

Not to be cited without
permission of the authors¹

Canadian Atlantic Fisheries
Scientific Advisory Committee

CAFSAC Research Document 92/83

Ne pas citer sans
autorisation des auteurs¹

Comité scientifique consultatif des pêches
canadiennes dans l'Atlantique

CSCPCA Document de recherche 92/83

Étude de l'Évolution Spatio-Temporelle
des Populations de Capelan du Golfe du
Saint-Laurent.

par

Jean-Denis Lambert

et

Dominique Roby

Direction de la Recherche sur les Pêches
Institut Maurice Lamontagne
Ministère des Pêches et des Océans
C.P. 1000
Mont-Joli
Québec

¹This series documents the scientific basis for fisheries management advice in Atlantic Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the Research 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 by the author.

¹Cette série documente les bases scientifiques des conseils de gestion des pêches sur la côte atlantique du Canada. Comme telle, elle couvre les problèmes actuels selon les échéanciers voulus et les Documents de recherche qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés finals 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 par les auteurs dans le manuscrit envoyé au secrétariat.

TABLE DES MATIERES:

	pages
RESUME.....	3
INTRODUCTION.....	4
MATERIEL ET METHODES.....	5
Echantillonnage.....	5
Analyses et traitement des données.....	5
Variabilité temporelle intra-site.....	6
Variabilités spatiale inter-site.....	6
Variabilité spatio-temporelle des échantillons..	7
RESULTATS.....	7
Variabilité temporelle intra-site.....	7
Variabilités spatiale inter-site.....	9
Variabilité spatio-temporelle des échantillons..	9
CONCLUSION.....	11
REFERENCES.....	12
TABLEAUX.....	14
FIGURES.....	21

RESUME

L'aspect temporelle de la discrimination des populations de capelan du golfe du Saint-Laurent à été étudié à l'aide de l'analyse morphométrique en réseau (TRUSS). Huit sites d'échantillonnage réparties par tout le golfe ont été visités durant cinq période au cours de la saison de fraie. Les conclusions de cette étude vérifie la discrimination spatiale des populations selon les régions de l'ouest et de l'est du golfe. Toutefois l'aspect temporelle de cette discrimination suggère un dynamisme dans l'évolution de ces deux populations. Les connaissances de leurs interactions demeurent restreintes tout comme l'origine de la populations de l'est. Certaines indications préliminaires suggèrent la migration via le détroit de Belle-Isle des populations de la côte-est de Terre Neuve vers le golfe du Saint-Laurent.

ABSTRACT

The temporal aspect of the capelin stock discrimination in the Gulf of St. Lawrence was studied using truss morphometric analysis. Eight sites throughout the Gulf were sampled five times during the spawning season. The conclusions of this study verified the discrimination between the West and East populations. However, the temporal aspect suggest a dynamism in the evolution of these two populations. Their interactions are still to be investigate as well as the origin of the East population. Indications suggest the migration of the East-coast Newfoundland's populations in the Gulf of St. Lawrence.

INTRODUCTION

Le capelan (Mallotus villosus) du golfe du St-Laurent est une espèce commercialement exploitée qui, de plus, constitue un important maillon de la chaîne alimentaire (Carscadden, 1983). Son écologie générale a fait l'objet d'études de synthèse (Templeman, 1948; Jangaard, 1974) et ses aires de frai ont été inventoriées (Parent et Brunel, 1976). La distribution ainsi que la survie des premiers stades de vie de cette espèce ont été étudiés dans le golfe du St-Laurent (Lambert, 1983; De Lafontaine, 1979; Jacquaz et al., 1977).

L'importance écologique du capelan nous incite à porter une attention particulière à la gestion de son exploitation commerciale. Une révision de la condition et de la structure des populations est effectuée annuellement. Les prises totales admissibles sont réparties selon les divisions 4RST de l'OPANO. Les contingents de pêche commerciales alloués respectent ces divisions.

A partir d'études morphométriques et méristiques, Misra et Carscadden (1987) et Carscadden et Misra (1980) discriminent les populations de capelan situées près des côtes de Terre-Neuve. Sharp et al. (1978) ont orienté leurs recherches sur les populations des divisions 4T et 4S de l'OPANO ainsi que de la côte-est de Terre-Neuve. D'autre part, Lambert et Bernier (1989) au cours d'une étude morphologique conventionnelle restreinte au golfe du St-Laurent, n'observent qu'une très faible séparation des populations de ces trois divisions. Toutefois, ces derniers auteurs mentionnent certaines réserves quant à la technique utilisée et concluent de la nécessité d'entreprendre une étude plus exhaustive en incluant plusieurs points d'échantillonnage, notamment dans la division 4S. Lambert et al. (1990) et Roby et al. (1991) ont poursuivies l'étude pour conclure d'une discrimination ouest-est des populations de capelan du golfe. Les buts de la présente étude sont donc de compléter les études de discrimination des populations de capelan du golfe du St-Laurent, d'évaluer la différenciation entre les sous-populations ainsi que la correspondance entre les groupements observés grâce aux différentes techniques d'analyse et les régions actuellement préconisées pour la délimitation des zones de gestion du capelan. Une approche d'analyses morphométriques en réseau (truss) est utilisée afin d'en déterminer l'évolution spatio-temporelle des populations du golfe.

MATERIEL ET METHODES:

A) Echantillonnage:

Les sites d'échantillonnage (Figure 1) sont sélectionnés selon leur appartenance à chacune des trois divisions (4RST) de l'OPANO (Tableau 1). Deux régions ont été visitées dans la division 4T, deux dans 4R et finalement quatre stations dans 4S. Ces dernières se répartissent selon les sous-régions 4S-ouest et 4S-est dont la frontière se situe au $62^{\circ} 55'00''$ ouest de longitude.

A chacun des sites, cinquante individus mâles et cinquante individus femelles en phase de frai sont sélectionnés en vue d'effectuer les mesures nécessaires aux analyses en réseau et ce, à plusieurs intervalles durant toute la période de frai.

Les variables morphométriques du réseau sont recueillies en marquant le contour des individus sur du papier hydrofuge selon des points de référence prédéterminés (Figure 2). Les mesures morphométriques sont ensuite effectuées à l'aide d'une table digitalisante. Les données ainsi recueillies sont arrondies par programmation au 0.1 mm le plus près.

B) Analyses et traitement des données.

L'approche géométrique proposée par Bookstein (1978) est utilisée pour l'analyse morphométrique en réseau. Cette technique élabore un réseau de points de repère sur les individus, qui en étant interreliés, définissent un complexe de cellules caractérisant les diverses parties du corps de l'animal. Cette approche offre l'avantage de fournir un protocole géométrique à la sélection des caractères-descripteurs, en plus de permettre la reconstruction d'individus-type appartenant à chacune des populations (McGlade et Boulding, 1986). Le réseau de points de repère utilisé pour le capelan est illustré à la Figure 2.

Les analyses sont effectuées séparément pour les mâles et les femelles, à cause du dimorphisme sexuel évident chez le capelan.

Variabilité temporelle intra-site

1. Une analyse en composantes principale (ACP) est effectuée séparément à chacun des 8 sites, à partir des 36 variables morphométriques, afin de détecter l'existence de différences entre les échantillons temporels provenant d'un même site. Les variables ayant un poids plus important dans les 5 premières composantes sont identifiées. L'analyse est effectuée à l'aide du programme "SIZE" (Somers, 1986; Sundberg, 1989).
2. Les longueurs et les âges moyens ont été calculés pour chaque échantillon dans le but de nous permettre d'établir des relations entre les compositions en âge et en longueur et les similitudes ou dissimilitudes morphométriques observées entre les échantillons.
3. Les distances de Mahalanobis ont été calculées entre les échantillons à partir des variables morphométriques corrigées pour l'effet de taille. La correction de ces variables a été effectuée par l'extraction d'un vecteur isométrique de la matrice de données originale à l'aide du programme «SIZE» exécutant une analyse en composantes principales contrainte (Somers, 1986, 1989).
4. Une analyse de groupement selon l'association moyenne (UPGMA) est effectuée à partir de la matrice des distances de Mahalanobis entre tous les échantillons. Cette analyse effectuée à l'aide de NTSYS 1.40 (Rohlf, 1988) met en évidence les liens proches entre les échantillons, lesquels peuvent être comparés aux résultats obtenus par l'analyse en composantes principales effectuée à chacun des sites.
5. Des groupements intra-site sont établis en fonction des résultats de l'analyse en composantes principales à chaque site. La pertinence de ces groupements intra-site est confirmée par les résultats du regroupement.
6. Les groupements obtenus sont examinés en fonction de leur concordance avec des différences majeures des valeurs moyennes de longueur et d'âge.

Variabilité spatiale inter-site.

1. Une analyse en composantes principales (ACP) est effectuée sur l'ensemble des individus identifiés par leur site à l'aide de l'analyse en composantes principales «SIZE» (Somers, 1986, 1989). Les variables ayant du poids sur les deux premières composantes non-isométriques sont identifiées.

Variabilité spatio-temporelle pour l'ensemble des échantillons.

1. La même analyse en composantes principales effectuée sur l'ensemble des échantillons est représentée par une ordination des 2 mêmes composantes où les individus sont identifiés par un nouveau code déterminé précédemment en fonction des similitudes intra-site des échantillons. Afin de simplifier la représentation, seuls les centroïdes des distributions des individus de chaque échantillon ou groupe d'échantillons sont illustrés sur les composantes. Les variables ayant le plus de poids dans la détermination des 2 premières composantes non-isométriques ont déjà été identifiées.
2. Interprétation graphique: les groupes majeurs révélés par leurs affinités morphologiques sont identifiés.
3. Afin de vérifier si les individus sont distribués sur les composantes en fonction d'une différenciation allométrique, une analyse de corrélation (tau de Kendall) est effectuée à l'aide du logiciel SAS, entre les coordonnées sur les 5 premières composantes et l'âge des individus.
4. Une analyse canonique discriminante est effectuée sur les groupements proposés à partir des résultats de l'analyse en composantes principales ainsi qu'une reclassification a posteriori des individus dans ces groupements à partir des fonctions discriminantes.

RESULTATS

Variabilité temporelle intra-site.

La réalisation des analyses en composantes principales a permis d'identifier des résultats artéfactuels créés lors des mesures ou lors de la saisie des données.

Les mesures originales, conservées pour chacun des individus sur le papier hydrofuge, ont pu être vérifiées. Par contre, certaines erreurs possiblement occasionnées lors du positionnement des points de repère sur le papier hydrofuge n'ont pu être rectifiées. Elles ont été détectées par une différenciation anormale d'un échantillon complet par rapport aux échantillons provenant de l'ensemble des sites, sur une ou plusieurs composantes. Les variables ayant le plus contribué à ces différenciations étaient de poids semblable et de signe opposé, et correspondaient à des distances mesurées de part et d'autre d'un point de repère.

Ces faits nous ont suggéré que le positionnement de tels points de repère était imprécis pour ces échantillons. Ceux-ci ont été conséquemment exclus de l'ensemble des données, réduisant la possibilité d'analyser la variabilité temporelle à deux sites - soient Havre St-Pierre, éch. 2 et 3 (♀), éch. 2, 3 et 4 (♂) et Ste-Flavie, éch. 2 et 4 (♀), éch. 4 (♂).

Les résultats des analyses effectuées après l'exclusion de ces échantillons sont résumés dans les tableaux 2 et 3 (♀ et ♂). Les distributions observées sur les premières composantes ainsi que les variables associées y sont indiquées. Pour chacun des sites, dans l'absence complète de distinction entre deux ou plusieurs échantillons sur les cinq premières composantes, ceux-ci sont regroupés.

Pour les femelles (Tableau 2), quel que soit le site, les variables associées à la distribution des individus sur les deuxième et troisième composantes correspondent presque uniquement à la longueur du pédoncule caudal. Pour les mâles (Tableau 3), à la majorité des sites, les variables ayant le plus de poids dans la détermination des deuxième et troisième composantes correspondent surtout à la longueur du pédoncule caudal. Des variables correspondant aux dimensions de la queue (2e composante - Corner Brook, Port-au-Choix, Newport) et de la tête (3e composante - Corner Brook et Newport) sont aussi impliquées.

Les affinités morphométriques des échantillons mises en évidence par l'analyse en groupement (Figures 3 et 4) sont en accord avec les résultats des analyses en composantes principales. Dans la plupart des cas, les échantillons d'un même site qui sont regroupés par cette analyse (effectuée sur l'ensemble des échantillons), ne sont pas différenciés à partir de l'ACP (effectuée à chacun des sites, Tableaux 2 et 3).

La détermination finale des groupes intra-site a été faite de façon conservatrice, c'est à dire en s'assurant de ne pas regrouper des échantillons susceptibles d'être différenciés par une analyse ou par l'autre. Les codes correspondant aux échantillons ou groupements intra-sites d'échantillons sont présentés aux tableaux 4 et 5 (♀ et ♂).

La distribution des âges et longueurs moyens des échantillons (Tableaux 4 et 5) est relativement hétérogène à l'intérieur des groupements suggérés et ne semble donc pas liée à leurs similitudes morphologiques.

Ainsi, les différences morphométriques détectées à l'intérieur d'un même site par l'analyse en composantes principales ne sont vraisemblablement pas attribuables à la présence de vagues de reproducteurs de même âge et/ou de même taille sauf peut-être à La Tabatière pour les femelles et à Blanc Sablon pour les mâles et les femelles.

Variabilité spatiale inter-site

Les ACP effectuées sur l'ensemble d'individus, mâles et femelles, mettent en évidence une séparation des populations de la Gaspésie et de celles de Terre-Neuve sur la 2e composante. Cette distinction est-ouest a déjà été mise en évidence lors d'études précédentes (Lambert *et al.* 1990, Roby *et al.* 1991) Les populations de la Côte-Nord ont une distribution intermédiaire qui chevauche celles de ces deux régions. Les résultats sont illustrés par des ordinations des 2e et 3e composantes aux figures 5 (♀) et 6 (♂). Les individus sont représentés par un symbole qui correspond à la région géographique dont ils proviennent (Gaspésie incluant Haute Côte-Nord: Newport, Ste-Flavie, Sept-Iles, Havre St-Pierre; Côte-Nord, moyenne et basse: La Tabatière, Blanc Sablon; Terre-Neuve: Port-au-Choix et Corner Brook).

La composante isométrique résume respectivement 45.6% (♀) et 31.9% (♂) de la variabilité totale. Chez les femelles, la 2e composante (11.0%) est déterminée principalement par des variables qui correspondent à la longueur du pédoncule caudal ainsi qu'à la distance de la base du pédoncule, au centre de la nageoire caudale. Les variables de la 3e composante (4.9%) correspondent à la distance entre le maxillaire inférieur et la nageoire pectorale et à la hauteur du corps dans les cellules médianes 3 et 4. Chez les mâles, la 2e composante (11.3%) est déterminée par un ensemble de variables qui dimensionnent la queue ainsi qu'une mesure de longueur du pédoncule caudal. La 3e composante (6.4%) est déterminée par des variables de la cellule 1 correspondant aux mesures de la tête.

Variabilité spatio-temporelle pour l'ensemble des sites

Les résultats de ces mêmes analyses sont représentés par une ordination des 2e et 3e composantes où les centroides de la distribution de chacun des échantillons ou groupes d'échantillons temporels sont illustrés (Figures 7 et 8).

Le pourcentage de variabilité expliqué par chaque composante ainsi que l'identification des variables ayant le plus de poids dans la détermination des deux premières composantes non-isométriques sont évidemment tels qu'à la section précédente.

L'analyse spatio-temporelle de la variabilité morphométrique nous a permis d'identifier des groupes d'échantillons sur la base de leur affinité morphométrique. Trois groupes majeurs ont été identifiés chez les femelles:

GROUPE ♀	SITE	ECHANTILLONS
1	Port-au-Choix	1,2,3,4,5
2	Corner Brook Blanc Sablon La Tabatière Ste-Flavie Newport	1,2,3,4,5 2 2,3,4 5 5
3	Sept-Iles Blanc Sablon Havre St-Pierre La Tabatière Newport Ste-Flavie	1,2,3,4,5 1,3,4,5 1 1 1,2,3,4 1,3

Quatre groupes ont été identifiés chez les mâles:

GROUPES ♂	SITES	ECHANTILLONS
1	Sept-Iles Ste-Flavie Havre St-Pierre	1,2,3,4,5 1,2,3 1
2	Corner Brook La Tabatière Blanc Sablon Ste-Flavie Newport	1,2,3,4,5 4 4 5 5
3	Port-au-Choix	2,3,4,5
4	Newport Tabatière Blanc Sablon Port-au-Choix	1,2,3,4 1,3 1,2,3,5 1

Les pourcentages de reclassification correcte des individus dans chacun des groupements proposés sont élevés, soit de 75% à 84% chez les femelles et de 67% à 76% chez les mâles (Tableau 7) et correspondent à des erreurs moyennes de 21% (♀) et de 29% (♂). Ces résultats confirment la pertinence des groupements définis à partir de l'ordination des composantes non-isométriques.

Chez les mâles comme chez les femelles, des échantillons correspondant au début ou à la fin de la saison de frai à certains sites sont retrouvés au sein du même groupement (ex. chez les mâles, les échantillons 5 de Newport et de Ste-Flavie, et les échantillons 4 de Blanc Sablon et de La Tabatière sont regroupés à ceux de Corner Brook, alors que les premiers échantillons de Newport, La Tabatière, Port-au-Choix et Blanc Sablon sont regroupés d'autre part). Si les vagues de frai sont déterminées par des regroupements en fonction de l'âge et/ou de la taille des individus, on peut supposer que les affinités morphologiques révélées ne soient que le reflet d'une similitude de la composition en âge entre les échantillons et représentent une variation allométrique. Les résultats de l'analyse de corrélation par le tau de Kendall entre les coordonnées sur les composantes et l'âge des individus (Tableau 6) nous indique que la corrélation est significative à toutes les composantes considérées pour les femelles et aux deux premières composantes et marginalement à la 4e, pour les mâles. Toutefois, à l'exception de la composante isométrique chez les femelles, les indices de corrélation sont faibles. Quoique les coordonnées des individus sur les 2e et 3e composantes ne soient pas indépendantes de leur âge, ce dernier facteur ne peut être considéré comme étant déterminant dans les distributions observées.

CONCLUSION

Les conclusions de la présente étude rejoignent celles de Lambert et al. (1990) ainsi que celles de Roby et al. (1991). La discrimination spatiale des populations est vérifiée selon les régions de l'ouest et de l'est du golfe. Toutefois l'aspect temporelle de cette discrimination suggère un dynamisme dans l'évolution de ces deux populations. Les connaissances de leurs interactions demeurent restreintes tout comme l'origine de la populations de l'est. Certaines indications préliminaires suggèrent la migration via le détroit de Belle-Isle des populations de la côte-est de Terre Neuve vers le golfe du Saint-Laurent.

REFERENCES

- Bookstein, F.L. 1978. The measurement of biological shape and shape change. Lecture Notes in Biomathematics No. 23. Springer-Verlag, N.Y. 191 p.
- Carscadden, J.E. 1983. Capelin as a forage species: A review of selected studies. NAFO SCR. Doc. 83/IX/72: 7 p.
- Carscadden, J.E. et R.K. Misra. 1980. Multivariate analysis of meristic characters of capelin (Mallotus villosus) in the Northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 725-729.
- De Lafontaine, Y. 1979. Distribution spatio-temporelle de l'ichtyoplancton dans l'estuaire maritime et le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent. Thèse de maîtrise, Univ. du Québec: 176 p.
- Jacquaz, B., K.W. Able et Leggett. 1977. Seasonal distribution, abundance and growth of larval capelin (Mallotus villosus) in the St. Lawrence Estuary and Northwestern Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 34: 2015-2029.
- Jangaard, P.M. 1974. The capelin (Mallotus villosus). Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 186: 70 p.
- Lambert, J.-D. 1983. Contribution à l'étude des communautés planctoniques de la Baie-des-Chaleurs. Thèse de maîtrise, Univ. du Québec. 131 p.
- Lambert, J.-D. et B. Bernier. 1989. Observations on 4RST capelin in the Gulf of St. Lawrence. (A retrospective, 1984-1987). CAFSAC Res. Doc. 89/8: 1-33.
- Lambert, J.-D. D. Roby, J.-M. Sévigny. 1990. Etude de la Discrimination des Populations de Capelan des Divisions de L'OPANO 4 RST. CSCPCA Doc. Rech. 90/38.
- McGlade, J.M. et E.G. Boulding. 1986. The Truss: A geometric and statistical approach to the analysis of form in fish. Can. Tech. Rept. Fish. Aquat. Sci. No. 1457.
- Misra, R.K. et J.E. Carscadden. 1987. A multivariate analysis of morphometrics to detect differences in populations of capelin (Mallotus villosus). J. Cons. int. Explor. Mer, 43: 99-106.

REFERENCES (suite).

- Parent, S. et P. Brunel. 1976. Aires et périodes de fraye du capelan (Mallotus villosus) dans l'estuaire et le golfe Saint-Laurent. Trav. Pêch. Qué. 45: 46 p.
- Roby. D., J-D. Lambert, J-M. Sévigny. 1991. Morphometric and electrophoretic approaches to discrimination of capelin (Mallotus villosus) populations in the Estuary and Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48:2040-2050.
- Rohlf, F.J. 1988. NTSYS-pc. Numerical taxonomy and multivariate analysis system. Exeter Publishing, Ltd. New York.
- Sharp. J.C., K.W. Able et J.E. Carscadden. 1978. Utility of meristic and morphometric characters for identification of capelin (Mallotus villosus) stocks in Canadian Atlantic waters. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 35: 124-130.
- Somers, K.M. 1986. Multivariate allometry and removal of size with principal components analysis. Syst. Zool. 35(3): 359-368.
- Sundberg, P. 1989. Shape and size-constrained principal components analysis. Syst. Zool. 38(2): 166-168.
- Templeman, W. 1948. The life history of capelin (Mallotus villosus) in Newfoundland waters. Bull. Nfld. Govt. lab. 17: 151 p.

Tableau 1. Sites, divisions de l'OPANO, codes et dates de prélèvement des échantillons de capelan de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent.

SITE	DIVISION	ECH	DATE
Newport (Qué)	4 T	A1	24/05
		A2	26/05
		A3	28/05
		A4	31/05
		A5	05/06
Ste-Flavie (Qué)	4 T	B1	07/05
		B2	15/05
		B3	23/05
		B4	04/06
		B5	07/06
Sept-Iles (Qué)	4 S	C1	20/05
		C2	25/05
		C3	30/05
		C4	02/06
		C5	07/06
Havre St-Pierre (Qué)	4 S	D1	22/05
		D2	27/05
		D3	07/06
La Tabatière (Qué)	4 S	E1	26/06
		E2	29/06
		E3	03/07
		E4	07/07
Blanc Sablon (Qué)	4 S	F1	30/06
		F2	03/07
		F3	07/07
		F4	12/07
		F5	16/07
Corner Brook (T-N)	4 R	G1	23/06
		G2	26/06
		G3	28/06
		G4	30/06
		G5	03/07
Port-au-Choix (T-N)	4 R	H1	02/07
		H2	05/07
		H3	10/07
		H4	11/07
		H5	17/07

Tableau 2. Résumé des résultats des analyses en composantes principales effectuées sur les échantillons provenant d'un même site (femelles). Les pourcentages de variabilité expliquée, la distinction majeure observée et les variables dont le poids est élevé sur les composantes sont indiqués. Sous l'identification de chaque site, est indiqué le pourcentage de variabilité associé à la composante isométrique.

SITE - ♀	2e comp.	3e comp.	4e comp.	combinées
Newport 37.0%	13.0% 5 - 1234 longueur, diagonale, pédoncule caudal			
Ste-Flavie 28.4%	13.4% 5 - 3 longueur, diagonale, pédoncule caudal	8.5% 1 - 3 diagonale, épaisseur, pédoncule caudal et longueur, cellule 3		c2 + c3: 1 - 3 \ / 5
Sept-Iles 43.9%	8.1% 1 - 2345 diagonale, longueur, pédoncule caudal			
La Tabatière 47.7%	9.0% 1 - 4 longueur, diagonale, pédoncule caudal			c2 + c3: 1 - 234
Blanc Sablon 59.7%	4.4% 2 - 3(145) longueur, diagonale, pédoncule caudal			
Corner Brook 34.6%	10.6% - longueur, diagonale, pédoncule caudal	7.1% 2 - 5 longueur, diagonale, pédoncule caudal	6.2% - longueur, diagonale, épaisseur, cellule 3	c2 + c3: 1 - 2 \ / 5 c3 + c4: 2 - 45
Port-au- Choix 34.1%	8.2% 1 - 2345 diagonale, longueur, pédoncule caudal	6.2% -	6.0% 5 - 3	c3 + c4: 15 - 24 \ / 3

Tableau 3. Résumé des résultats des analyses en composantes principales effectuées sur les échantillons provenant d'un même site (mâles). Les pourcentages de variabilité expliquée, la distinction majeure observée et les variables dont le poids est élevé sur les composantes sont indiqués. Sous l'identification de chaque site, est indiqué le pourcentage de variabilité associé à la composante isométrique.

SITE - ♂	2e comp.	3e comp.	4e comp.	combinées
Newport 28.3%	10.8% 5 - 1234 longueur, diagonale, pédoncule caudal, var. 35	7.6% 1 - 2345 var. 9,14, 15	6.0% - var. 3	c2 + c4: 5 - 1234
Sept-Iles 29.6%	8.4% - diagonale, longueur, pédoncule caudal			
La Tabatière 30.4%	10.6% 13 - 24 longueur, diagonale, pédoncule caudal, var. 11			
Blanc Sablon 38.0%	11.6% 123 - 45 var. 9,10, 6 diagonale, pédoncule caudal	6.3% 123 - 45 longueur, diagonale, pédoncule caudal, var. 10,9		c2 + c3: 123 - 45
Corner Brook %	11.3% - longueur, diagonale, épaisseur, pédoncule caudal, var. 6,33, 27,9,10,11	8.2% - longueur, diagonale, épaisseur, pédoncule caudal, var. 2,18, 19,1,36		c2 + c3: 1 - 2345
Port-au- Choix 34.5%	9.6% - var. 35,8, 7,36	7.3% 14 - 35 var. 27,2, 5,31	5.5% 13 - 45 var. 2,18	c1 + c2: 1 - 2 c3 + c4: 1 - 3 - 4 c4 + c5: 5 - 14

Tableau 4. Ages et longueurs moyens des échantillons de capelan femelles. Les codes correspondant aux regroupements d'échantillons effectués lors de l'analyse temporelle intra-site sont indiqués.

ECH ♀	AGE moy	L moy	CODE
A1	2.48	143.7	A
A2	2.86	150.4	
A3	2.94	150.0	
A4	2.84	150.2	
A5	2.54	144.5	B
B1	2.80	150.1	C
B3	2.90	150.8	E
B5	2.76	149.6	F
C1	2.34	143.5	G
C2	2.48	146.2	H
C3	2.70	149.6	
C4	2.68	149.2	
C5	2.80	150.2	
D1	2.71	148.5	I
E1	2.68	152.3	L
E2	2.40	146.5	M
E3	2.38	143.7	
E4	2.16	140.0	
F1	2.48	149.0	N
F3	2.56	150.4	
F4	2.54	149.4	
F2	2.46	145.4	O
F5	3.74	168.5	P
G1	2.54	150.8	Q
G3	2.42	148.2	
G2	2.70	152.4	R
G4	2.50	149.7	S
G5	2.62	151.8	T
H1	2.72	152.2	U
H2	3.24	164.0	V
H4	3.54	173.3	
H3	3.98	175.5	W
H5	3.14	163.4	X

Tableau 5. Ages et longueurs moyens des échantillons de capelan mâles. Les codes correspondant aux regroupements d'échantillons effectués lors de l'analyse temporelle intra-site sont indiqués.

ECH ♂	AGE moy	L moy	CODE
A1	2.48	160.9	A
A2	2.96	168.3	B
A3	2.84	167.1	
A4	2.84	167.2	
A5	2.78	166.2	C
B1	2.52	164.3	D
B2	2.80	168.0	X
B3	2.70	164.6	Y
B5	2.58	163.0	Z
C1	2.58	164.3	F
C2	2.66	164.7	
C3	2.46	162.5	
C4	2.92	167.3	
C5	2.82	167.5	
D1	2.68	167.0	G
E1	2.76	167.4	H
E2	2.54	164.4	I
E3	2.68	166.3	J
E4	2.68	166.9	K
F1	2.80	168.2	L
F2	2.34	162.5	U
F3	2.62	165.8	V
F4	2.96	171.0	W
F5	3.36	175.8	M
G1	2.84	169.3	N
G2	2.92	170.9	O
G3	2.92	171.1	
G4	2.80	169.4	
G5	2.86	169.6	
H1	2.62	168.8	P
H2	3.20	178.9	Q
H3	3.38	179.5	R
H4	3.24	177.6	S
H5	3.38	179.8	T

Tableau 6. Coefficients de corrélation (tau de Kendall) entre les coordonnées sur les cinq premières composantes et l'âge des individus mâles et femelles. La probabilité indiquée (* $p < .05$, *** $p < .001$) concerne l'hypothèse d'indépendance des deux facteurs.

	AGE ♂	AGE ♀
Comp 1	0.07***	0.60***
Comp 2	0.06***	0.10***
Comp 3	0.02	0.20***
Comp 4	0.04*	0.12***
Comp 5	0.02	0.18***

Tableau 7. Proportion d'individus classés a posteriori dans chacun des groupes majeurs spécifiés, pourcentage d'erreur de classification pour chacun des groupes et pour l'ensemble.

FEMELLES	% classé dans le groupe:			
provenant du groupe:	1	2	3	TOTAL (n)
1	77.20	9.60	13.20	250
2	2.24	84.33	13.43	849
3	5.45	19.64	74.91	550
ERREUR (%)	22.80	15.67	25.09	21.19%

MALES	% classé dans le groupe:				TOTAL (n)
provenant du groupe:	1	2	3	4	
1	76.00	6.00	1.11	16.89	450
2	6.40	67.00	5.20	21.40	500
3	1.00	9.50	71.50	18.00	200
4	10.91	13.09	6.18	69.82	550
ERREUR (%)	25.65	26.65	12.24	35.47	28.92%

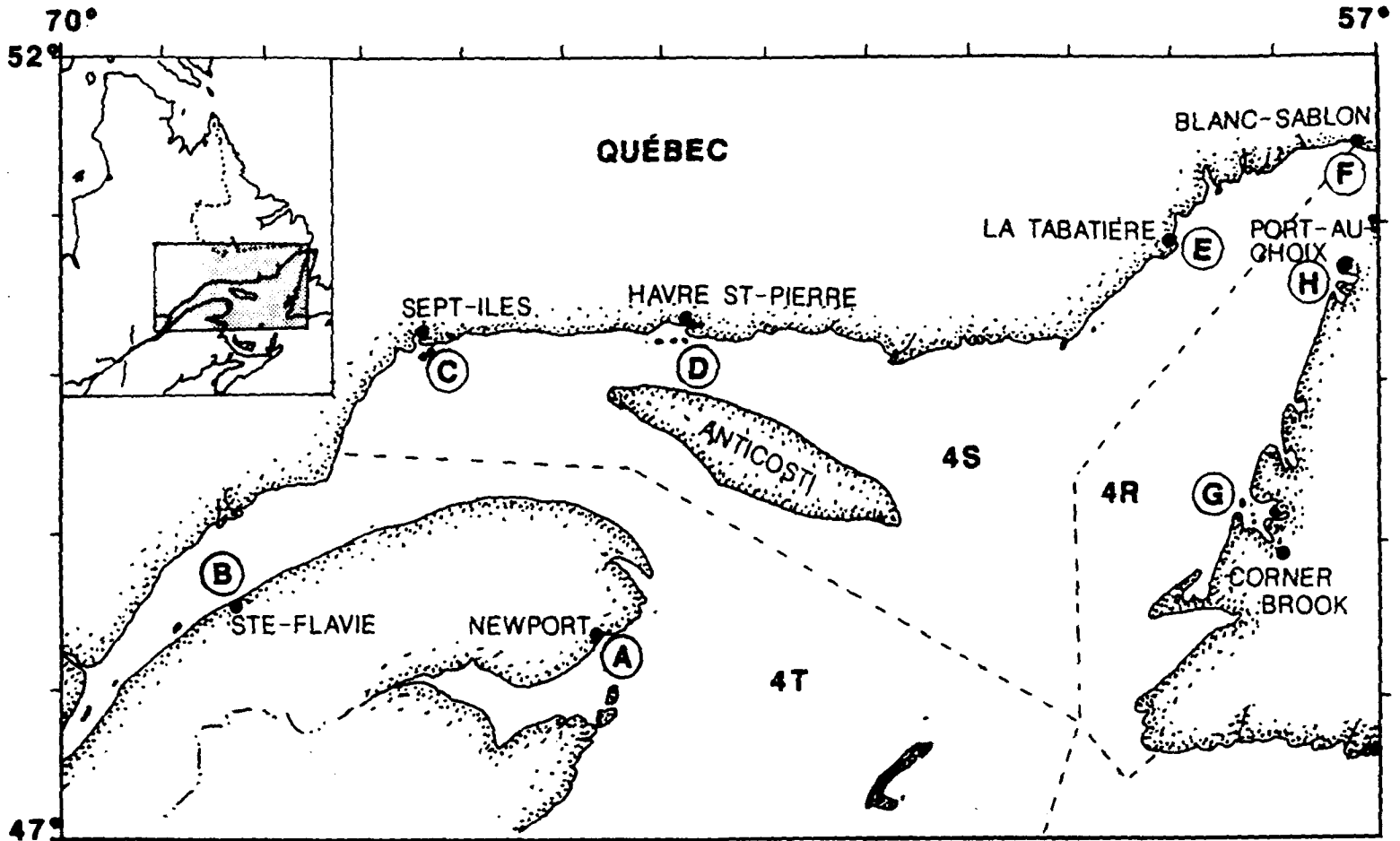


Figure 1. Sites d'échantillonnage des populations de capelan.

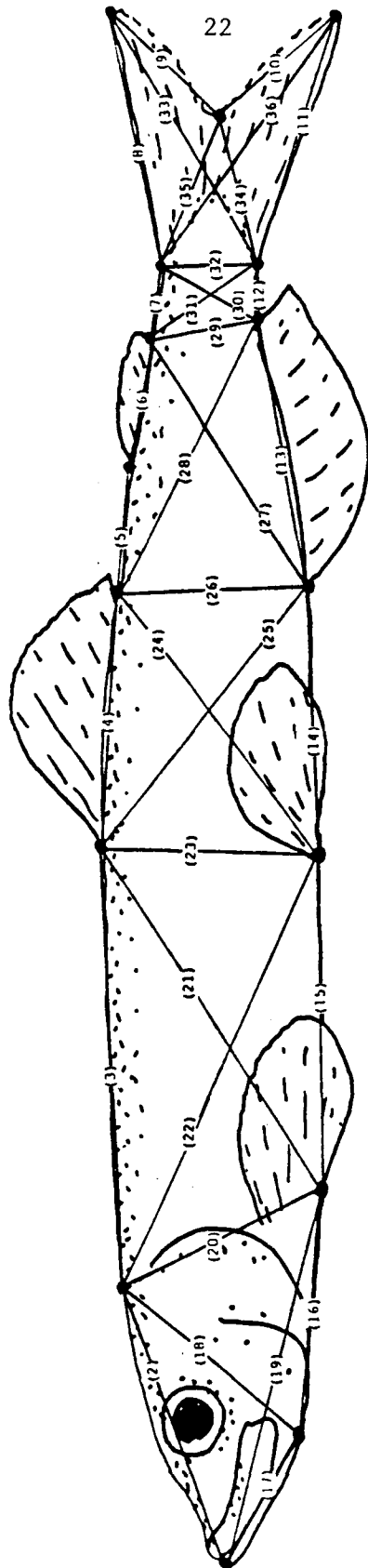


Figure 2. Mesures morphométriques et numéros des variables correspondantes utilisées dans les analyses. Ce réseau de mesure détermine six cellules (numéro encerclé).

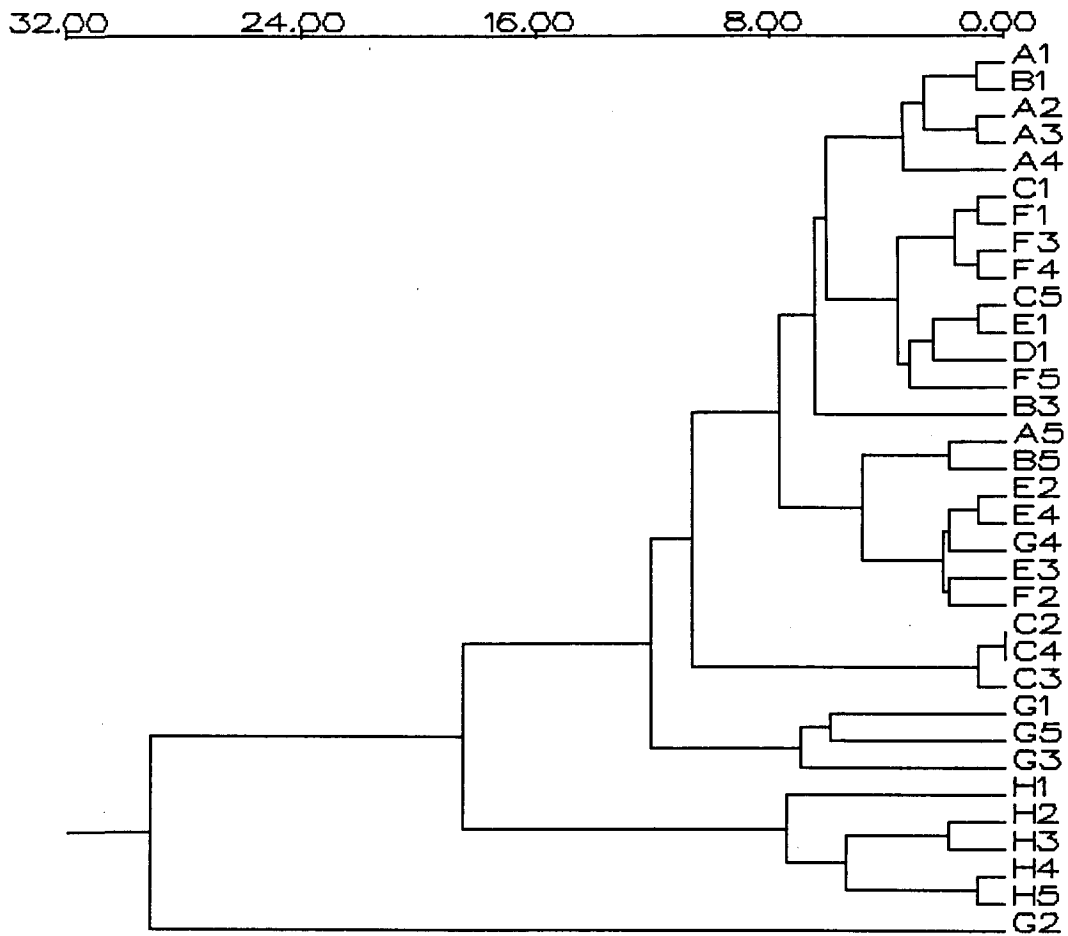


Figure 3. Groupement selon l'association moyenne des échantillons ou groupes d'échantillons de capelans femelles. Les lettres correspondent aux codes présentés au tableau 4.

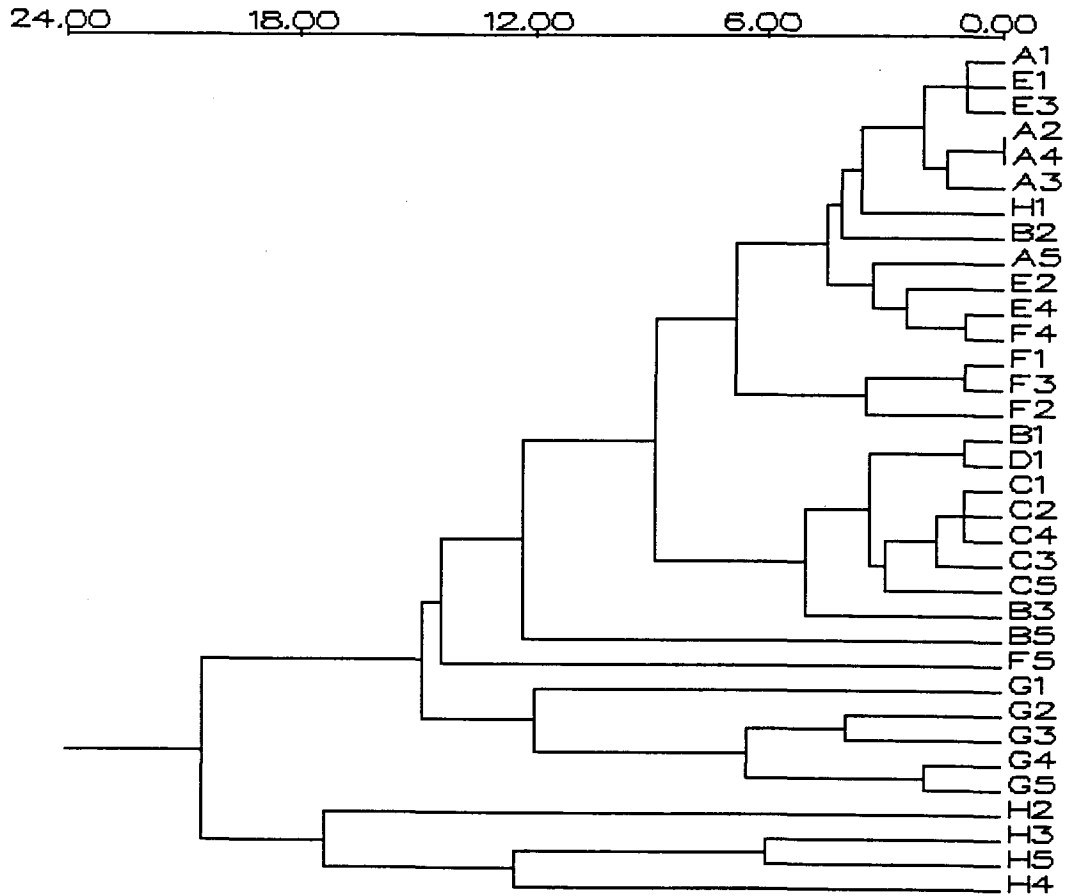


Figure 4. Groupement selon l'association moyenne des échantillons ou groupes d'échantillons de capelans mâles. Les lettres correspondent aux codes présentés au tableau 5.

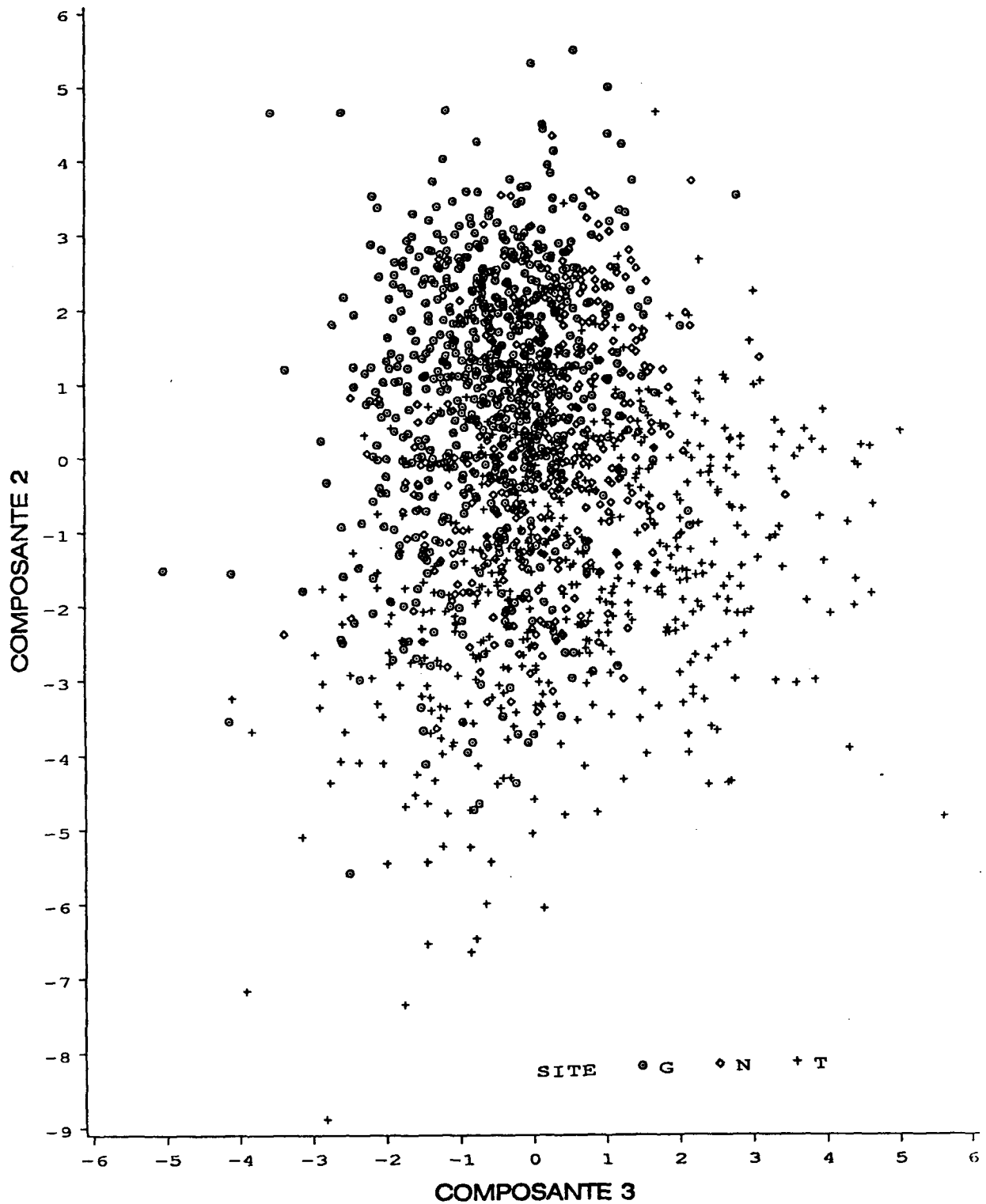


Figure 5. Position de chacun des individus femelles dans l'espace réduit des composantes principales 2 et 3. Les symboles referrent aux régions d'échantillonnage, soient la Gaspésie (incluant Newport, Ste-Flavie, Sept-Iles et Havre St-Pierre), la Côte-Nord (moyenne et basse, La Tabatière et Blanc Sablon) et Terre-Neuve (Port-au-Choix et Corner Brook).

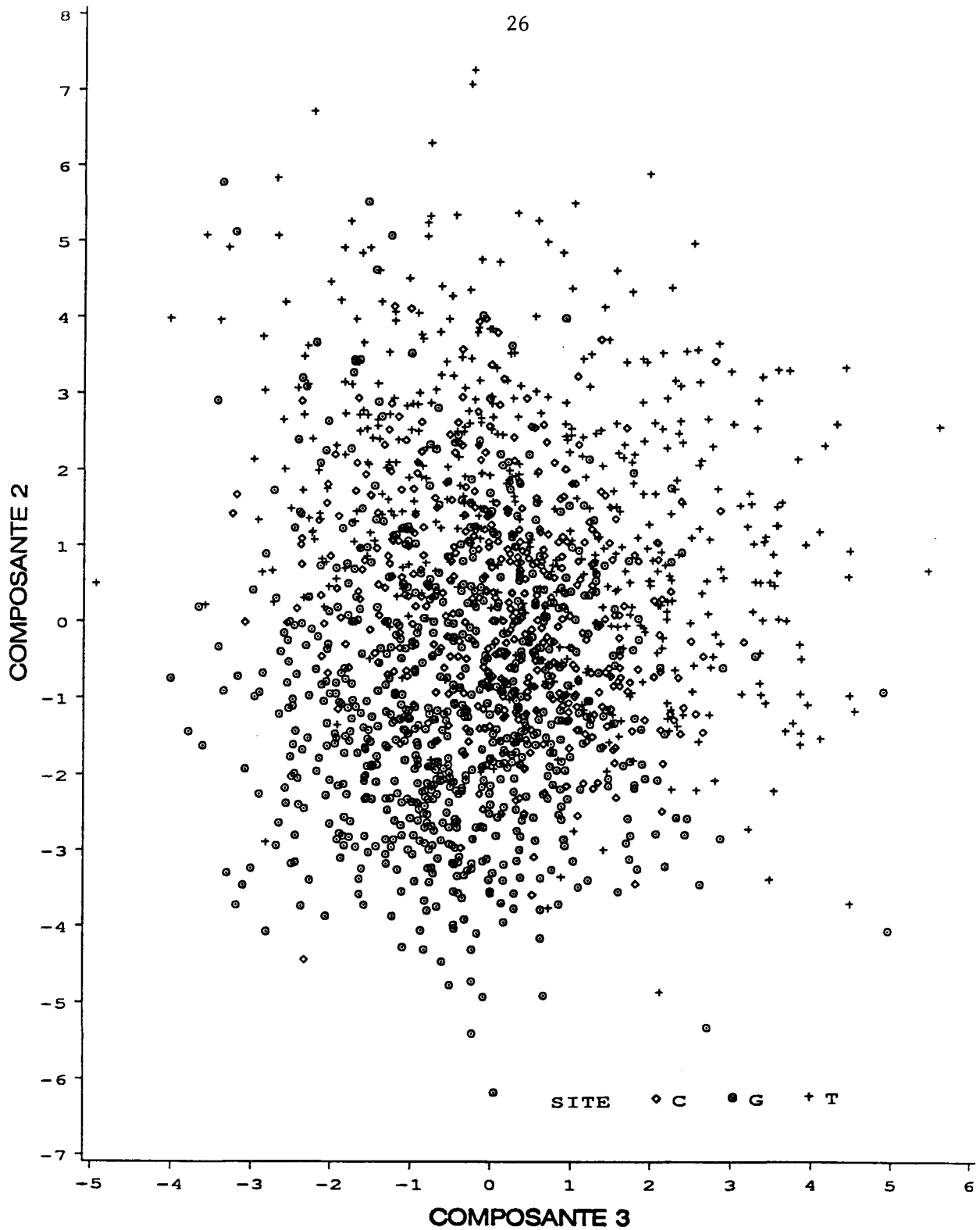


Figure 6. Position de chacun des individus mâles dans l'espace réduit des composantes principales 2 et 3. Les symboles referrent aux régions d'échantillonnage, soient la Gaspésie (incluant Newport, Ste-Flavie, Sept-Iles et Havre St-Pierre), la Côte-Nord (moyenne et basse, La Tabatière et Blanc Sablon) et Terre-Neuve (Port-au-Choix et Corner Brook).

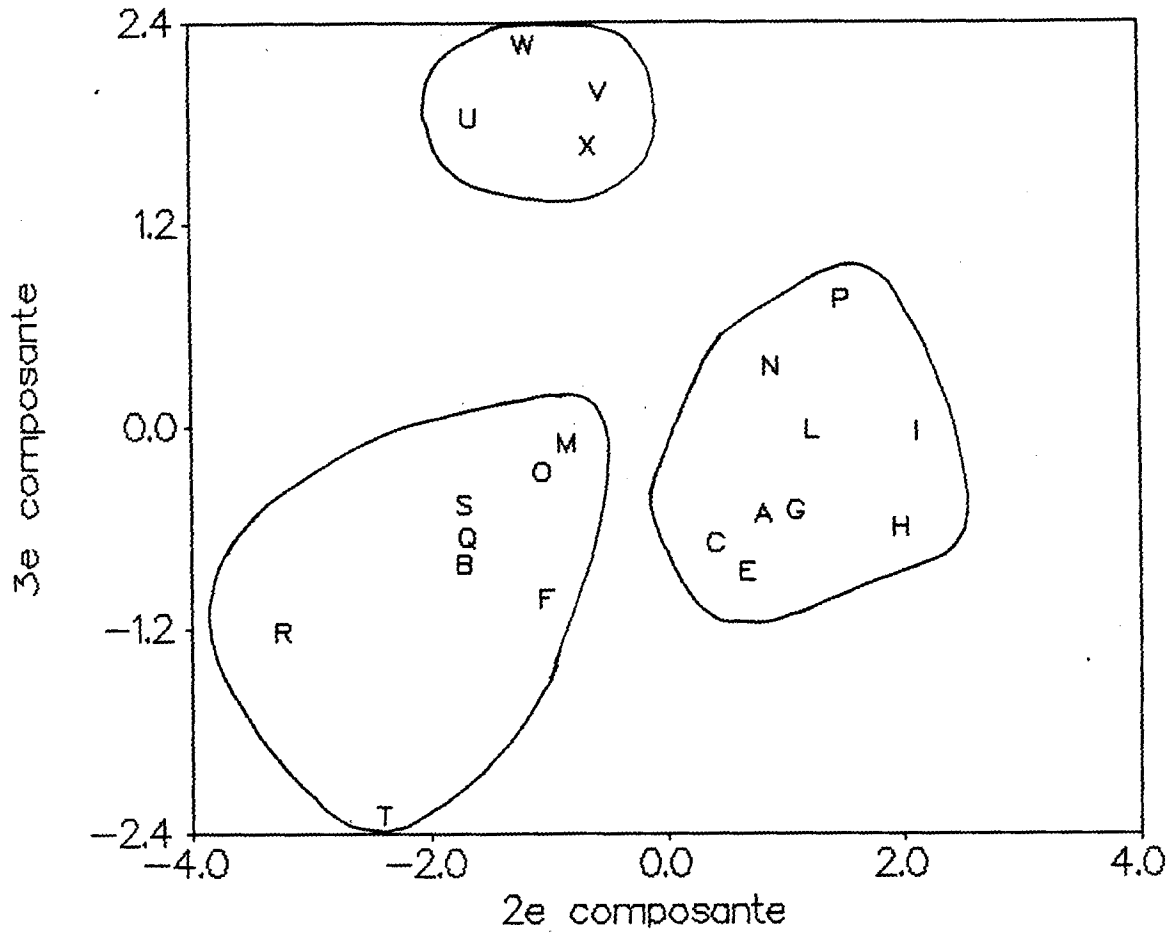


Figure 7. Position des centroïdes de la distribution des individus femelles, identifiés selon leur échantillon ou groupe d'échantillons, dans l'espace réduit des composantes principales 2 et 3. Les symboles referrent aux codes d'échantillons ou groupes d'échantillons présentés au tableau 4.

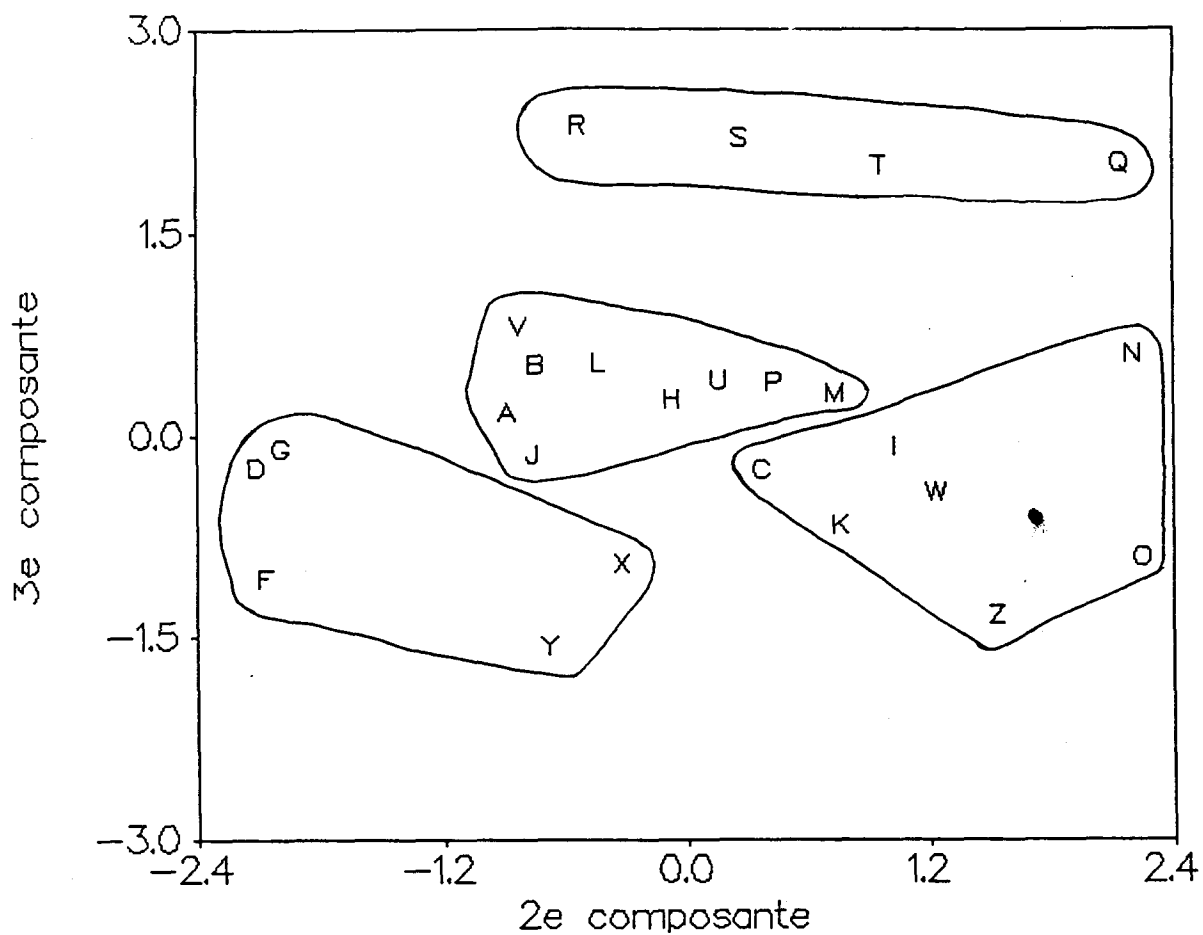


Figure 8. Position des centroïdes de la distribution des individus mâles, identifiés selon leur échantillon ou groupe d'échantillons, dans l'espace réduit des composantes principales 2 et 3. Les symboles referrent aux codes d'échantillons ou groupes d'échantillons présentés au tableau 5.