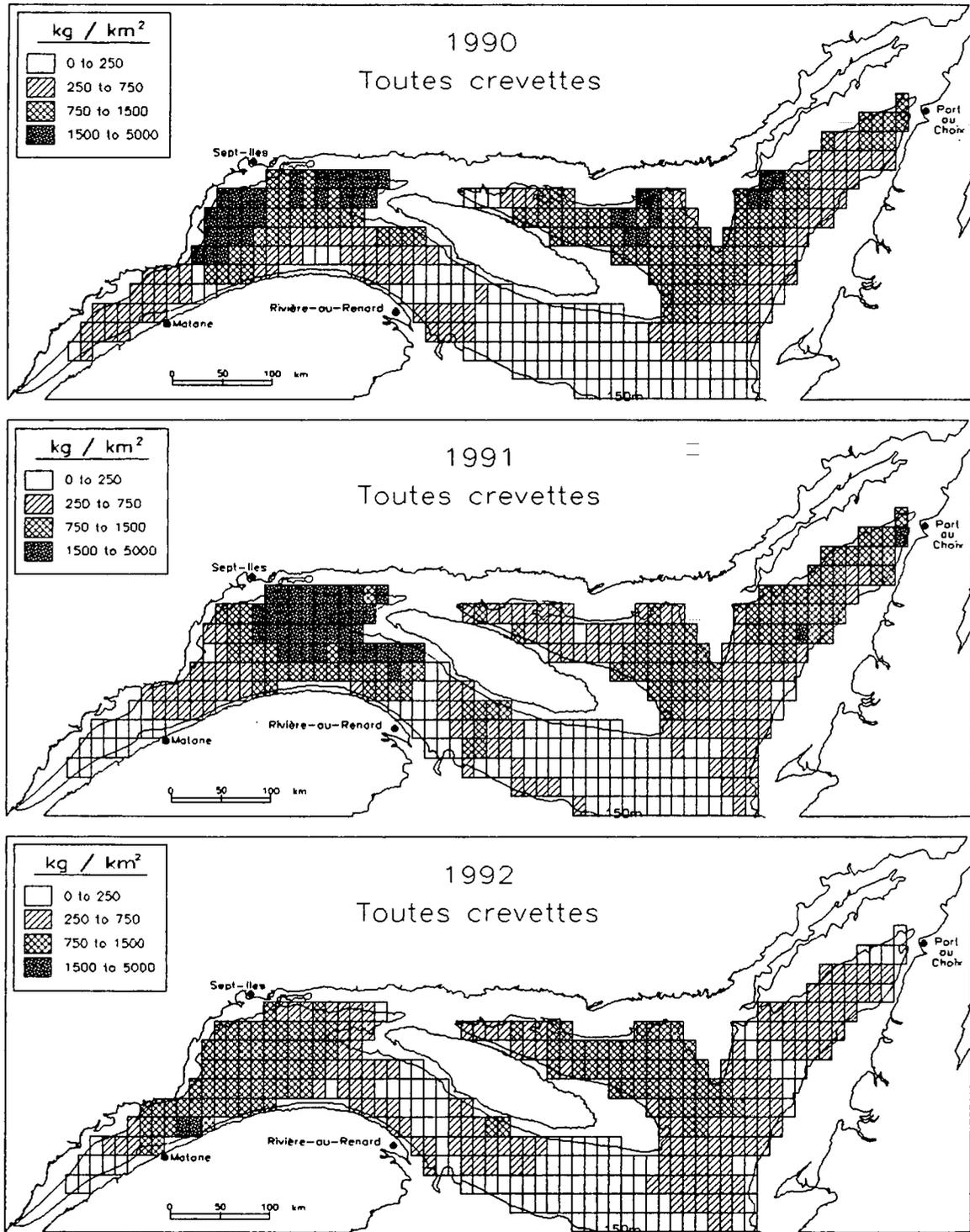


Figure 7. Cartes de la biomasse des crevettes de toutes tailles estimée par krigeage par bloc.

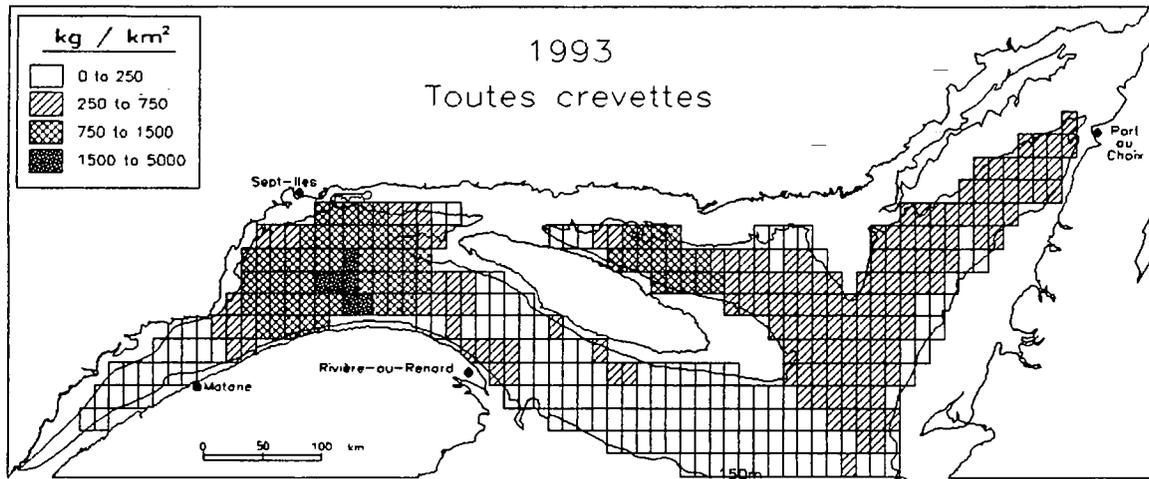


Figure 7. Suite.

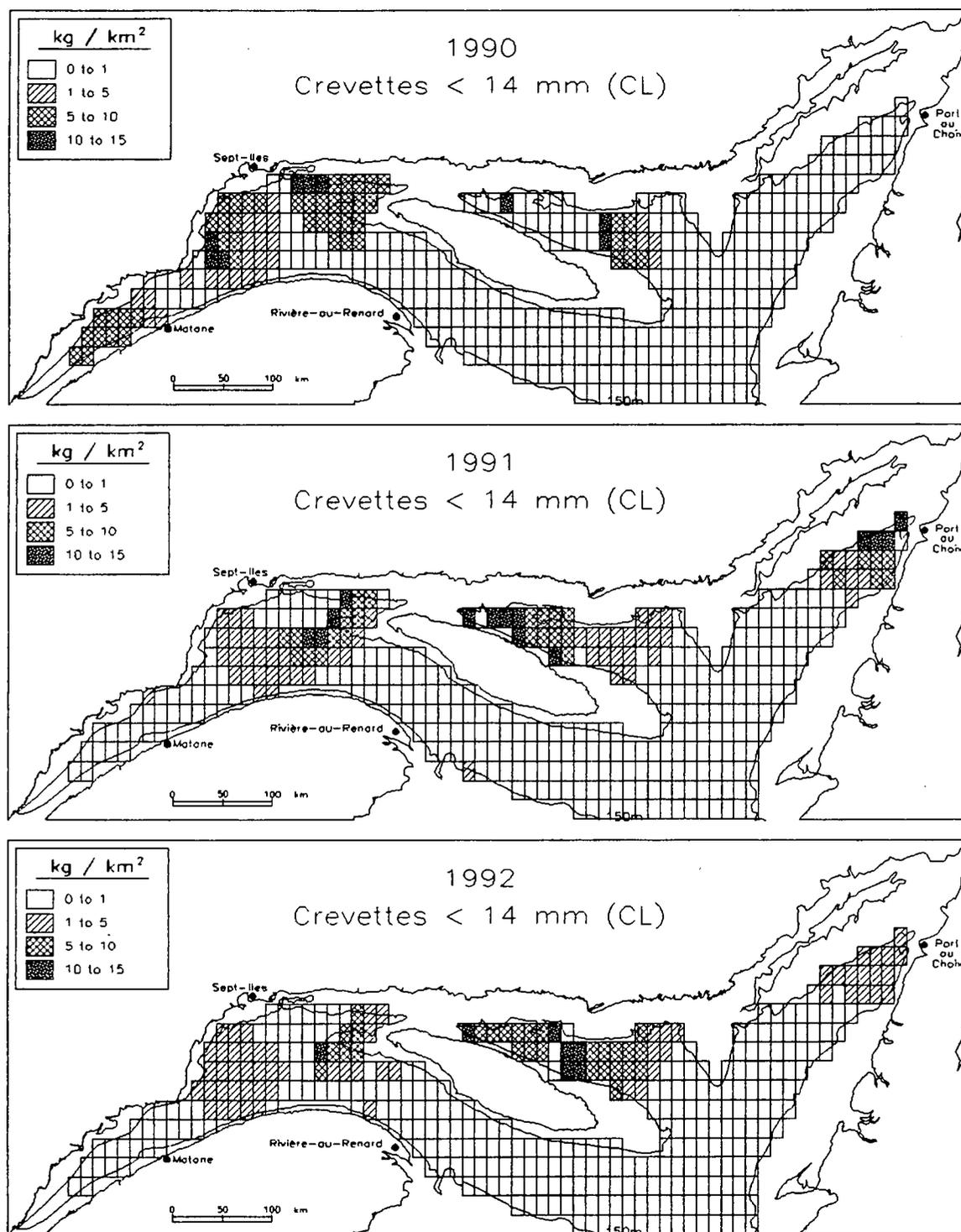


Figure 8. Cartes de la biomasse des crevettes < 14 mm (CL) estimée par krigeage par bloc.

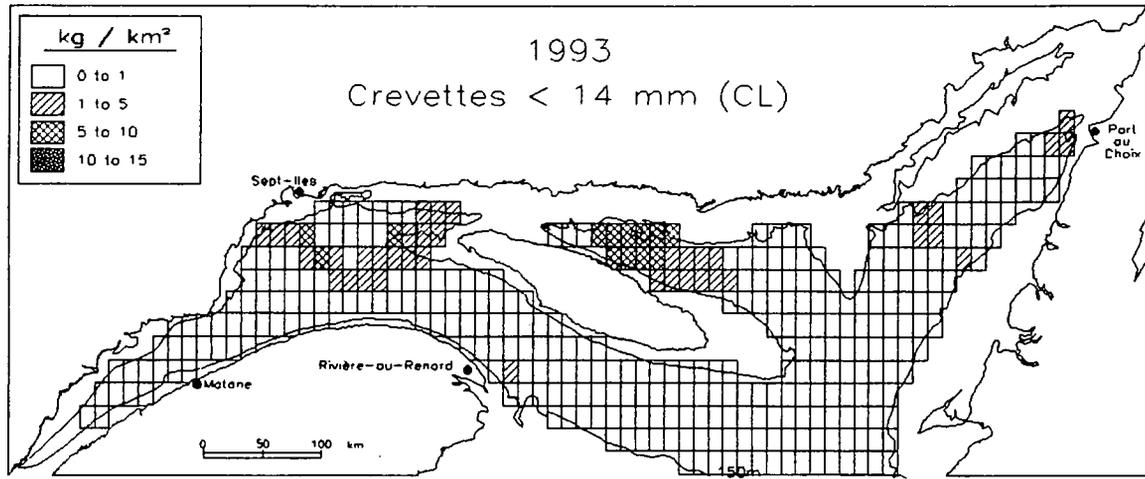


Figure 8. Suite.

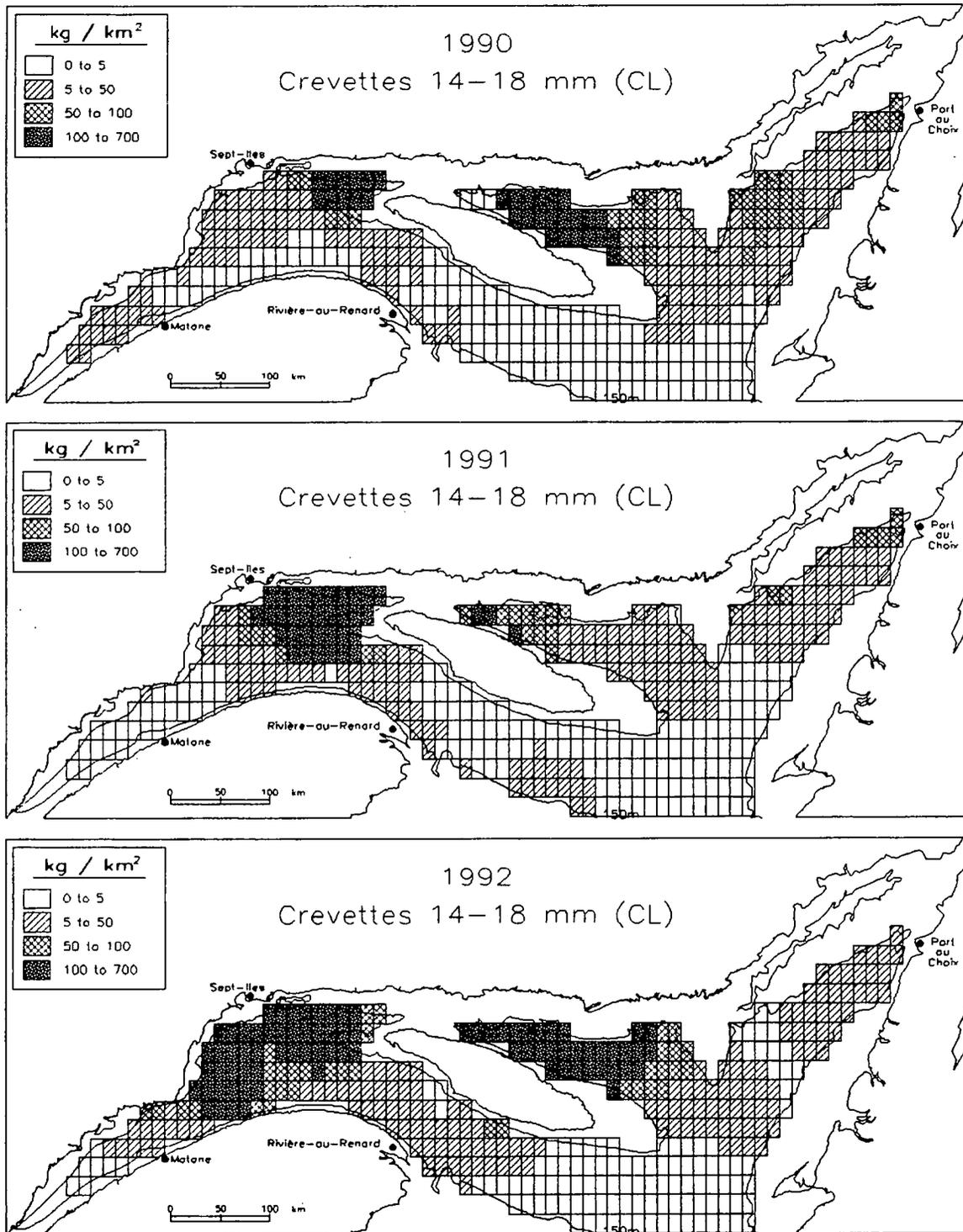


Figure 9. Cartes de la biomasse des crevettes de 14-18 mm (CL) estimée par krigeage par bloc.

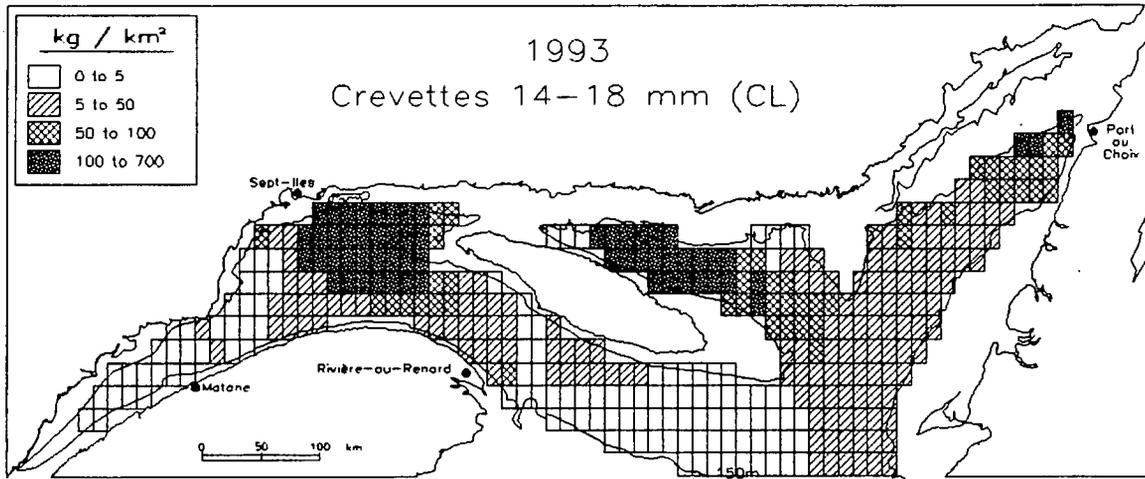


Figure 9. Suite.

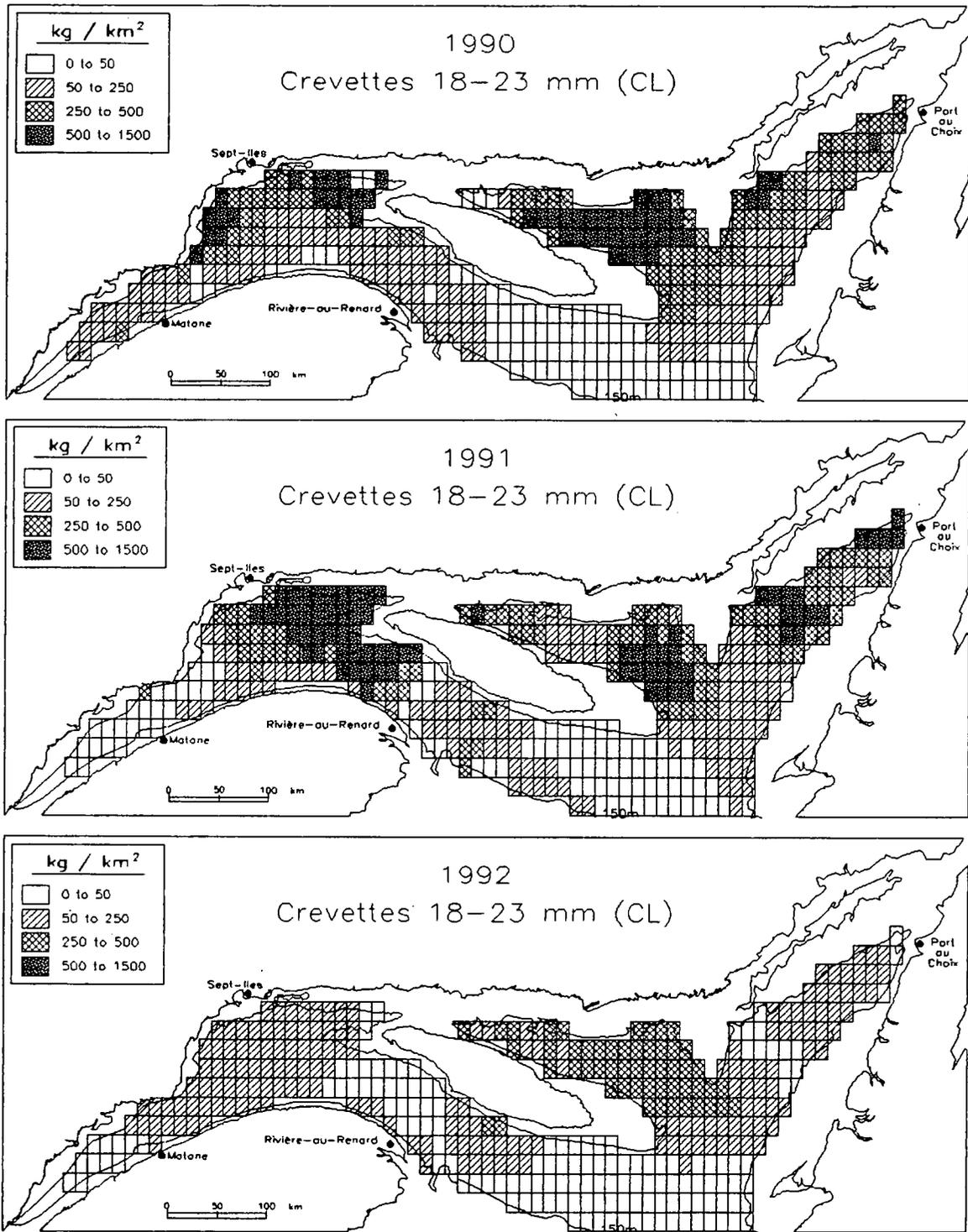


Figure 10. Cartes de la biomasse des crevettes de 18-23 mm (CL) estimée par krigeage par bloc.

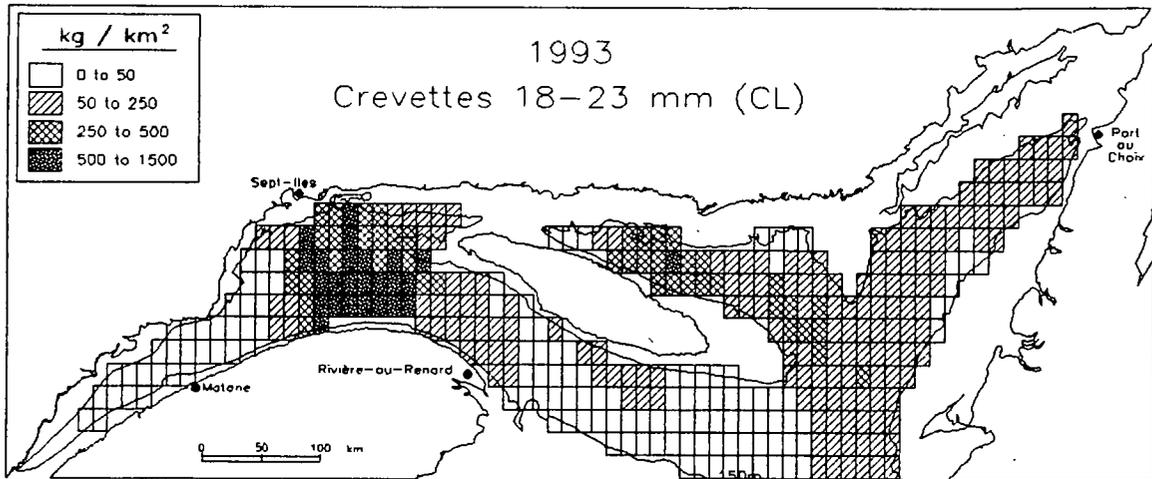


Figure 10. Suite.

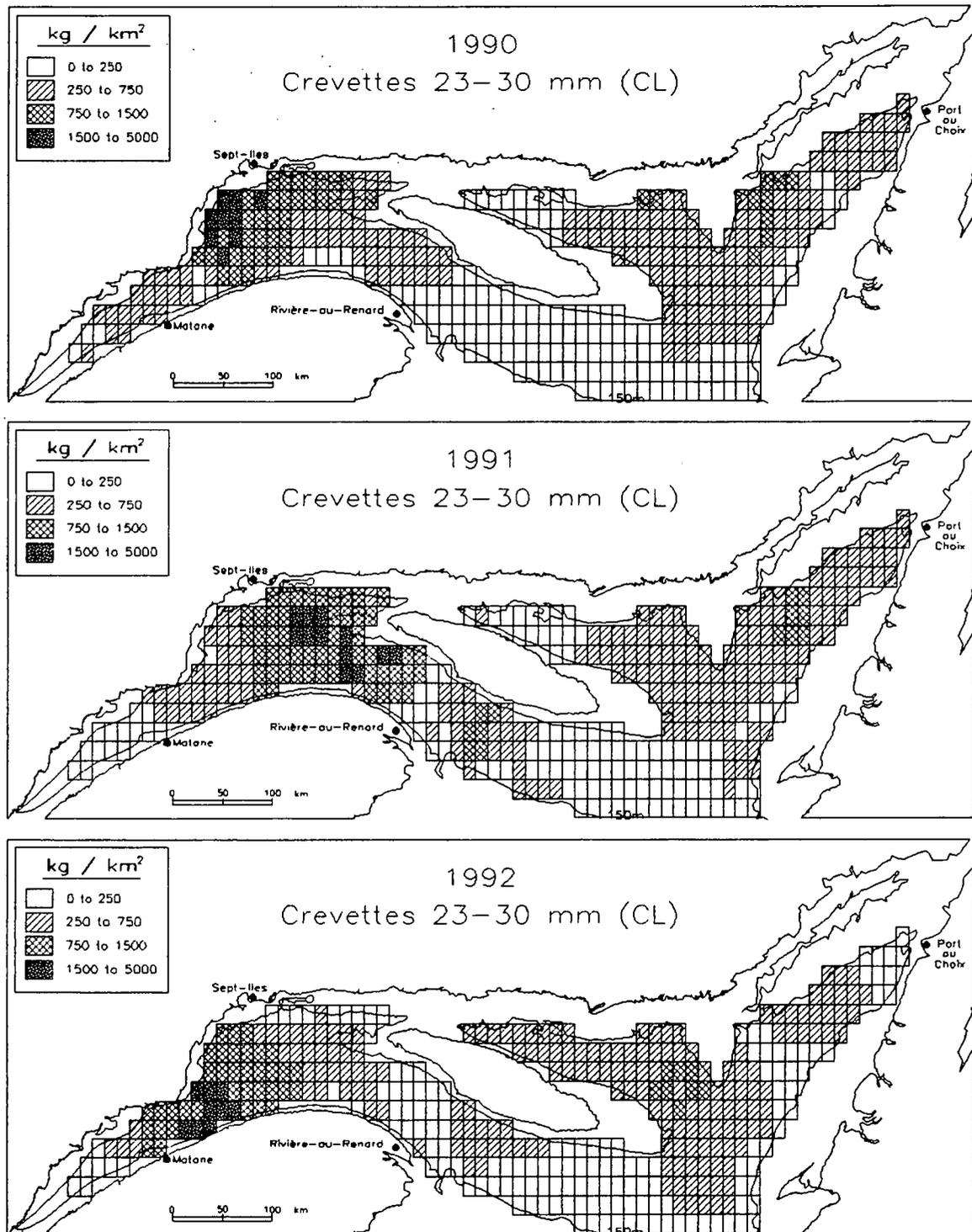


Figure 11. Cartes de la biomasse des crevettes de 23-30 mm (CL) estimée par krigeage par bloc.

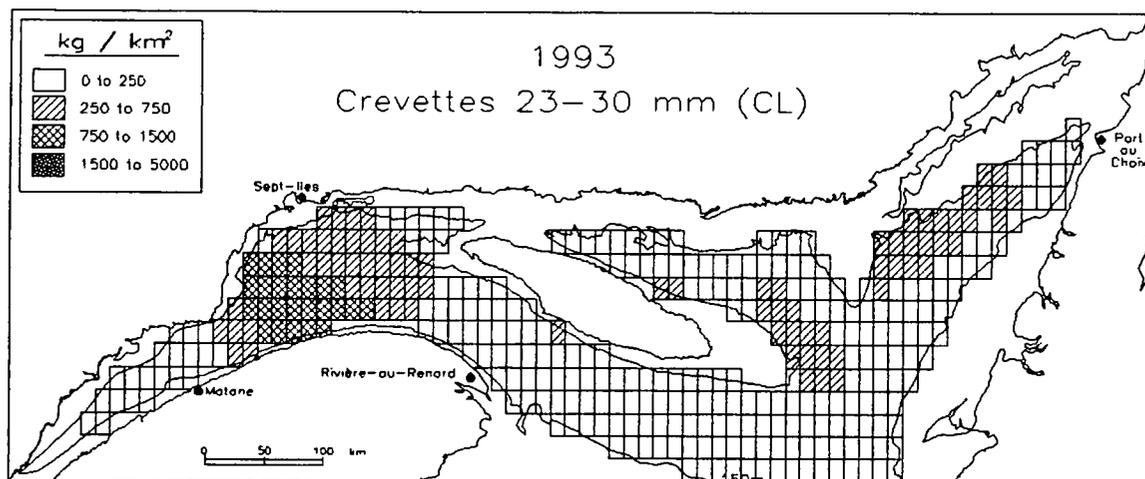


Figure 11. Suite.

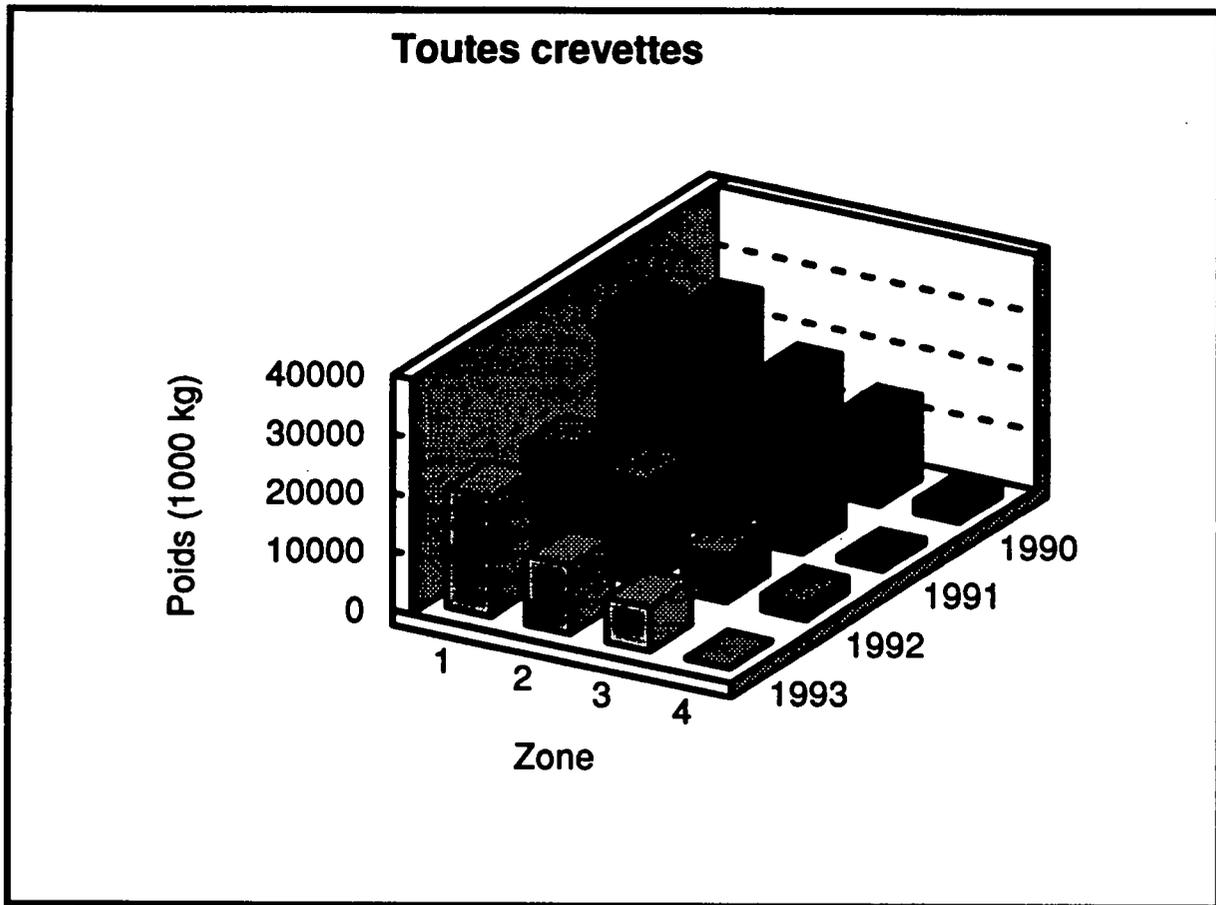


Figure 12. Poids de crevettes de toutes tailles (tonnes) par zone de pêche dans le golfe du Saint-Laurent de 1990 à 1993.

Tableau 3. Poids de crevettes de toutes tailles (tonnes) par zone de pêche dans le golfe du Saint-Laurent de 1990 à 1993.

Année	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Total
1990	26429	18374	14257	2338	61397
1991	34677	14876	15765	1009	66327
1992	19705	17738	7791	2676	47908
1993	20272	11506	7430	279	39486

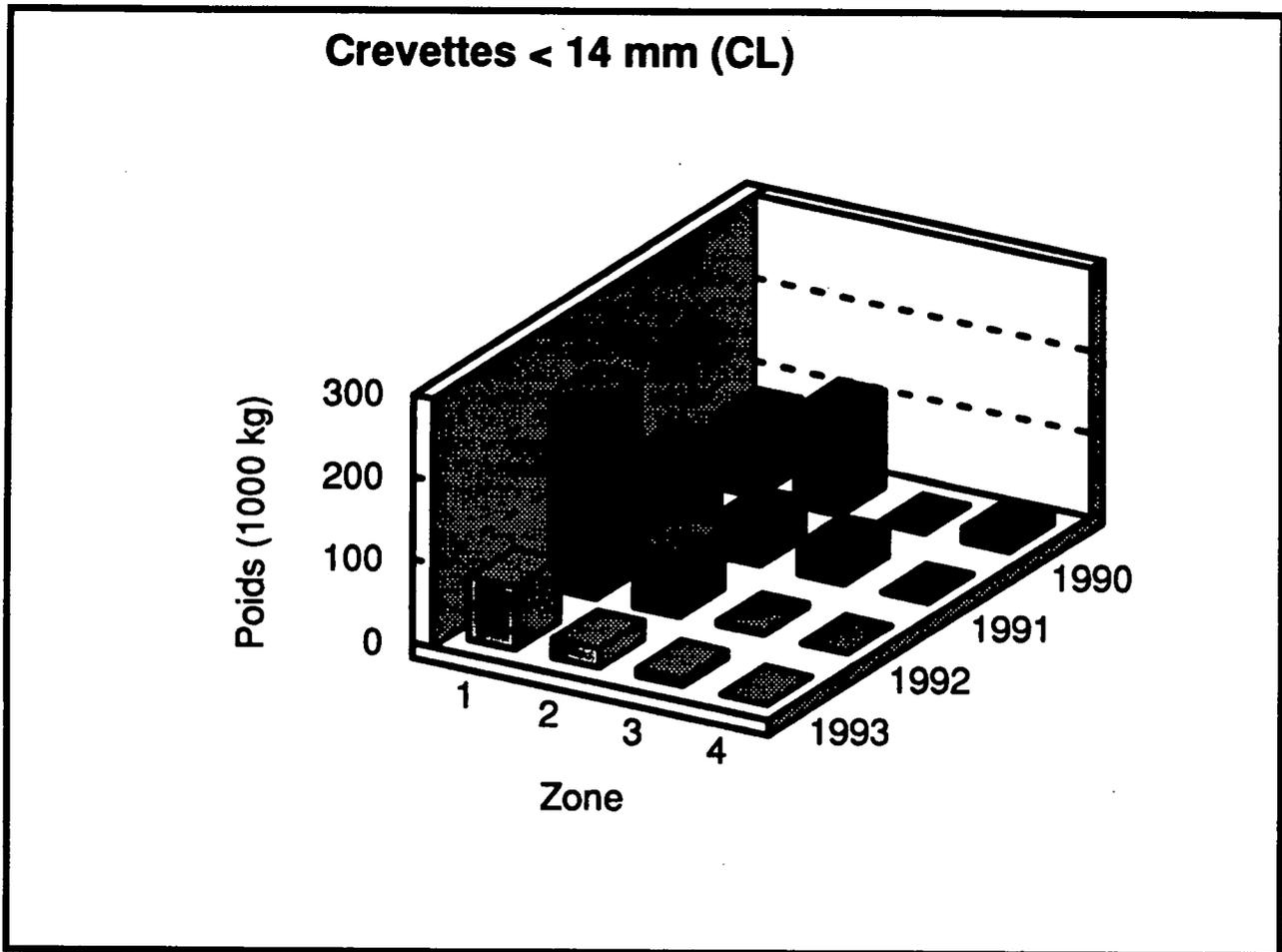


Figure 13. Poids de crevettes de < 14 mm (tonnes) par zone de pêche dans le golfe du Saint-Laurent de 1990 à 1993.

Tableau 4. Poids de crevettes de < 14 mm (tonnes) par zone de pêche dans le golfe du Saint-Laurent de 1990 à 1993.

Année	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Total
1990	85.9	117.4	1.3	18.1	222.7
1991	106.1	48.8	37.3	0.6	192.7
1992	235.7	76.1	4.8	0.4	317.0
1993	76.1	23.5	9.2	0.0	108.8

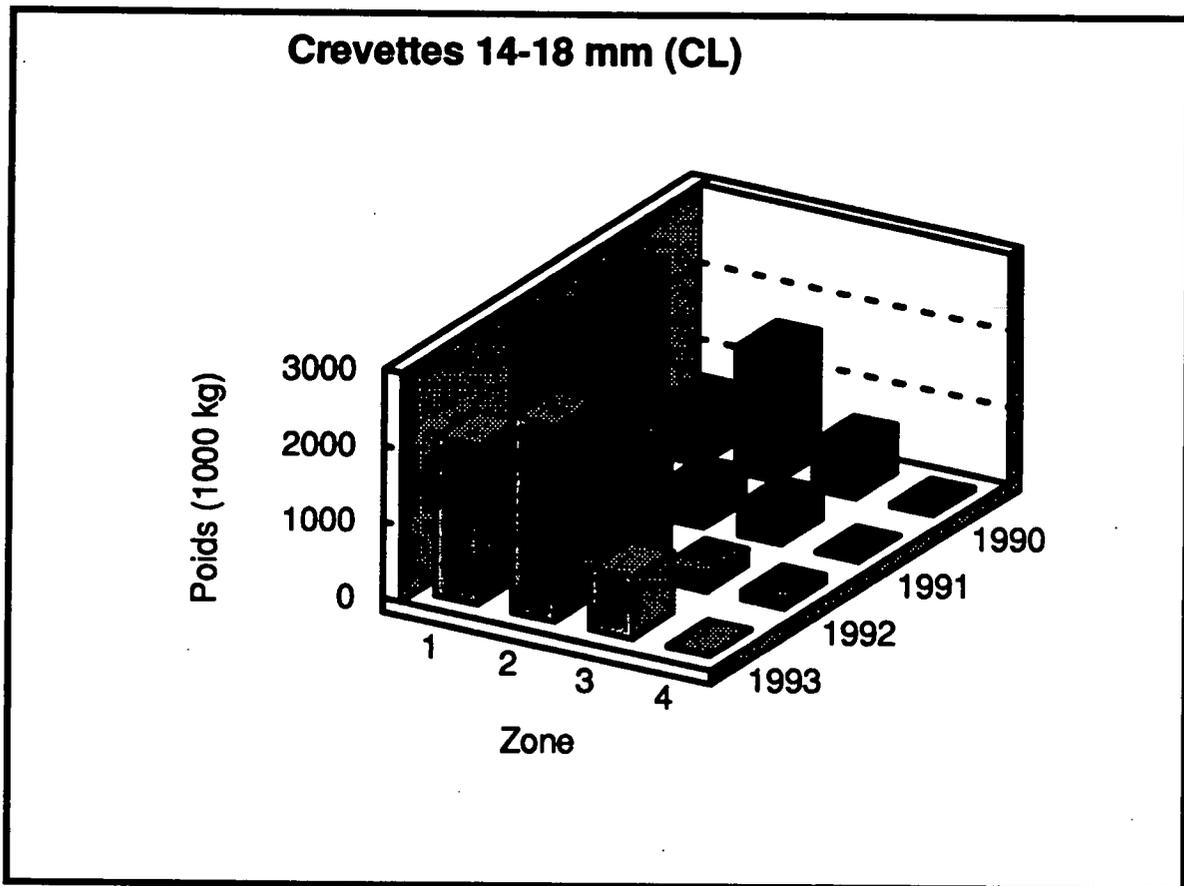


Figure 14. Poids de crevettes de 14-18 mm (tonnes) par zone de pêche dans le golfe du Saint-Laurent de 1990 à 1993.

Tableau 5. Poids de crevettes de 14-18 mm (tonnes) par zone de pêche dans le golfe du Saint-Laurent de 1990 à 1993.

Année	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Total
1990	724	1644	637	32	3036
1991	2952	474	426	13	3864
1992	2969	1658	227	111	4965
1993	2084	2568	800	14	5465

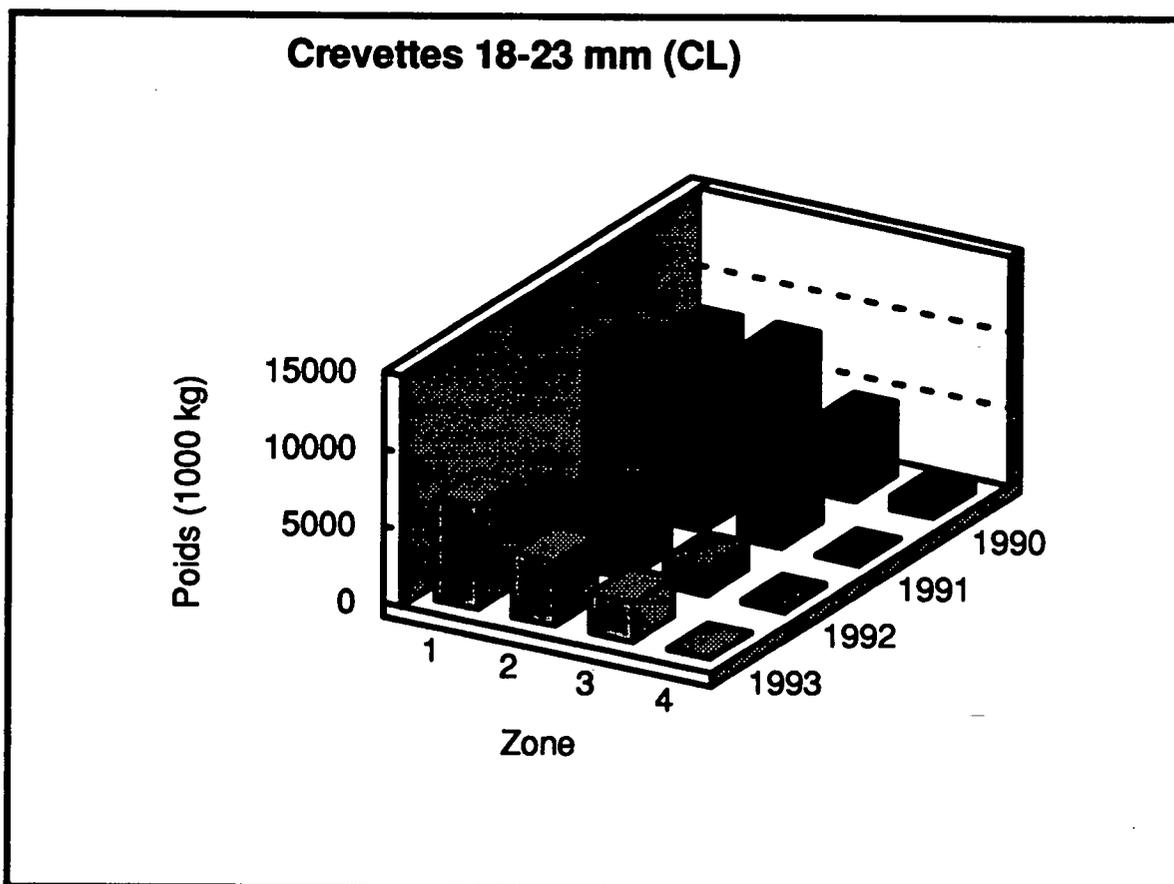


Figure 15. Poids de crevettes de 18-23 mm (tonnes) par zone de pêche dans le golfe du Saint-Laurent de 1990 à 1993.

Tableau 6. Poids de crevettes de 18-23 mm (tonnes) par zone de pêche dans le golfe du Saint-Laurent de 1990 à 1993.

Année	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Total
1990	8170	8200	4764	864	21998
1991	10530	6763	5865	81	23239
1992	3320	5264	1837	167	10588
1993	6722	4151	2592	78	13542

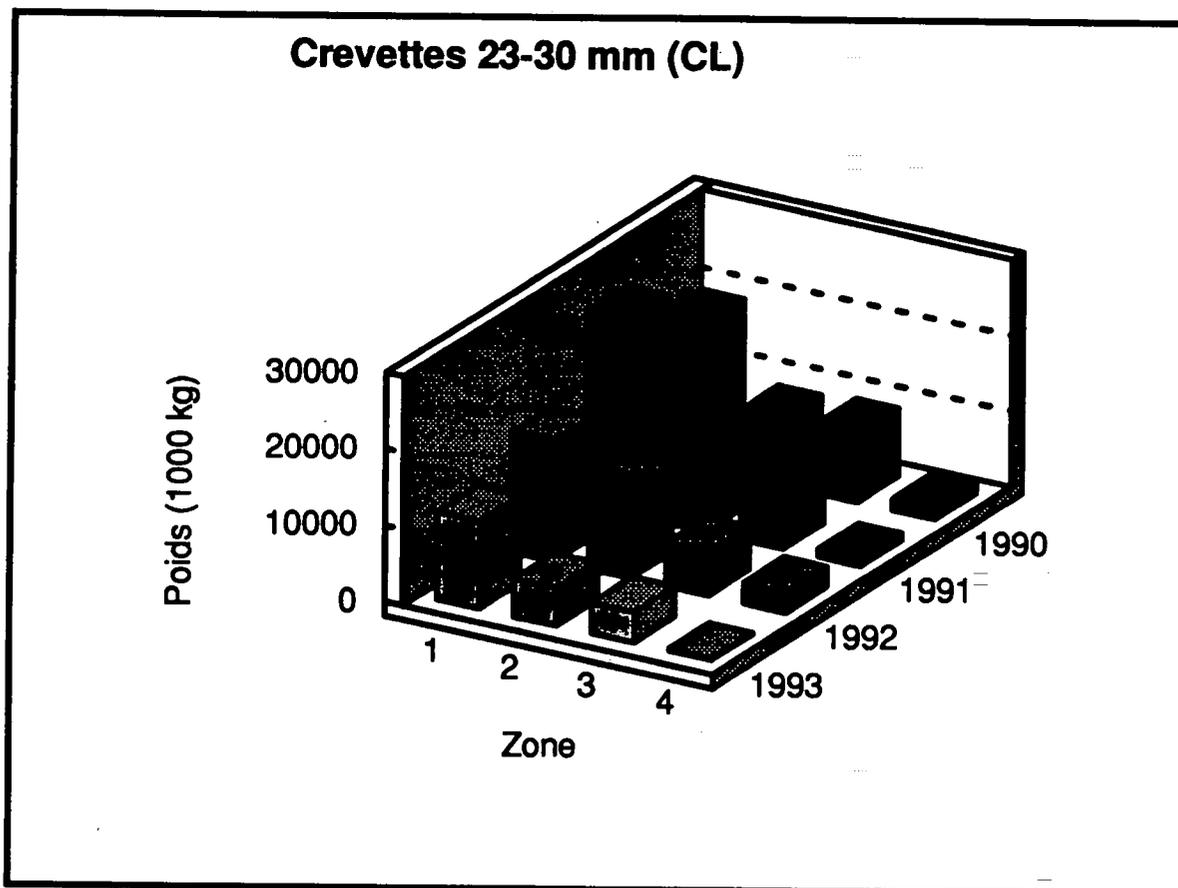


Figure 16. Poids de crevettes de 23-30 mm (tonnes) par zone de pêche dans le golfe du Saint-Laurent de 1990 à 1993.

Tableau 7. Poids de crevettes de 23-30 mm (tonnes) par zone de pêche dans le golfe du Saint-Laurent de 1990 à 1993.

Année	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Total
1990	18920	8483	9024	1426	37854
1991	25520	8462	9387	973	44342
1992	15761	11733	5717	2690	35900
1993	11338	4818	3939	189	20283

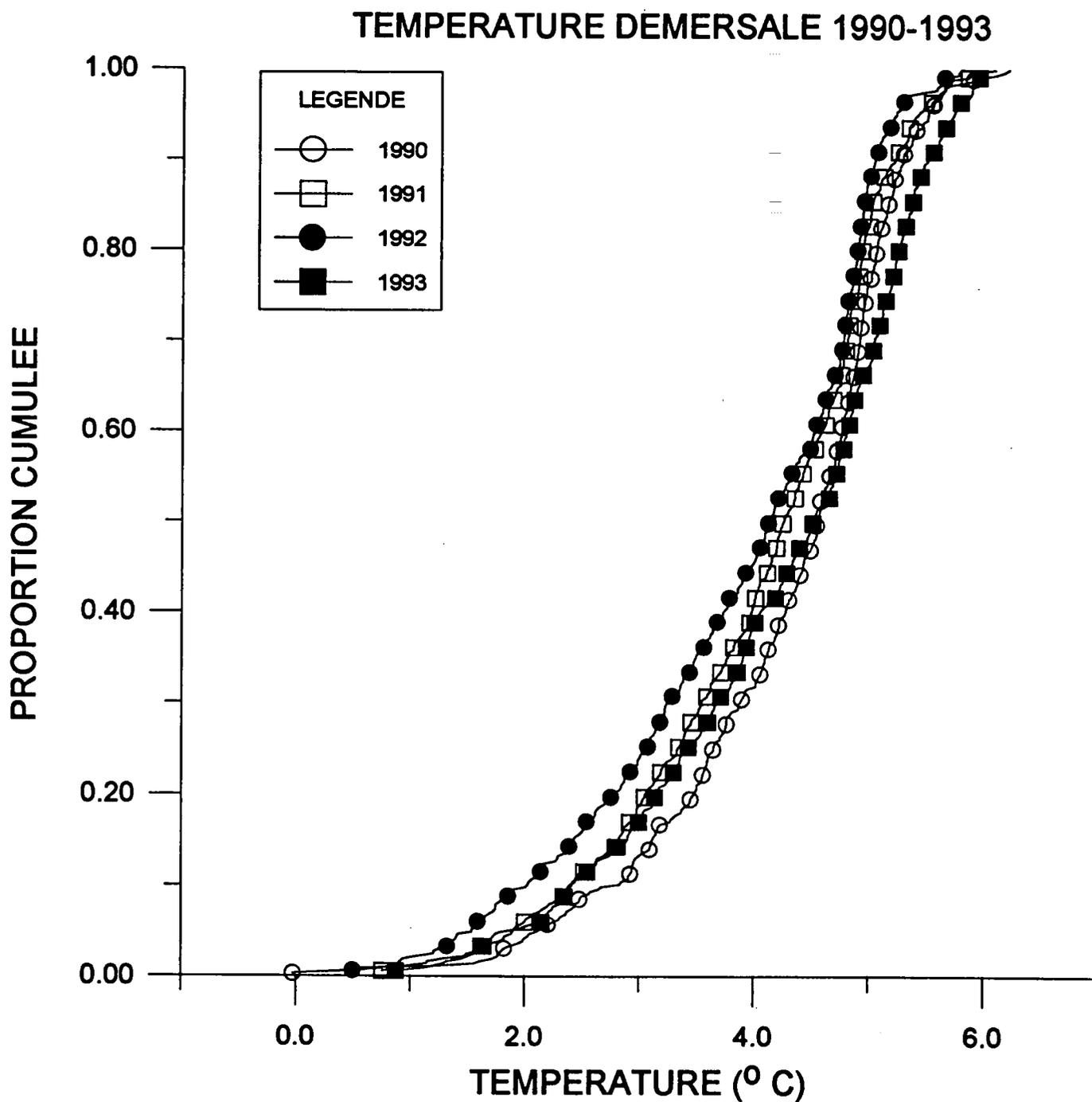


Figure 17. Proportion cumulée de la surface du fond circonscrit à la Fig. 1 en fonction de la température démersale au moment des relevés de biomasse de 1990 à 1993.

CREVETTES VERSUS TEMPERATURE DEMERSALE 1990

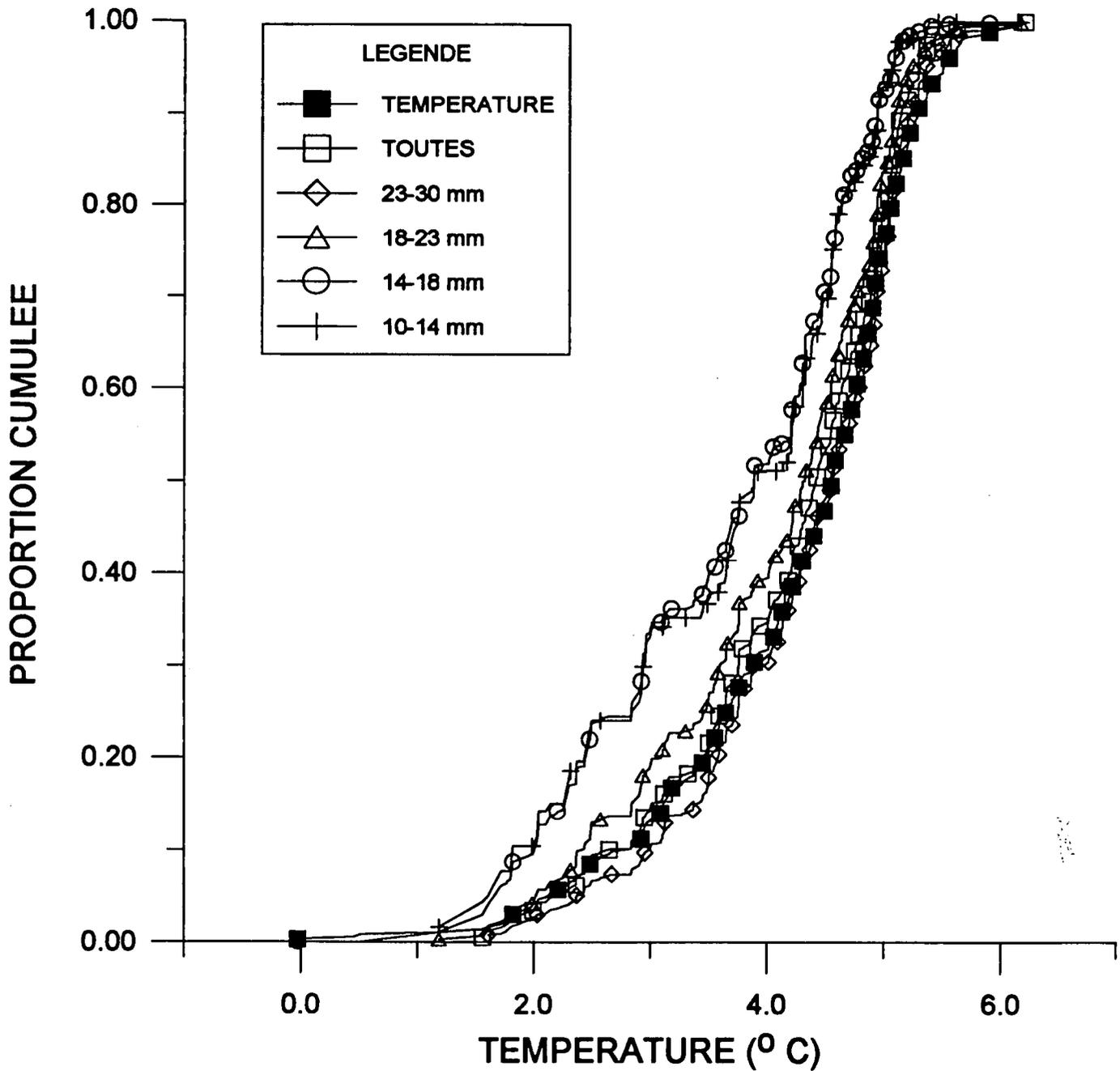


Figure 18. Proportion cumulée de la biomasse des crevettes en fonction de la température démersale par groupe de tailles pour le relevé de 1990.

CREVETTES VERSUS TEMPERATURE DEMERSALE 1991

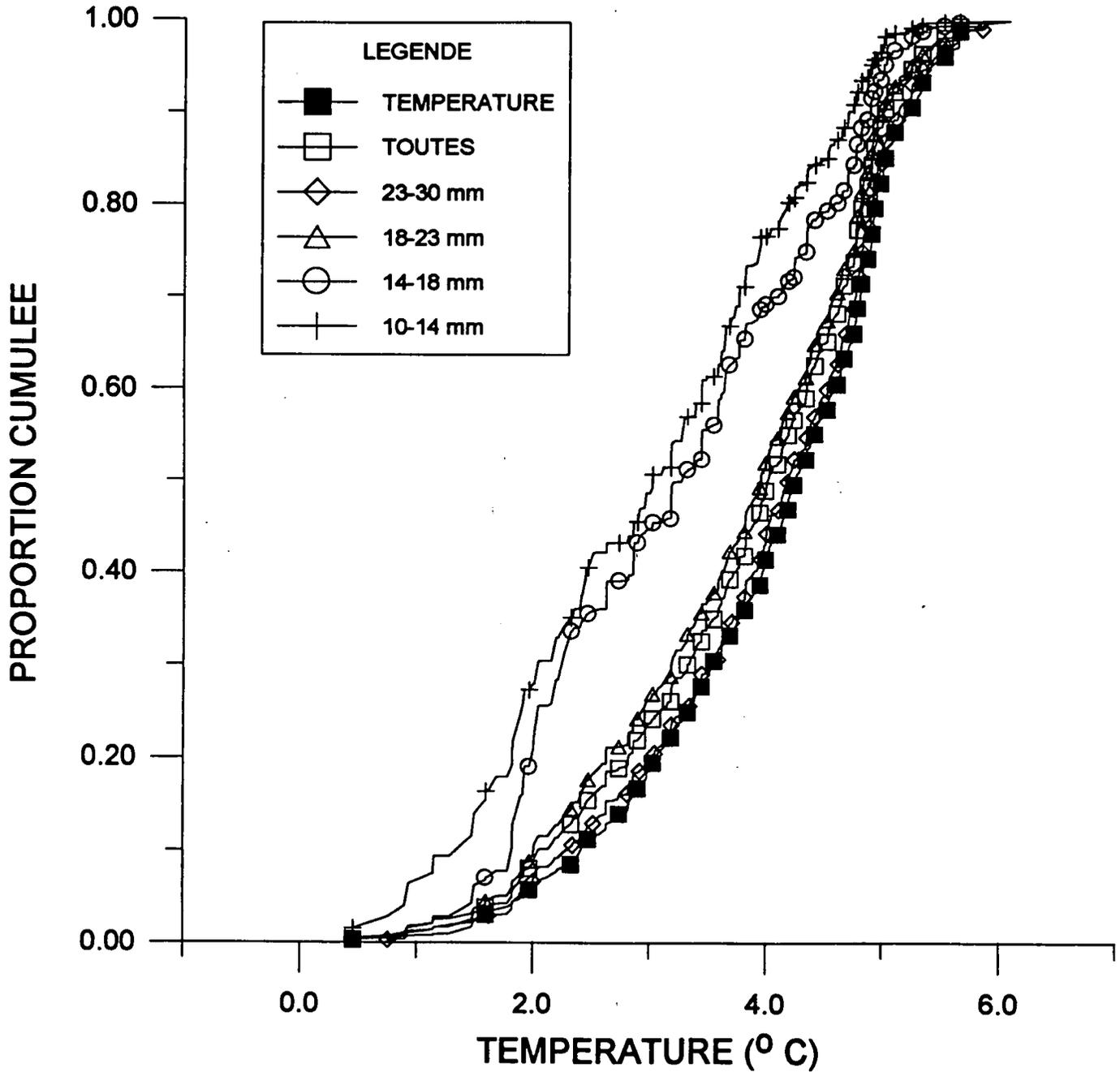


Figure 19. Proportion cumulée de la biomasse des crevettes en fonction de la température démersale par groupe de tailles pour le relevé de 1991.

CREVETTES VERSUS TEMPERATURE DEMERSALE 1992

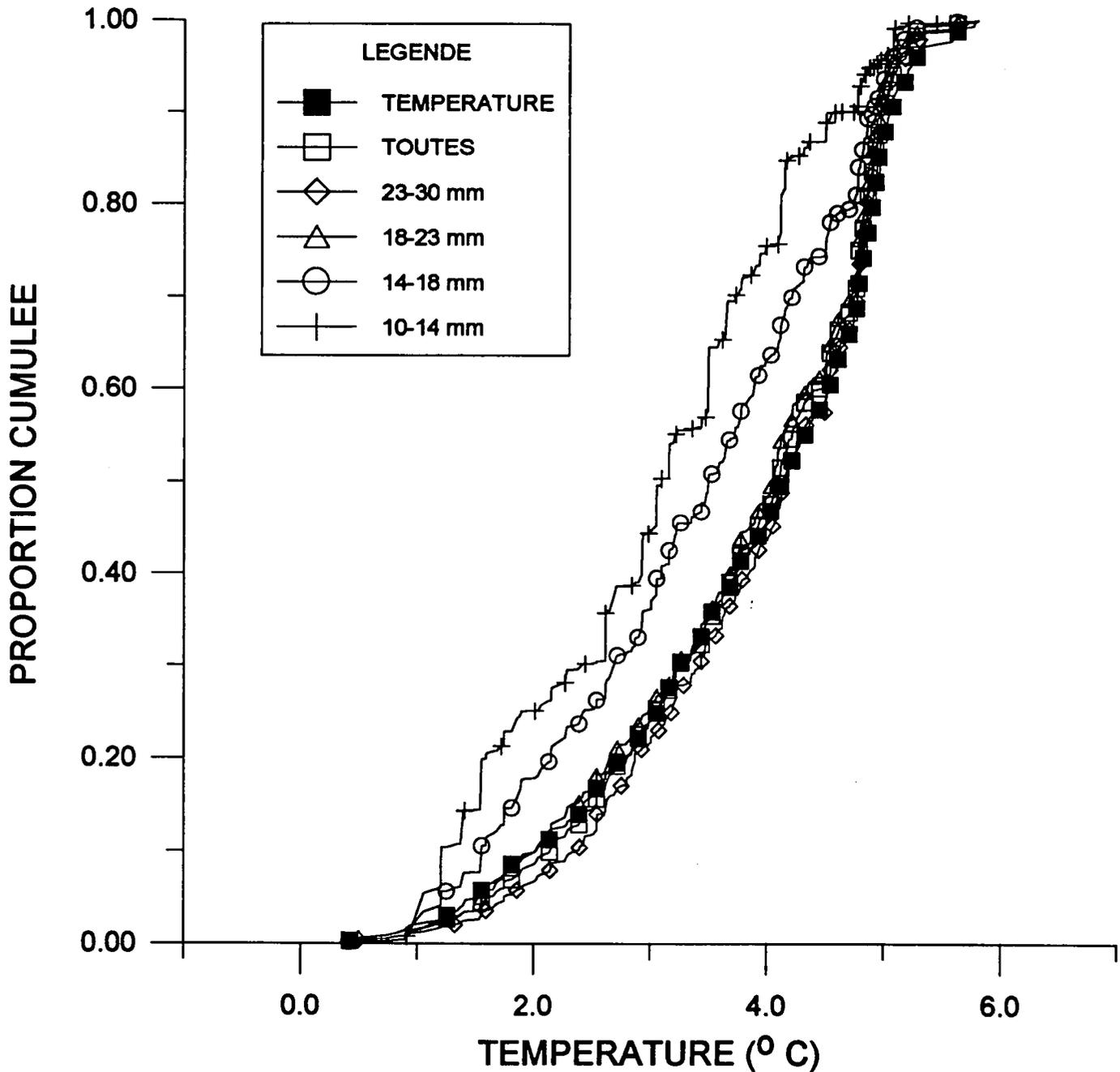


Figure 20. Proportion cumulée de la biomasse des crevettes en fonction de la température démersale par groupe de tailles pour le relevé de 1992.

CREVETTES VERSUS TEMPERATURE DEMERSALE 1993

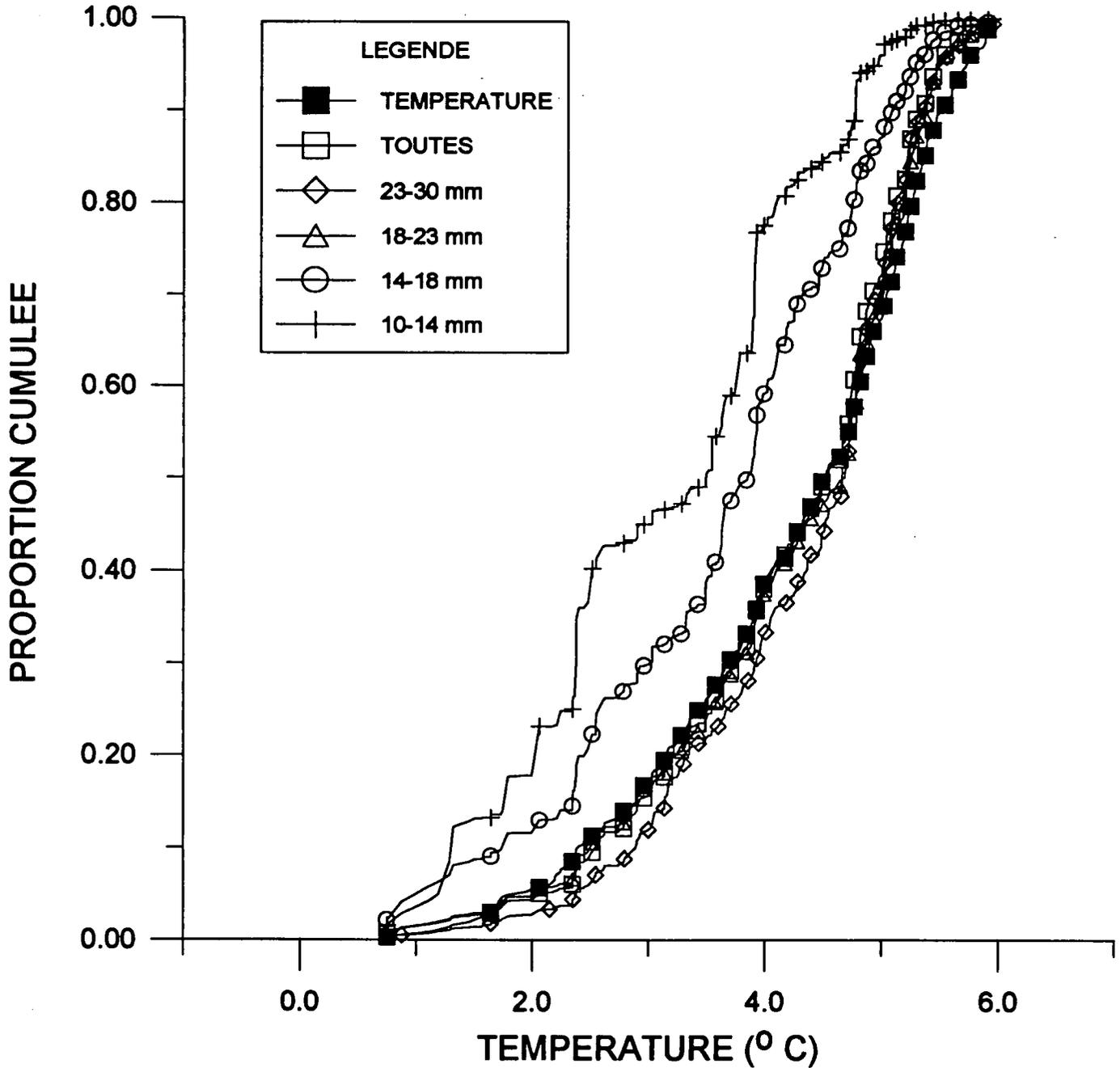


Figure 21. Proportion cumulée de la biomasse des crevettes en fonction de la température démersale par groupe de tailles pour le relevé de 1993.

ANNEXE 1

Variogrammes pluriannuels expérimentaux et ajustés utilisés pour le krigeage de la biomasse par classe de taille de crevette

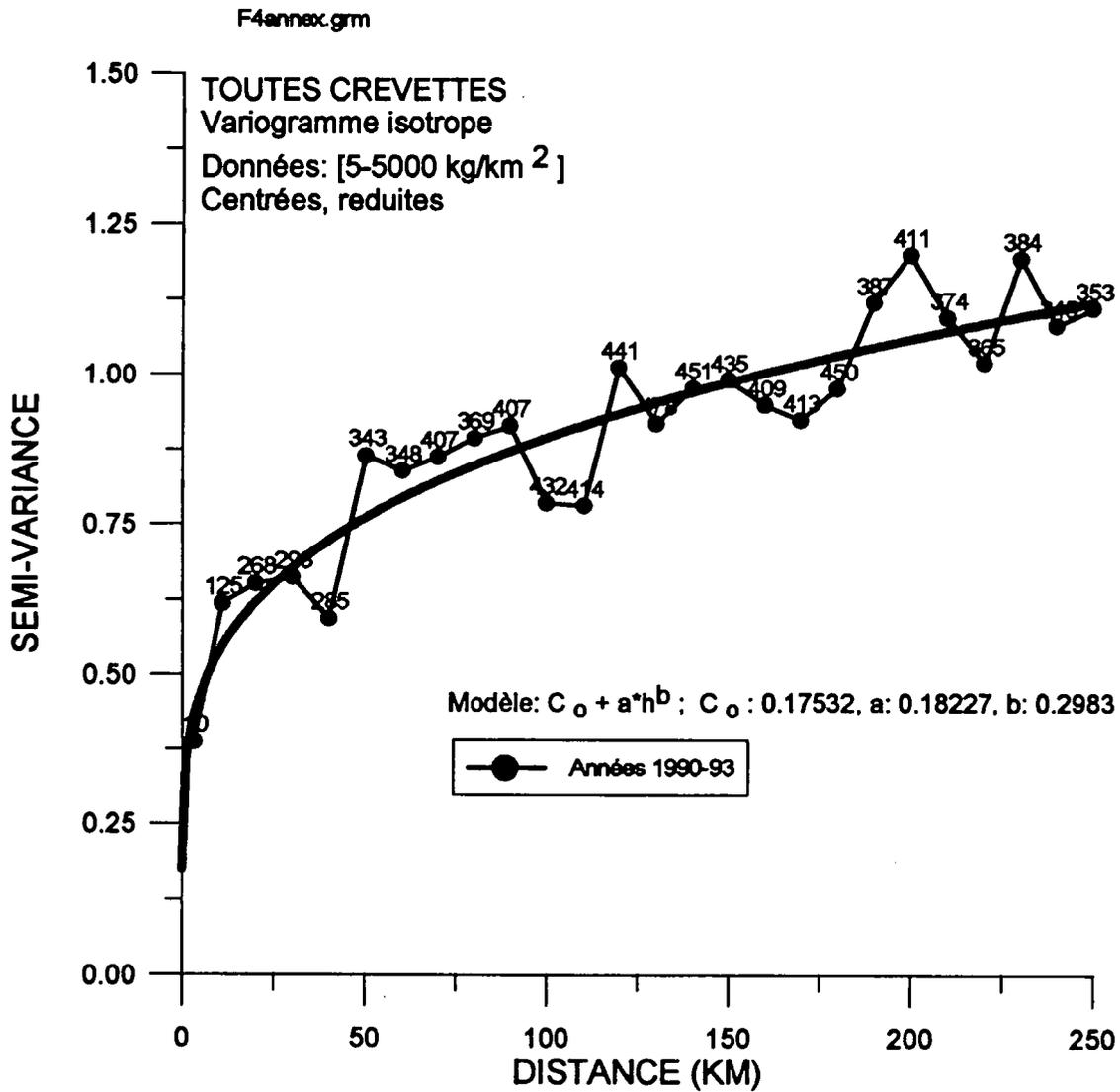


Figure A1. Variogramme 1990-93 de la biomasse de crevettes de toutes tailles, centrée et réduite. Les nombres de paires de stations sont indiqués pour chaque point.

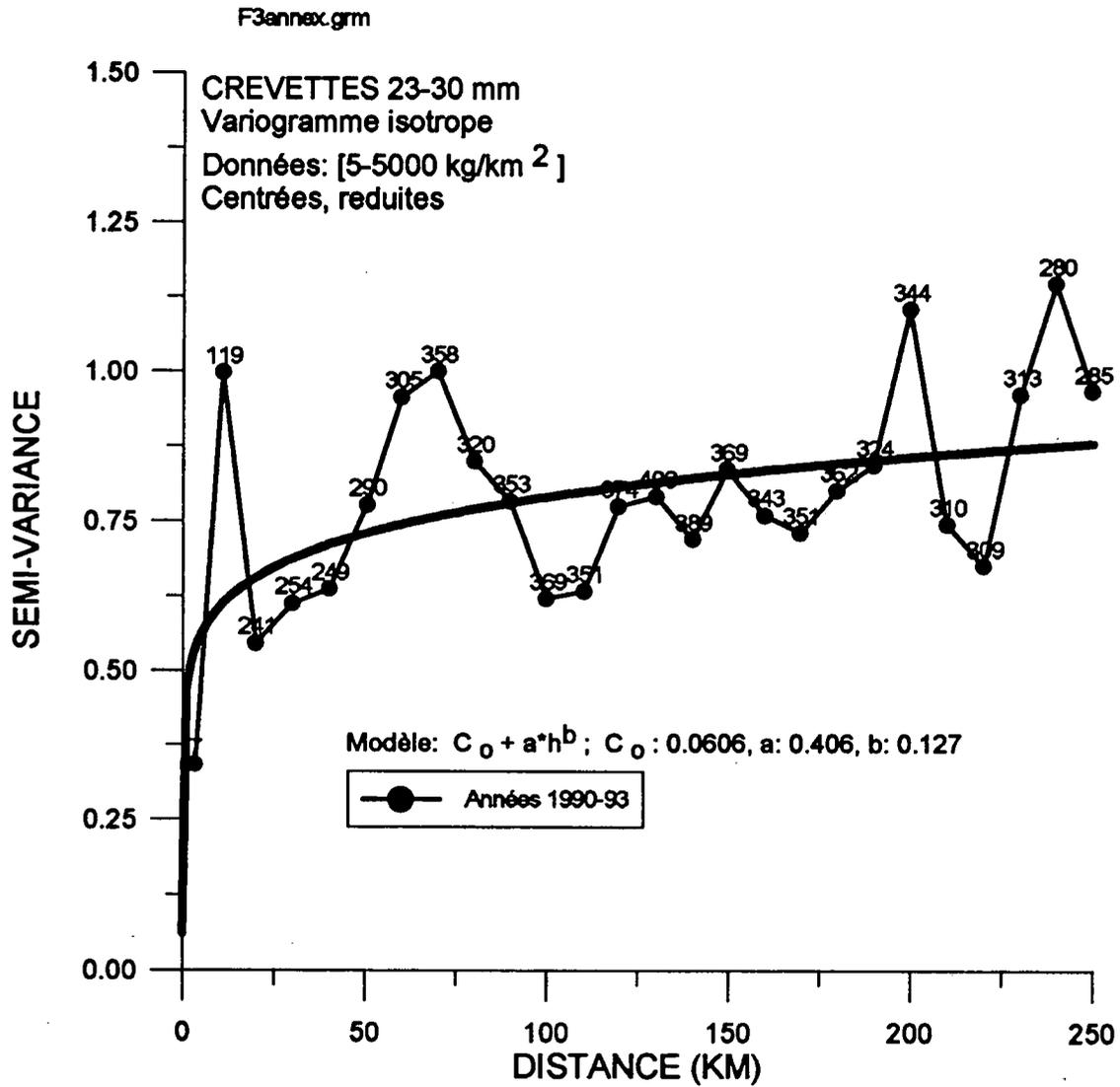


Figure A2. Variogramme 1990-93 de la biomasse de crevettes de 23-30 mm, centrée et réduite. Les nombres de paires de stations sont indiqués pour chaque point.

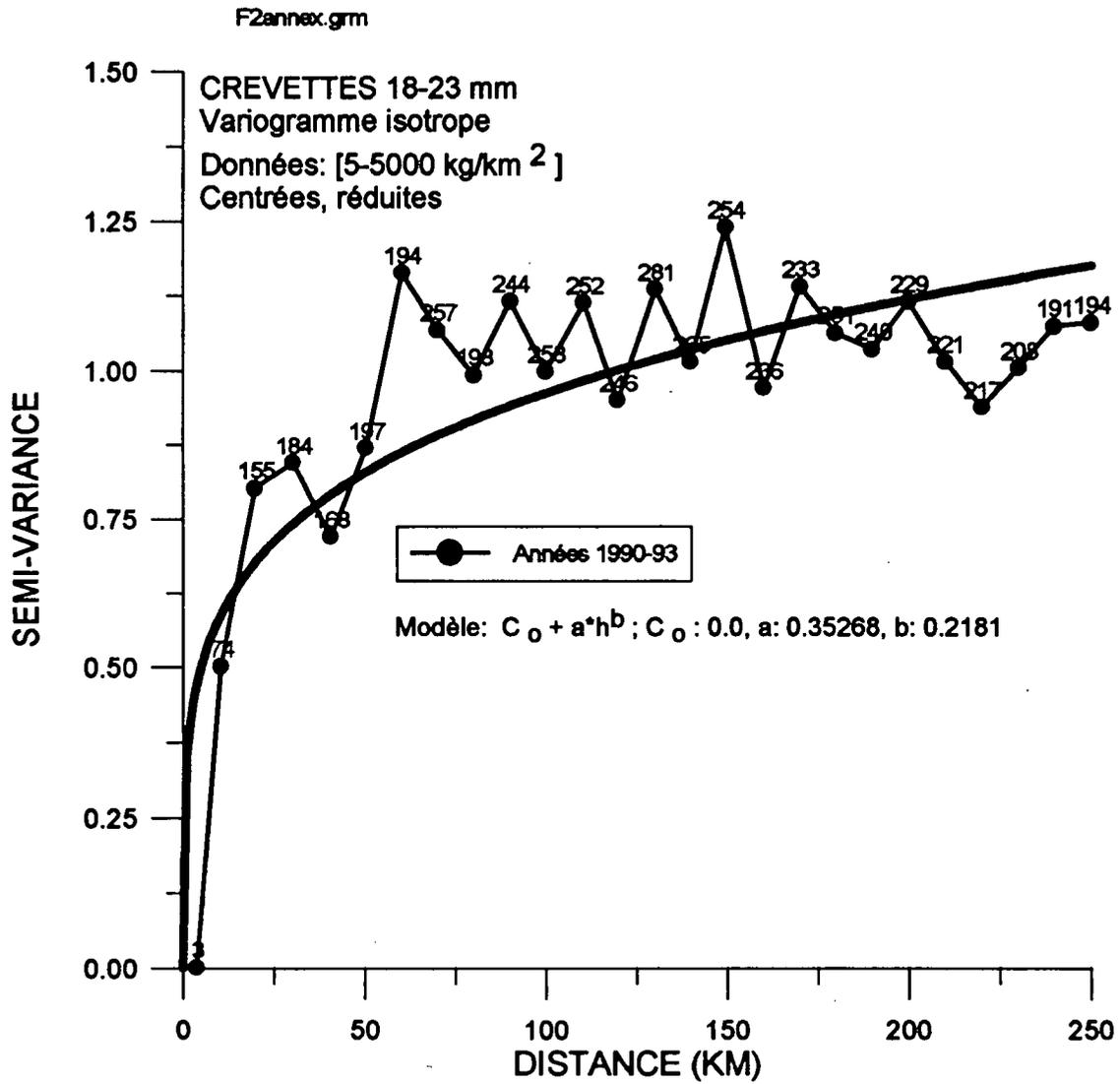


Figure A3. Variogramme 1990-93 de la biomasse de crevettes de 18-23 mm, centrée et réduite. Les nombres de paires de stations sont indiqués pour chaque point.

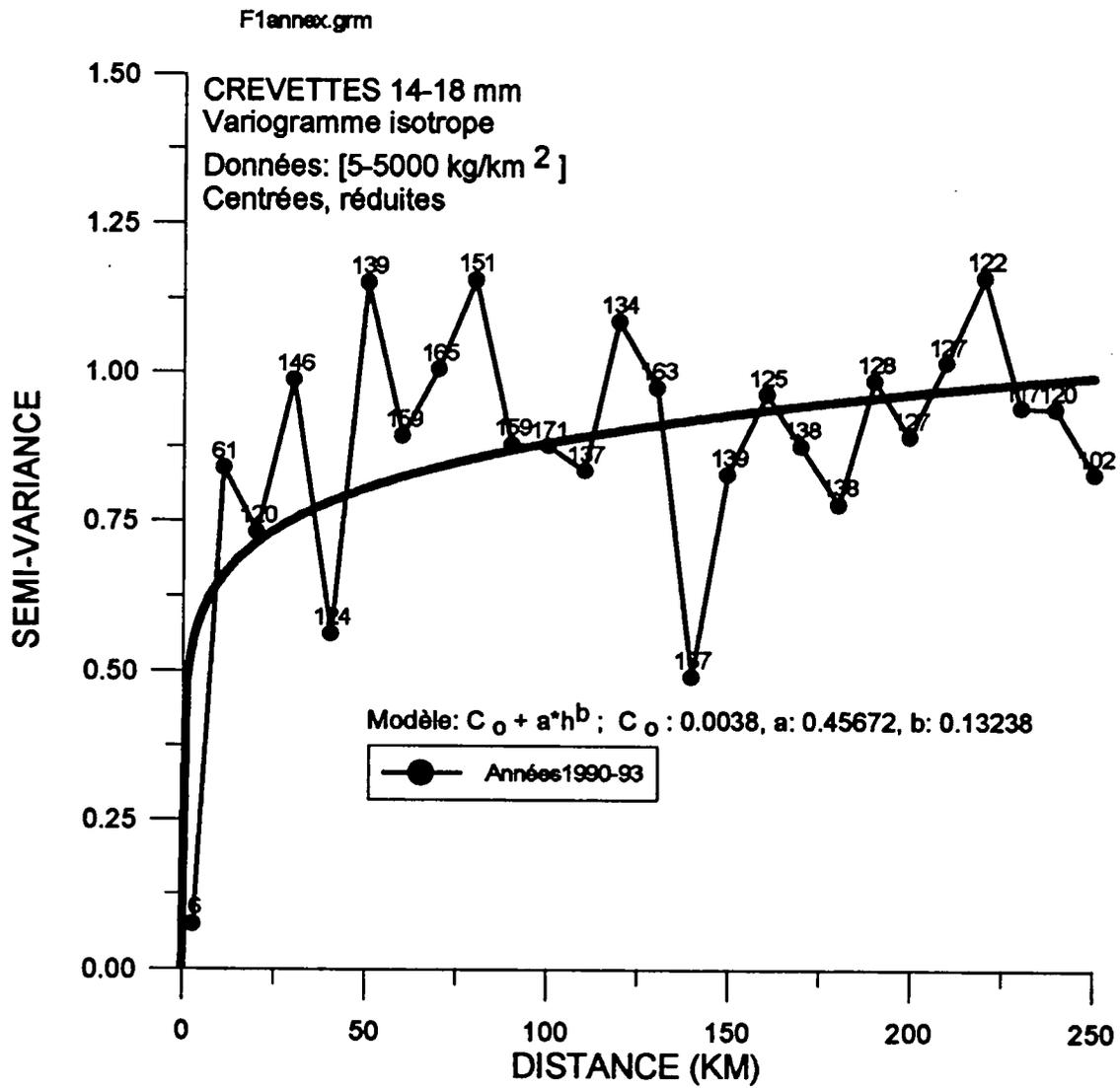


Figure A4. Variogramme 1990-93 de la biomasse de crevettes de 14-18 mm, centrée et réduite. Les nombres de paires de stations sont indiqués pour chaque point.