

LES RORQUALS COMMUNS ET LES ACTIVITÉS D'OBSERVATION EN MER DANS L'ESTUAIRE MARITIME DU SAINT-LAURENT ENTRE 1994 ET 1996 :

2. ÉVALUATION DE L'IMPACT DES ACTIVITÉS D'OBSERVATION EN MER SUR LE COMPOURTEMENT DES RORQUALS COMMUNS



Rapport final présenté par

Robert Michaud et Janie Giard
du Groupe de recherche et d'éducation sur le milieu marin
108 de la cale sèche, Tadoussac, QC. G0T 2A0

Un projet réalisé dans le cadre d'une entente d'entreprises conjointes

Groupe de recherche et d'éducation sur le milieu marin
Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec
Ministères des Pêches et des Océans du Canada
Ministère du Patrimoine canadien, Parcs Canada

Mars 1998

On devra référer à cette publication comme suit:

Michaud, R., et J. Giard. 1998. Les rorquals communs et les activités d'observation en mer dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent entre 1994 et 1996: 2. Évaluation de l'impact des activités d'observation en mer sur le comportement des rorquals communs. Rapport final. GREMM, Tadoussac, Qc. : 24 pp.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	.ii
LISTE DES FIGURES	.iii
PRÉFACE	.iv
ÉQUIPE DE TRAVAIL	.v
REMERCIEMENTS	.v
RÉSUMÉ	.vi
INTRODUCTION	.1
MÉTHODES	.1
Système de télémétrie et collecte de données	.1
Identification des activités	.2
Classification des activités	.3
Variations temporelles et répartition spatiale des activités des rorquals communs	.3
Effet de la présence des bateaux sur le comportement des rorquals communs	.5
RÉSULTATS	.6
Identification et classification des activités	.6
Variation temporelle des activités des rorquals communs	.7
Répartition spatiale des rorquals communs	.7
Effet de la présence des bateaux sur le comportement des rorquals communs	.7
DISCUSSION	.11
Fonctions des activités de plongée des rorquals communs	.11
Impact des activités d'observation sur les rorquals communs	.11
Implications pour la gestion	.12
RÉFÉRENCES CITÉES	.13

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Résultats de l'analyse en composantes principales effectuée avec cinq variables du comportement de plongée des rorquals communs.....	3
Tableau 2.	Caractéristiques de chaque classe d'activité telles que définies par l'analyse de regroupement de type K-mean.....	4
Tableau 3.	Fréquence relative des six types de plongée pour les quatre classes d'activité des rorquals communs.....	5
Tableau 4.	Coefficients des corrélations de rang de Spearman entre des caractéristiques du comportement des rorquals communs en activité de plongée profonde et leur exposition aux bateaux d'excursion.....	11

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Variation des caractéristiques de plongée d'un rorqual commun (suivi 95022) en fonction de l'heure de la journée.....	4
Figure 2.	Variation de la fréquence relative des classes d'activité des rorquals communs en fonction de l'heure de la journée.....	5
Figure 3.	Variation de la fréquence relative des classes d'activité des rorquals communs en fonction du cycle semi-diurne de la marée et de la période de la journée.....	6
Figure 4.	Répartition spatiale des rorquals communs en fonction de l'heure de la journée.....	8
Figure 5.	Répartition spatiale des rorquals communs en fonction du cycle semi-diurne de la marée.....	9
Figure 6.	Répartition spatiale des rorquals communs en fonction des classes d'activité de plongée.....	10

PRÉFACE

Cette étude des rorquals communs et des activités d'observation en mer dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent comprend deux volets : 1) l'étude de l'utilisation du territoire et l'évaluation de l'exposition des rorquals communs aux activités d'observation en mer; 2) l'étude du comportement en relation avec les activités d'observation en mer. Le premier volet a fait l'objet d'un rapport précédent (Michaud et Giard 1997). Le second est traité dans le présent rapport.

L'étude a été dirigée par le Groupe de recherche et d'éducation sur le milieu marin (GREMM) dans le cadre d'une entente d'entreprises conjointes. Les partenaires du projet étaient le parc marin du Saguenay—Saint-Laurent et ses deux co-gestionnaires, le ministère du Patrimoine canadien (Parcs Canada), le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec et l'Institut Maurice Lamontagne (Pêches et Océans Canada). Cette étude faisait partie d'une série de projets de recherche entrepris par ce groupe de partenaires en 1994 afin d'approfondir les connaissances sur l'écologie des rorquals communs, de caractériser l'activité de l'industrie d'observation des baleines en mer et d'évaluer son impact sur les baleines.

ÉQUIPE DE TRAVAIL

Responsable des activités de terrain:	Janie Giard (GREMM)
Équipe de terrain:	Guy Bourassa (Parcs Canada) Martin Champagne (GREMM) Christiane Foley (GREMM) Janie Giard (GREMM) Serge Gosselin (IML) Daniel Lefebvre (GREMM) Yves Poirier (GREMM) Jeni Sheldon (GREMM) Gérard Therrien (Parcs Canada)
Responsables des suivis de nuit:	Véronik de la Chenelière (GREMM) Jeni Sheldon (GREMM)
Concepteurs des balises et conseillers techniques:	Jeff Goodyear et Jim Harrington (Ecology Research Group)
Saisie de données:	Jeni Sheldon Josée Duhaime Edith Paradis
Programmation, gestion des bases de données, mise en page et cartographie:	Michel Moisan
Révision des textes:	Véronik de la Chenelière
Analyse et rédaction:	Janie Giard et Robert Michaud (GREMM)
Chargés de projet:	Janie Giard et Robert Michaud (GREMM)

REMERCIEMENTS

Ce projet de recherche a pu être réalisé grâce à la participation de plusieurs personnes dont un grand nombre de volontaires bénévoles de l'École de la Mer, du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent et du GREMM qui se sont joints aux équipes de nuit. Nous tenons à remercier particulièrement Suzan Dionne (Parcs Canada) qui a rendu possible la réalisation de ce projet auquel elle a cru dès le début et Michel Boivin (Parcs Canada) pour le soutien apporté au projet et pour la très grande disponibilité de l'équipe du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Nous aimerions également remercier Jeff Goodyear pour sa disponibilité et ses commentaires très pertinents pendant la préparation du projet et pendant les activités de terrain, ainsi que Michael Kingsley, Yvan Simard et Serge Gosselin, chercheurs à l'Institut Maurice Lamontagne, pour leur assistance et pour leur matériel. Nos remerciements vont également aux capitaines des bateaux d'excursion pour leur précieuse collaboration tout au long du projet.

Enfin, un merci bien particulier à toute l'équipe de terrain et à Michel Moisan pour leurs innombrables heures de travail, leur patience, leur enthousiasme et leur compétence. Merci!

RÉSUMÉ

Entre 1994 et 1996, 25 rorquals communs marqués à l'aide de balises télémétriques de type VHF ont été suivis pour un total de 382 heures réparties sur 32 jours et 12 nuits. Les observations recueillies ont été analysées en vue d'identifier les activités des rorquals communs et de vérifier, séparément pour chacune des classes d'activité, l'effet de la présence des bateaux sur le comportement des animaux exposés.

L'analyse des suivis a permis d'identifier quatre classes d'activité fondées sur les caractéristiques des plongées: les activités de plongée profonde, les activités de plongée intermédiaire, les activités de plongée peu profonde et les transitions. Le bilan de ces activités présente des variations journalières démontrant l'existence d'un cycle jour - nuit. La période nocturne (de 19 h 00 à 05 h 00) a été largement dominée par les activités de plongée peu profonde. En début de journée, les activités de plongée intermédiaire ont été les plus fréquentes mais rapidement remplacées par les activités de plongée profonde qui ont dominé une grande partie de la période diurne (de 5 h 00 à 19 h 00). Ce patron distinctif et le type de plongée caractéristique de chaque classe d'activité suggèrent des fonctions différentes pour chacune. Les activités de plongée intermédiaire semblent avoir une fonction exploratoire alors que les activités de plongée profonde semblent associées à la chasse et à l'alimentation. La ou les fonctions des activités de plongée peu profonde sont plus difficiles à cerner.

Le comportement des rorquals communs en activité de plongée profonde a varié de façon significative en réponse à l'exposition aux bateaux d'excursion. Les modifications rapportées sont une réduction de la durée moyenne des plongées et une augmentation de la variabilité des durées de plongée et d'excursion de fond.

L'effet potentiel de ces modifications sur les stratégies de chasse et sur l'efficacité de l'alimentation des rorquals communs est inquiétant. Si on considère les effets cumulatifs d'une diminution de l'efficacité de la chasse et de l'alimentation, l'impact sur le bilan énergétique et la condition physique des animaux qui demeurent dans l'estuaire plusieurs mois chaque été peut être significatif. Dans la perspective d'une gestion prudente des activités d'observation en mer des baleines, ces résultats justifient le développement et l'application de solutions efficaces visant à minimiser cette forme de dérangement en réduisant et en contrôlant la concentration des bateaux sur les sites d'observation.

INTRODUCTION

La présence saisonnière des rorquals communs, *Balaenoptera physalus*, et des rorquals bleus, *Balaenoptera musculus*, à la tête du chenal Laurentien, entre Les Escoumins et Tadoussac (Sergeant 1977, Edds et MacFarlane 1987), a permis l'établissement depuis 1983 d'une véritable industrie d'observation dans les limites du parc marin du Saguenay – Saint-Laurent (Michaud et Gilbert 1993). Cette industrie est rapidement devenue florissante et la flotte des bateaux d'excursion s'est accrue pour faire face à une demande annuelle de plus de 300 000 visiteurs (Parcs Canada, données non publiées). De juin à la mi-octobre, c'est maintenant près d'une cinquantaine de bateaux, offrant chacun de trois à cinq départs quotidiens, qui sillonnent les eaux de ce secteur (Michaud et coll. 1997).

Depuis son apparition au début des années 1970, l'observation en mer des baleines soulève constamment des questions. L'impact négatif que pourrait avoir cette activité sur le comportement des baleines est au centre des préoccupations (Anonyme 1988, Beach et Weinrich 1989, IFAW et coll. 1995, Parcs Canada 1997). Malgré les craintes fréquemment exprimées à l'endroit des activités d'observation en mer, peu d'études ont permis de mesurer leur effet sur le comportement des baleines (Watkins 1986, Stone et coll. 1992, Blane 1994, Giard 1996, Barr 1998). Ces études se sont principalement intéressées aux réactions immédiates telles que des modifications du comportement de ventilation, des mouvements de surface ou de la taille des groupes. L'analyse du comportement de quatre rorquals communs suivis à l'aide de télémétrie VHF dans les limites du parc marin en 1994 avait permis d'identifier des modifications du comportement de plongée (Giard 1996). Les modifications observées étaient toutefois l'inverse de celles rapportées pour une étude semblable avec les rorquals communs du golfe du Maine (Stone et coll. 1992). Giard (1996) avait attribué ces différences à la difficulté de contrôler les autres sources de variations, en particulier les variations associées à l'activité dans laquelle l'animal suivi est engagé. En effet, plusieurs études sur les rorquals communs et d'autres espèces de grands cétacés ont mis en évidence des variations importantes dans le comportement de ventilation et de plongée selon les activités tels que le déplacement, l'alimentation ou le repos (Sumich 1983, Würsig et coll. 1984, Dolphin 1987, Dorsey et coll. 1989, Richardson et Malme 1993, Kopelman et Sadove 1995). De plus, il est possible que la réaction d'un animal à une source de dérangement soit fortement condi-

tionnée par l'activité dans laquelle il est engagé. Il est donc essentiel d'identifier objectivement les activités des animaux étudiés afin d'évaluer sa réaction au dérangement.

Entre 1994 et 1996, 25 rorquals communs marqués à l'aide de balises télémétriques de type VHF ont été suivis pour un total de 382 heures réparties sur 32 jours et 12 nuits. Les données recueillies lors de ces suivis ont déjà fait l'objet d'un rapport traitant de l'utilisation du territoire par les rorquals communs et de leur exposition aux activités d'observation (Michaud et Giard 1997). Ces données sont analysées ici en vue d'identifier les activités des rorquals communs et de vérifier l'hypothèse suivante : la présence de bateaux à proximité des rorquals communs affecte divers paramètres de leur comportement.

Le rapport qui suit présente en détail la méthode d'analyse mise au point pour l'identification des activités des rorquals communs. Les données inédites sur les bilans d'activités présentées dans ce rapport complètent les informations présentées dans le rapport du premier volet de cette étude (Michaud et Giard 1997). Ces nouvelles données et leur intérêt pour mieux comprendre l'utilisation du territoire par les rorquals communs seront traités brièvement dans le présent rapport. Ce deuxième volet de l'étude traite spécifiquement de l'évaluation de l'impact des activités d'observation en mer sur les rorquals communs.

MÉTHODES

Tous les aspects méthodologiques relatifs au système de télémétrie utilisé, au plan d'échantillonnage et à la collecte des données sont présentés dans le rapport du premier volet de cette étude (Michaud et Giard 1997). Une description sommaire est présentée ici. Les procédures utilisées pour l'identification et la classification des activités des rorquals communs, ainsi que l'évaluation de l'effet des bateaux d'excursion, sont détaillées dans les sections qui suivent. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SYSTAT 5.2 (SPSS Inc., Chicago). Les représentations cartographiques ont été réalisées à l'aide du logiciel ArcView 3.0a (Environmental Systems Research Institute Inc.).

Système de télémétrie et collecte de données

Des balises VHF ont été utilisées pour suivre des rorquals communs et recueillir des données sur leur comportement de plongée. Les balises, conçues par Jeff Goodyear (Ecology

Research Group, Victoria, B.C.), étaient équipées de sondes manométriques permettant de mesurer aux 5 secondes la profondeur à laquelle l'animal évoluait. Ces données étaient archivées dans la mémoire de la balise et un résumé des données était transmis par ondes radio à chaque émergence de la balise. Les balises ont été fixées avec une ventouse, déposée sur le dos des animaux à l'aide d'une tige d'aluminium. La pose des balises a été effectuée à partir d'une embarcation pneumatique de 5,8 m. Les suivis ont été réalisés à bord d'un *Boston Whaler* de 7 m, équipé d'une tourelle d'observation située à 3 m au-dessus du niveau de l'eau. Le contact visuel avec un animal a été maintenu jusqu'à ce que la balise se détache ou jusqu'à la tombée du jour. Au cours de la nuit ou lorsque les conditions météorologiques ne permettaient pas de rester en mer, les suivis radio ont été poursuivis à partir de la côte.

Un échantillonnage de type « animal cible » (*focal animal sampling*, Altmann 1974) a été utilisé pour décrire le comportement des animaux suivis. Chaque fois que l'animal suivi faisait surface (observation visuelle du souffle de l'animal et/ou réception du signal VHF), l'heure était notée. À la fin de chaque séquence de surfaces, un ensemble d'observations sur le comportement, les mouvements et la composition du groupe était noté. Une séquence de surfaces est définie comme une suite d'apparitions à la surface, avec ou sans respiration, au cours de laquelle l'intervalle maximum entre deux apparitions est de 60 secondes (Giard 1996). Pour les analyses qui suivent, une plongée (≥ 60 s) et la séquence de surfaces qui suit ont été considérées comme les composantes d'un cycle de plongée (Giard 1996).

Les données relatives au nombre de baleines et au nombre de bateaux se trouvant à proximité de l'animal étaient recueillies à la fin de chacune des séquences de surfaces de l'animal suivi (1995 et 1996) ou encore toutes les 30 minutes (1994) sous la forme d'un échantillonnage par balayage (*scan sampling*, Altmann 1974). Le nombre de bateaux rapporté exclut toujours le bateau utilisé pour les suivis. La position du bateau, obtenue à l'aide d'un GPS (*Global Positioning System*; Magellan), ainsi qu'une estimation visuelle de la distance et de l'angle de l'animal par rapport au bateau étaient notées à la fin de chaque séquence de surfaces de l'animal suivi.

L'aire d'étude a couvert l'ensemble du territoire utilisé par les bateaux d'excursion opérant dans les limites ou à proximité du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (Michaud et

coll. 1997). Il s'agit d'un territoire de 450 km², s'étendant jusqu'à 12 km au large de la côte nord de l'estuaire, entre Tadoussac et Les Escoumins.

Identification des activités

Les méthodes quantitatives permettant d'identifier et de classer les activités (Slater 1974, Slater et Lester 1982, Martin et Bateson 1986, Sibly et coll. 1990) sont peu nombreuses et sont souvent simplistes et peu appropriées pour l'étude du comportement de plongée (Boyd et coll. 1994). Pour la présente étude, une nouvelle méthode, inspirée des travaux de Boyd et coll. (1994) sur le comportement de plongée des otaries, a été développée.

Boyd et coll. (1994) ont développé une méthode statistique itérative qui recherche, dans les données séquentielles de plongée, des changements significatifs d'une des variables quantitatives. La méthode de Boyd et coll. (1994) procède en comparant la valeur moyenne de la durée de plongée, pour une première séquence de deux plongées, $S_{(i:i+1)}$, avec la durée de la plongée suivante $S_{(i+2)}$. S'il n'y a pas de différence significative, mesurée à l'aide d'un test de Student, la séquence initiale est prolongée d'une plongée. La valeur moyenne de la durée de plongée pour la séquence initiale prolongée $S_{(i:i+2)}$ est de nouveau comparée, à l'aide d'un test de Student, avec la plongée suivante $S_{(i+3)}$ jusqu'à ce que la différence soit trouvée significative. À ce point, le changement de comportement marque la fin d'une période d'activité (*activity bout*).

La méthode de Boyd et coll. (1994), comme la méthode classique du *log-survivorship* (Fagen et Young 1978), utilise une seule variable pour décrire une plongée. Afin d'utiliser le maximum d'informations disponibles pour caractériser les cycles de plongée (une plongée ≥ 60 s suivie d'une séquence de surfaces) des rorquals communs, une analyse en composantes principales a été effectuée sur les suivis pour lesquels on disposait des données de profondeur. La première composante principale extraite de cette analyse a été utilisée comme l'unique variable métrique décrivant chaque cycle de plongée. Il s'agit en fait d'une combinaison linéaire de cinq variables décrivant le cycle de plongée. Cette combinaison révèle les relations existant entre chacune des variables et tente de rendre compte du maximum de la variabilité contenue dans l'ensemble des cycles de plongée de la base de données. Pour cette analyse, cinq variables métriques, décrivant la forme et l'amplitude de chaque

plongée et de la séquence de surfaces qui suit, ont été retenues. Les cinq variables retenues sont: 1) la profondeur maximale de plongée, 2) le pourcentage du temps de la plongée passé en excursion de fond, défini comme la période entre le moment où l'animal a atteint 85% de la profondeur maximale et le moment où il quitte cette profondeur pour la dernière fois au cours de la plongée, 3) le coefficient de variation de la profondeur pendant l'excursion de fond, 4) la durée de la plongée et 5) la durée de la séquence de surfaces. La deuxième variable permet de discriminer les plongées en V et les plongées en U, alors que la troisième variable permet de distinguer les plongées en U des plongées en W (voir figure 2 de Michaud et Giard 1997).

La méthode statistique itérative de Boyd et coll. (1994) a été modifiée pour rechercher dans les données séquentielles des changements significatifs de la valeur de la première composante principale (extraite de l'analyse en composantes principales) caractérisant chaque cycle de plongée. La séquence de cycles de plongée initiale pour les comparaisons contient 3 cycles $S_{(i : i+2)}$. Cette séquence initiale a été comparée avec le triplet de cycles de plongée suivant $S_{(i+3 : i+5)}$. Cette modification à la méthode décrite plus haut visait à rendre le test de comparaison plus conservateur en acceptant un certain niveau de variabilité entre des plongées successives. Si la différence n'était pas significative, la séquence initiale était prolongée d'un cycle $S_{(i : i+3)}$ et la comparaison reprise avec le triplet de cycle de plongée suivant $S_{(i+4 : i+6)}$, et ainsi de suite. Lorsque la différence était trouvée significative, les trois cycles du triplet marquant une discontinuité et les deux derniers cycles de la séquence initiale ont été désignés par convention comme une période de transi-

tion, d'une durée standard de cinq cycles de plongée. Les cycles de plongée compris entre deux périodes de transition ont été considérés comme une période d'activité.

Classification des activités

Une analyse de regroupement de type *K-mean* (PROC FASTCLUS de SAS, SAS Institute Inc. 1990) a été utilisée pour classer les périodes d'activité. Cinq variables ont été utilisées pour caractériser chacune des périodes d'activité : 1) la moyenne des profondeurs maximales de plongée pour la période, 2) le coefficient de variation des profondeurs maximales de plongée, 3) le pourcentage moyen du temps passé en excursion de fond pour chaque plongée de la période, 4) la durée moyenne de plongée et 5) la durée moyenne des séquences de surfaces.

Un examen visuel de 2337 plongées, basé sur la forme des profils de plongée, avait permis de les classer en six types (voir figure 2 de Michaud et Giard 1997). La fréquence relative de ces types de plongée a été calculée pour chacune des classes d'activité déterminées selon la méthode statistique décrite dans le paragraphe précédent.

Variations temporelles et répartition spatiale des activités des rorquals communs

Les variations temporelles des activités des rorquals ont été examinées en fonction du cycle circadien de 24 heures et du cycle de marée semi-diurne. Pour la saison de l'année couverte par cette étude (août et septembre), le jour a été délimité par la période comprise entre 05 h 00 et 19 h 00 et

Tableau 1. Résultats de l'analyse en composantes principales effectuée avec cinq variables du comportement de plongée des rorquals communs.

	Composantes principales				
	1	2	3	4	5
Valeur propre (Eigen value)	3,17	0,84	0,42	0,39	0,19
% de la variance expliquée	63,30	16,83	8,32	7,70	3,85
Coefficients					
Profondeur maximale	0,890	0,070	0,230	0,252	-0,295
% de la plongée en excursion de fond	0,878	-0,230	0,207	0,197	0,307
C.V. de la profondeur pendant l'excursion de fond	0,636	-0,701	-0,181	-0,252	-0,094
Durée de la plongée	0,764	0,431	0,167	-0,448	0,033
Durée de la séquence de surfaces	0,783	0,327	-0,510	0,135	0,036

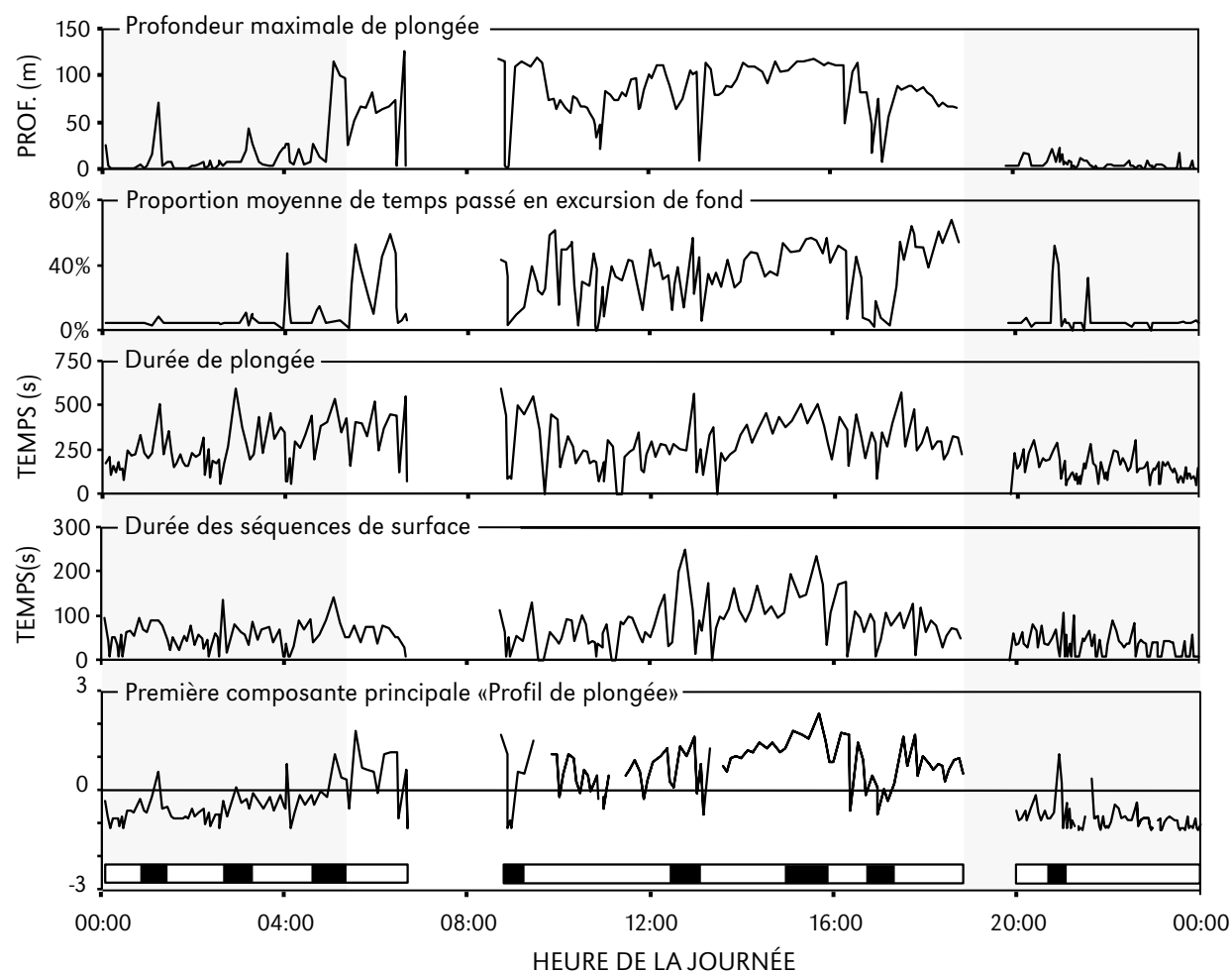


Figure 1. Variation des caractéristiques de plongée d'un roquail commun (suivi 95022) en fonction de l'heure de la journée. Les périodes de transition sont indiquées par le trait plein à la base de la figure.

Tableau 2. Caractéristiques de chaque classe d'activité telles que définies par l'analyse de regroupement de type K-mean.

Classe d'activité	Type d'activité	n	Prof. maximale moyenne (m)	C.V. de la profondeur maximale	Proportion moyenne de temps passé en excursion de fond	Durée moyenne de plongée (s)	Durée moyenne des séquences de surfaces (s)
Activité de plongée peu profonde	1	29	18,4	1,362	0,100	230,1	43,8
	2	17	6,0	3,430	0,060	213,3	30,2
Activité de plongée intermédiaire	3	13	68,9	0,513	0,286	249,9	49,3
	4	3	78,8	0,666	0,294	499,5	82,4
Activité de plongée profonde	5	24	94,3	0,218	0,440	318,7	85,7
	6	5	126,8	0,220	0,504	507,6	143,3
Transition	7	72	58,0	0,878	0,233	302,2	73,0

Tableau 3. Fréquence relative des six types de plongée pour les quatre classes d'activité des rorquals communs. Les types de plongée sont: (1) plongée peu profonde (prof. max.<10 m), (2) plongée en V, (3) plongée asymétrique, (4) plongée en W, (5) plongée en U et (6) plongée à profil indéterminé.

Classe d'activité	Fréquence (%)						Nombre de plongées
	1	2	3	4	5	6	
Activité de plongée peu profonde	79,1	2,6	6,1	3,2	7,2	1,8	1099
Activité de plongée intermédiaire	5,6	12,7	10,6	15,5	54,9	0,7	286
Activité de plongée profonde	4,5	4,5	3,5	5,5	81,9	0,2	494
Transition	38,4	7,2	8,9	8,3	36,4	0,9	351

la nuit entre 19 h 00 et 05 h 00. L'heure de chaque relevé a été transposée sur un cycle de marée standardisé, d'une durée de 12 heures, en calculant le temps écoulé depuis la dernière marée basse. Ces calculs ont été fournis par le laboratoire de François Saucier (Institut Maurice Lamontagne, MPO).

La répartition spatiale des rorquals communs a été examinée en fonction de l'heure du jour et du cycle de marée semi-diurne à l'aide de la cartographie des relevés de position effectués à la fin de chacun des cycles de plongée des animaux suivis en mer. La répartition spatiale des activités a été examinée en fonction des mêmes variables.

Effet de la présence des bateaux sur le comportement des rorquals communs

Une analyse de corrélation de rang de Spearman a été utilisée pour vérifier l'effet de la présence des bateaux sur le comportement des rorquals communs. L'unité d'échantillonnage considérée a été la période d'activité. L'effet du nombre moyen et du nombre maximum de bateaux auxquels un individu était exposé pendant une période d'activité a été examiné. Les variables examinées étaient les suivantes: la taille de groupe, la distance parcourue à la surface entre deux plongées et différents paramètres du comportement de plongée, soit la durée de la plongée, la durée des séquences de surfaces et la durée de l'excursion de fond.

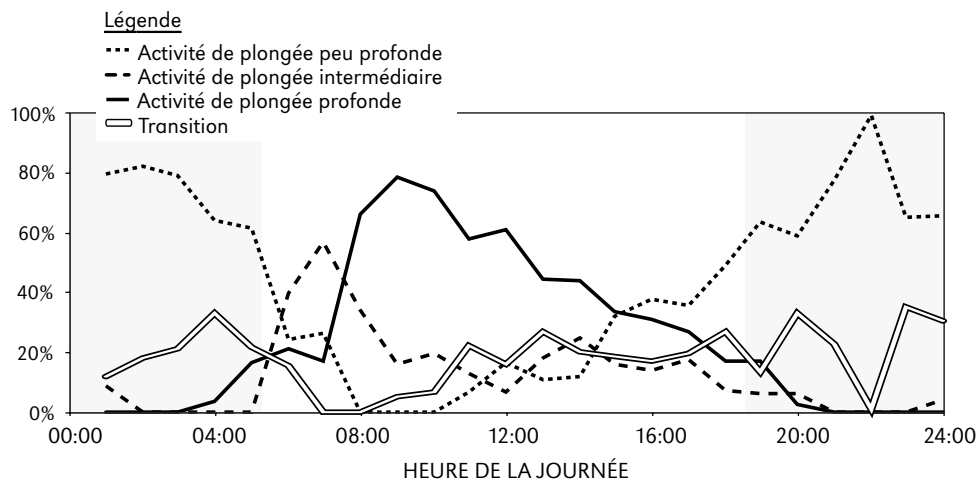


Figure 2. Variation de la fréquence relative des classes d'activité des rorquals communs en fonction de l'heure de la journée. Ce bilan a été établi par la compilation des pourcentages de temps alloué aux quatre classes d'activité par 15 individus suivis pour un total de 186,2 heures.

RÉSULTATS

Les efforts de marquage ont permis de récolter des données sur 25 rorquals communs entre 1994 et 1996, soit un total de 382 heures de suivi réparties sur 32 jours et 12 nuits (Michaud et coll. 1997). Trois des huit suivis de 1995 et tous les suivis de 1996 ($n=13$) ont fourni des données de profondeurs. Ces 16 suivis totalisaient 248,8 heures de données provenant de 22 jours de suivis et incluant 6 cycles de 24 heures.

Pour l'analyse des activités, 186,2 heures de données provenant de 21 jours de suivis (15 individus) ont pu être utilisées. La répartition de ces heures de suivis a couvert toutes les heures du jour et de la nuit et toutes les phases de marée. Enfin, 82,8 heures de suivis de jour provenant de 15 jours de suivis (12 individus) ont été utilisées pour examiner l'effet de la présence des bateaux.

Identification et classification des activités

L'analyse en composantes principales effectuée avec les variables décrivant les cycles de plongée des rorquals communs a révélé de fortes corrélations entre ces variables. La première composante principale extraite par l'analyse expliquait à elle seule 63 % de la variabilité incluse dans la base de données (Tableau 1). Aucune autre composante n'avait une valeur propre supérieure à 1. Seule la première composante a donc été retenue pour la suite de l'analyse. Celle-ci reflète la forme et l'amplitude des plongées et des séquences de surfaces. Dans la suite de ce rapport, cette variable est désignée sous le nom de *profil de plongée*.

L'analyse itérative effectuée sur les données séquentielles de *profil de plongée* a permis d'identifier 163 périodes d'activité. La figure 1 illustre la variation journalière des caractéristiques des cycles de plongée et de la valeur métrique du profil de plongée pour un des individus suivis et fournit un exemple de l'identification des transitions entre les périodes d'activité.

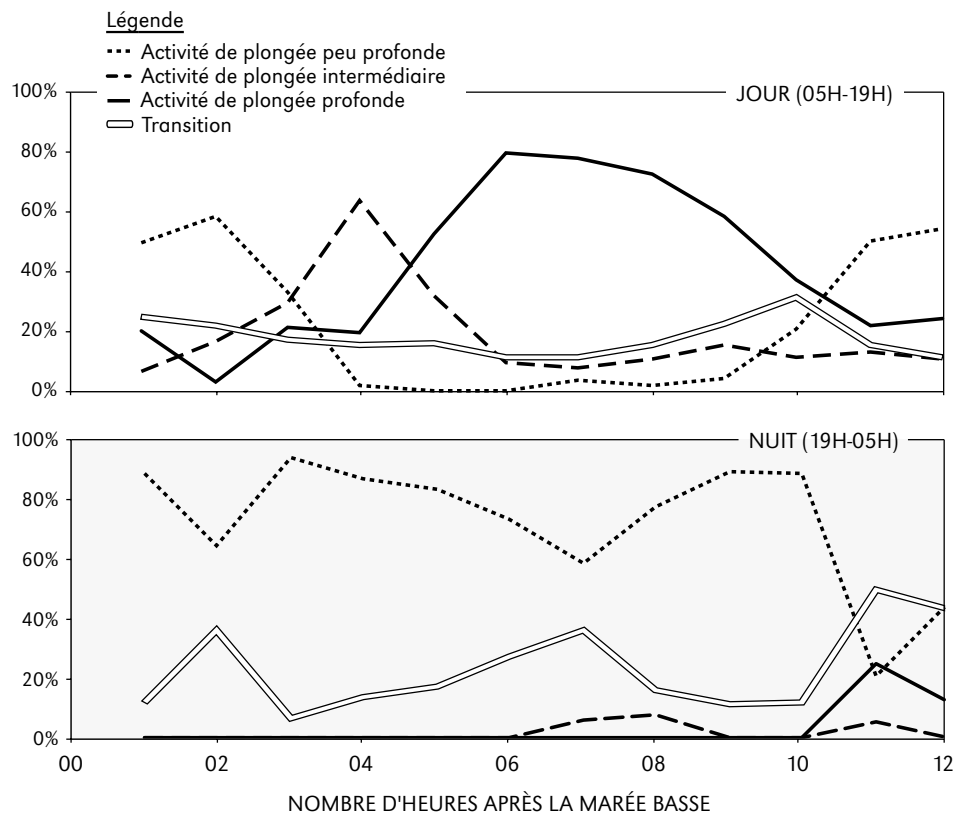


Figure 3. Variation de la fréquence relative des classes d'activité des rorquals communs en fonction du cycle semi-diurne de la marée et de la période de la journée. Le cycle de marée est exprimé en nombre d'heures après la marée basse. Ces bilans ont été établis par la compilation des pourcentages de temps alloué aux quatre classes d'activité par 15 individus suivis pour un total de 186,2 heures.

L'analyse de regroupement effectuée avec les périodes d'activité ainsi identifiées a suggéré une classification en six types d'activité, excluant les transitions qui ont été définies *a priori* par convention (Tableau 2). Pour les fins de l'analyse qui suit, la classification a été réduite à trois classes. Les activités de plongée peu profonde se distinguaient par les faibles profondeurs maximales moyennes, le coefficient de variation élevé des profondeurs de plongée et la très faible proportion de temps passé en excursions de fond. Les activités de plongée profonde se distinguaient par les grandes profondeurs maximales moyennes des plongées, la faible variabilité des profondeurs maximales atteintes et la proportion élevée de temps passé en excursion de fond. Enfin, les activités de plongée intermédiaire étaient intermédiaires à tous les égards.

La fréquence relative des six types de plongée (voir figure 2 dans Michaud et Giard 1997) a été calculée pour chacune des classes d'activité (Tableau 3). Les activités de plongée peu profonde contenaient en moyenne 80 % de plongées de type 1, dont la profondeur maximale ne dépassait pas 10 m. À l'opposé, les activités de plongée profonde contenaient en moyenne 82 % de plongées en U (type 5) dont la profondeur maximale moyenne a été de 95 m. Enfin, les activités de plongée intermédiaire contenaient 55 % de plongées en U et se distinguaient par une proportion élevée de plongées en V, en W ou de plongées asymétriques (types 2, 3 et 4 respectivement).

Les classes d'activité obtenues par la méthode statistique mise au point pour cette étude se distinguaient donc clairement par leur composition respective en types de plongée. Cette vérification constitue une sorte de validation de la méthode.

Variation temporelle des activités des rorquals communs

La variation journalière de la proportion de temps alloué par l'ensemble des rorquals communs aux quatre classes d'activité révèle clairement l'existence d'un cycle jour - nuit dans les activités (Figure 2). La période nocturne a été largement dominée par des activités de plongée peu profonde. En début de journée, les activités de plongée intermédiaire ont été les plus fréquentes mais rapidement remplacées par les activités de plongée profonde qui ont dominé une grande partie de la période diurne.

Les activités diurnes des rorquals communs suivaient également un signal très fort associé au cycle semi-diurne de la marée (Figure 3). Autour de la marée haute, soit entre 4 et 9 heures après la marée basse, les rorquals communs étaient principalement engagés dans des activités de plongée profonde. Comme il a été observé dans le cycle circadien, les activités de plongée profonde ont généralement été précédées par des activités de plongée intermédiaire. Pendant la nuit, aucun effet du cycle de la marée n'a été noté sur le bilan d'activités des rorquals communs (Figure 3).

Répartition spatiale des rorquals communs

Pendant la période diurne, la répartition spatiale des rorquals communs a également varié en relation avec l'heure de la journée et le cycle semi-diurne de la marée (Figures 4 et 5). À l'approche de la marée basse, les rorquals communs étaient observés autant à la tête du chenal, soit entre les contours bathymétriques de 100 m et de 200 m, qu'au-dessus du chenal Laurentien (profondeur > 200 m). Autour de la marée haute, les animaux ont démontré une préférence très marquée pour la tête du chenal et plus particulièrement pour le contour de 100 m. Le même patron de répartition spatiale a été noté en relation avec l'heure de la journée. Entre 08 h 00 et 11 h 00, les animaux suivis ont démontré une nette préférence pour la tête du chenal et le contour de 100 m, alors que plus tard dans la journée, ils se sont déplacés plus en aval au-dessus du chenal Laurentien.

L'examen de la répartition des rorquals communs en fonction de l'activité dans laquelle ils étaient engagés révèle de plus une association très forte entre les classes d'activité et les zones bathymétriques fréquentées (Figure 6). Lorsqu'ils étaient engagés dans des activités de plongée profonde, les rorquals communs ont été presque exclusivement observés au-dessus du contour de 100 m. À l'inverse, les activités de plongée peu profonde ont été plus fréquentes plus en aval et au-dessus du chenal Laurentien.

Effet de la présence des bateaux sur le comportement des rorquals communs

Vingt périodes d'activité de plongée profonde, d'une durée moyenne de $88,9 \pm 55,5$ min, et provenant de neuf jours de suivis différents (huit individus), ont été retenues pour l'analyse de l'effet des bateaux sur le comportement des rorquals communs. Aucune autre classe d'activité n'a été assez fréquente pendant la période où les bateaux étaient

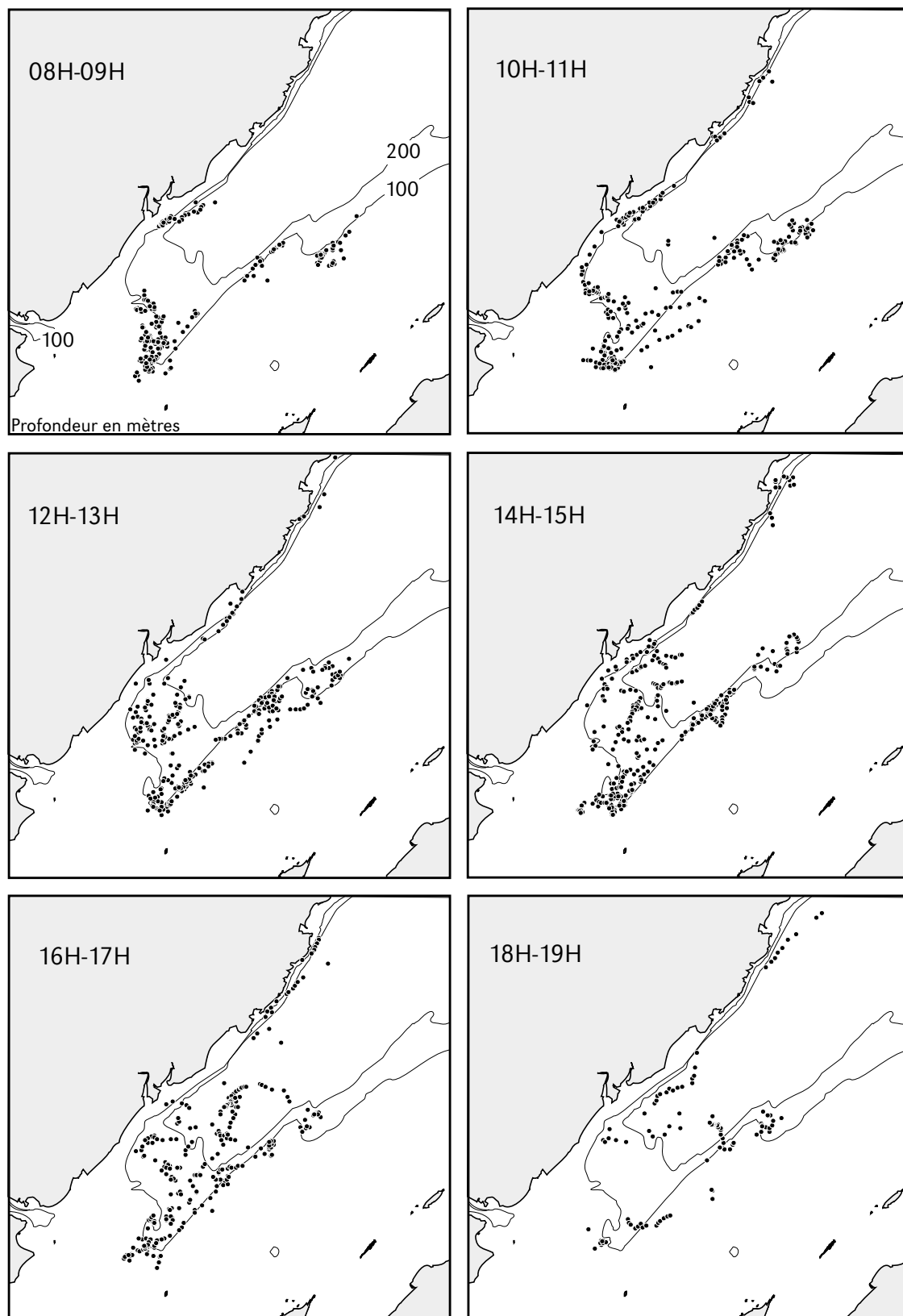


Figure 4. Répartition spatiale des rorquals communs en fonction de l'heure de la journée. Chaque point indique la position d'un animal à la fin d'une séquence de surfaces (n=25 individus; 236,3 heures de suivi en mer).

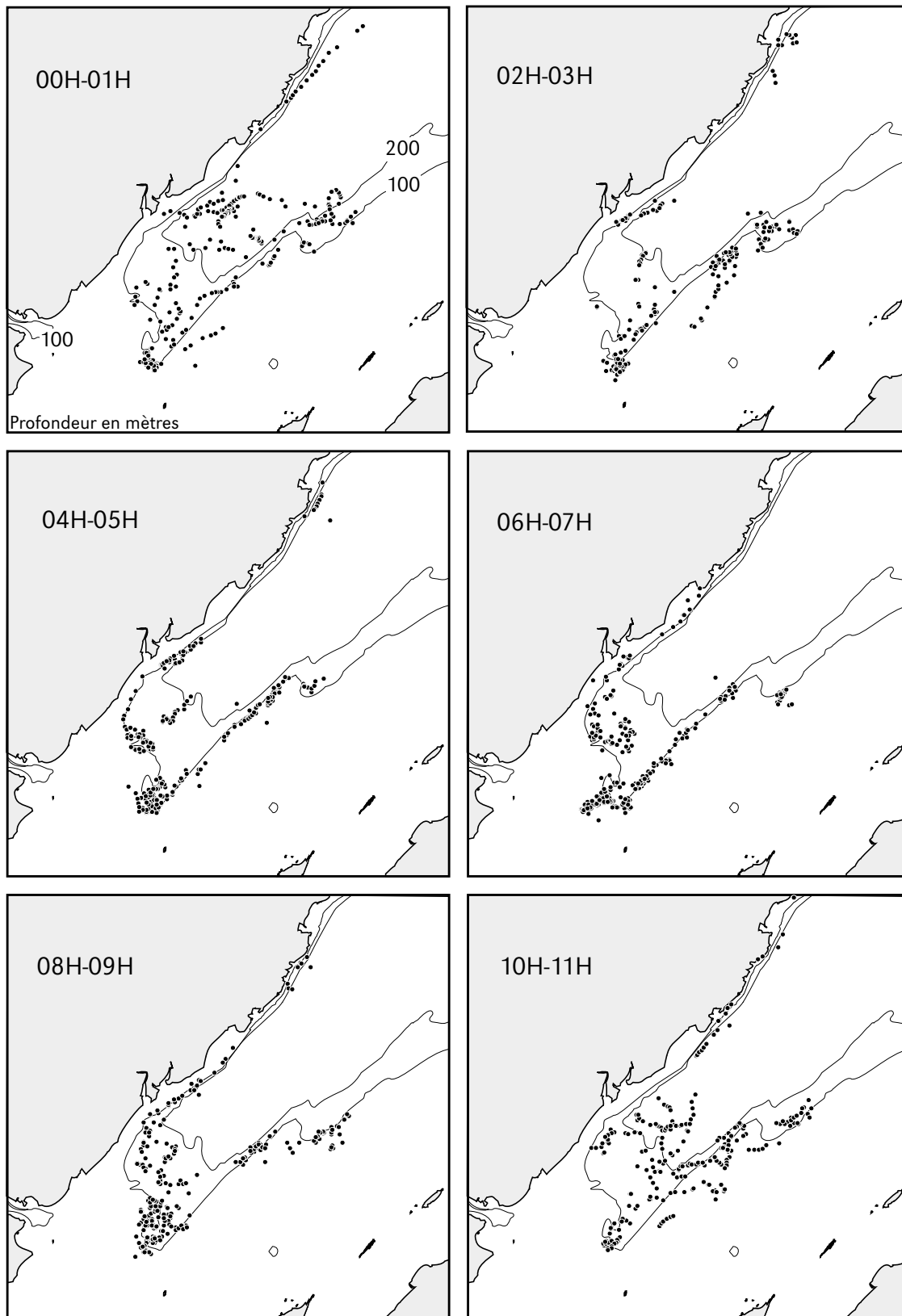


Figure 5. Répartition spatiale des rorquals communs en fonction du cycle semi-diurne de la marée. Le cycle de marée est exprimé en nombre d'heures après la marée basse. Chaque point indique la position d'un animal à la fin d'une séquence de surfaces (n=25 individus; 236,3 heures de suivi en mer).

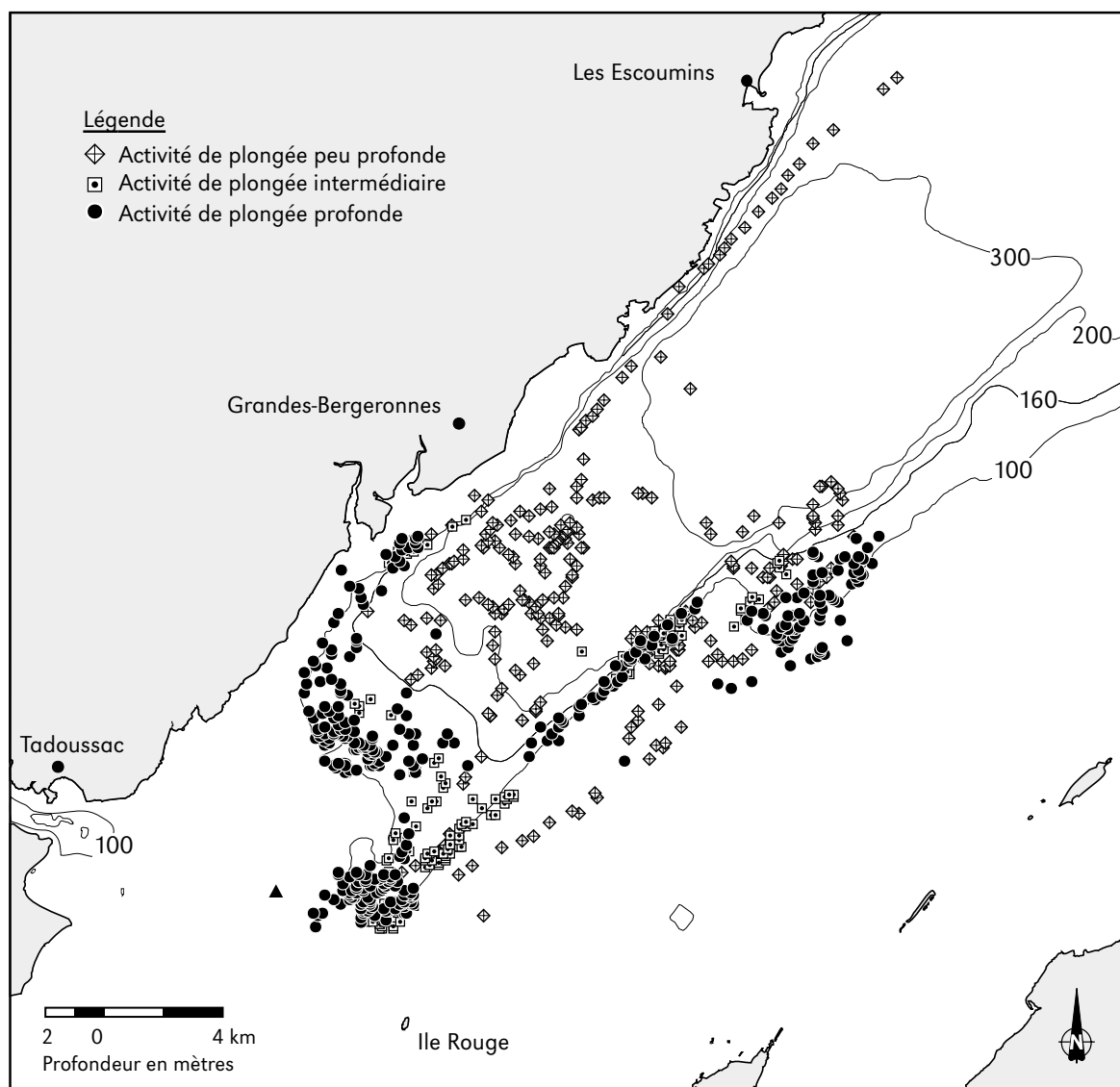


Figure 6. Répartition spatiale des rorquals communs en fonction des classes d'activité de plongée. Chaque point indique la position d'un animal à la fin d'une séquence de surfaces ($n=15$ individus).

présents pour les inclure dans l'analyse. Les résultats sont résumés au Tableau 4.

L'analyse a révélé une réduction importante et significative ($r_s = -.505$; $p < .05$) de la durée moyenne des plongées des rorquals communs avec l'accroissement du nombre maximum de bateaux auxquels un individu était exposé pendant une période d'activité. Des relations semblables, mais non significatives ont été mesurées entre le nombre de bateaux (moyen et maximum) et la durée moyenne des séquences de surfaces, et entre le nombre de bateaux (moyen et maximum) et la durée moyenne des excursions de fond. La variabilité de la durée des plongées et la variabilité de la durée

des excursions de fond ont par ailleurs augmenté de façon significative ($r_s > .43$; $p < .05$) avec le nombre de bateaux (moyen et maximum) auxquels un individu était exposé pendant une période d'activité.

Dans tous les cas rapportés ici, la relation a été plus forte avec le nombre maximum de bateaux qu'avec le nombre moyen de bateaux auxquels les rorquals communs ont été exposés pendant une période d'activité. Aucun effet de l'exposition n'a été observé sur la taille et la dynamique de groupe (coefficient de variation) ou sur les déplacements de surface entre deux plongées.

DISCUSSION

Fonctions des activités de plongée des rorquals communs

L'analyse des données recueillies au cours des suivis individuels de rorquals communs a permis d'identifier trois classes d'activité qui présentent des comportements de plongée et des patrons de répartition spatiale et temporelle très distinctifs. Ces patrons distinctifs suggèrent des fonctions différentes pour chaque classe d'activité. Ces fonctions semblent répondre à des cycles et des signaux environnementaux bien définis. Les données disponibles ne permettent toutefois pas d'identifier avec certitude la ou les fonctions de chacune des classes d'activité. Une revue comparative d'études semblables chez d'autres espèces permet toutefois de supporter certaines interprétations spéculatives.

La forme en U caractéristique des plongées qui dominent les activités de plongée profonde est généralement interprétée comme un comportement de chasse et d'alimentation, *foraging* (Hindell et coll. 1991, Schreer et Testa 1996, voir Schreer 1997 pour une revue). L'association presque stricte des activités de plongée profonde avec le contour bathymétrique de 100 m, à la tête du chenal, suggère que cette activité a pour fonction l'exploitation d'une ressource alimentaire localement disponible. La faible variabilité de la profondeur de plongée pendant ce type d'activité et l'effet marqué du cycle de la marée et de l'heure de la journée sur cette activité sont consistants avec la fonction présumée de chasse et d'alimentation.

La majorité des études qui se sont intéressées aux profils de plongée des mammifères aquatiques a associé aux plongées en V ou W et aux plongées asymétriques une fonction exploratoire (Hindell et coll. 1991, Schreer et Testa 1996) ou de fuite de prédateurs (Hindell et coll. 1991). Ces trois types de plongée sont caractéristiques des activités de plongée intermédiaire des rorquals communs. La courte période au cours de laquelle cette classe d'activité dominait les activités des rorquals communs précédait généralement une période d'activité de plongée profonde. Ceci suggère que les plongées en V, en W et les plongées asymétriques jouent le rôle de plongées exploratoires avant le début de la période prolongée de chasse et d'alimentation.

La fonction des activités de plongée peu profonde est plus difficile à cerner. Cette activité pourrait être associée au déplacement, au repos ou même à l'alimentation près de la surface. Les différences entre les caractéristiques des deux types d'activité regroupés dans la classe « activités de plongée peu profonde » (Tableau 2) reflètent peut-être des fonctions différentes. Les analyses effectuées jusqu'à présent ne permettent toutefois pas de distinguer clairement de telles différences.

Impact des activités d'observation sur les rorquals communs

La modification du comportement de plongée des rorquals communs en activité de plongée profonde est susceptible d'entraîner des coûts énergétiques importants. Le comportement de plongée fait partie intégrante de la

Tableau 4. Coefficients des corrélations de rang de Spearman entre des caractéristiques du comportement des rorquals communs en activité de plongée profonde ($n = 20$ périodes d'activité) et leur exposition aux bateaux d'excursion. Les corrélations significatives ($p \leq 0,05$) sont soulignées.

	Nombre moyen de bateaux	Nombre maximum de bateaux
Taille moyenne de groupe	0,143	0,160
C.V. de la taille de groupe	0,005	0,122
Distance moyenne parcourue entre les plongées	-0,164	-0,235
C.V. de la distance parcourus entre les plongées	0,016	0,270
Durée moyenne des excursions de fond	-0,268	-0,383
C.V. de la durée des excursions de fond	0,478	0,517
Durée moyenne de plongée	-0,309	-0,505
C.V. de la durée de plongée	0,439	0,475
Durée moyenne des séquences de surfaces	-0,271	-0,320
C.V. de la durée des séquences de surfaces	0,200	0,373

$p \leq 0,05$

stratégie de chasse des cétacés. Les caractéristiques du comportement de plongée, soit la durée de la plongée, la profondeur de plongée, la vitesse de nage et la durée de la séquence de surfaces suivante, pourraient être autant d'adaptations visant à optimiser le succès de la capture de proies (Kramer 1988, Houston et Carbone 1992).

Le succès de chasse dépend largement de la proportion de temps disponible pour détecter, rassembler et capturer les proies à la profondeur où elles se trouvent. En retour, la durée de l'excursion de fond est limitée par la consommation d'oxygène qui augmente avec le temps passé en apnée et avec la distance parcourue entre la surface et la profondeur où se trouve la ressource (Kramer 1988). Le taux de fixation de l'oxygène dans le sang, pendant la séquence de surfaces qui suit une plongée, diminue rapidement lorsque le sang approche la saturation. Pour cette raison, il est plus rentable d'éviter les très longues plongées (qui nécessiteraient une très longue séquence de surfaces pour refaire les réserves d'oxygène) et d'ajuster la durée de plongée et la durée de la séquence de surfaces pour optimiser le pourcentage de temps passé en excursion de fond (Kramer 1988).

Les modifications du comportement de plongée des rorquals communs rapportées ici sont une réduction de la durée moyenne des plongées et une augmentation des coefficients de variation des durées de plongées et d'excursion de fond. On note également une tendance non significative à une réduction de la durée moyenne des excursions de fond. Ces modifications ont été proportionnelles à l'intensité de l'exposition des animaux aux bateaux d'excursion. D'après les modèles proposés par Kramer (1988) et par Houston et Carbone (1992), ces modifications du comportement de plongée constituent un écart à la stratégie de plongée ou à la stratégie de chasse optimales. Elles sont donc susceptibles d'entraîner une diminution importante de l'efficacité du comportement alimentaire et de son apport énergétique.

La période de la journée au cours de laquelle les rorquals communs sont le plus exposés aux bateaux d'excursion (9 h 00 à 15 h 30) coïncide avec la période au cours de laquelle les activités de plongée profonde, qu'on suppose liées à la chasse et à l'alimentation, dominent les autres activités des rorquals communs (Michaud et coll. 1997, Michaud et Giard 1997). L'analyse préliminaire de la banque de photo-identification des rorquals communs de l'estuaire a de plus permis de confirmer qu'un grand nombre d'individus mon-

traient une grande fidélité dans leurs habitudes de fréquentation. Plusieurs rorquals communs séjournent chaque été plusieurs semaines et parfois plusieurs mois dans l'estuaire (GREMM, données non publiées). Même si la diminution de l'efficacité de la chasse et la diminution du rendement énergétique de chaque plongée étaient faibles, les effets cumulatifs de la modification du comportement de plongée pourraient être considérables.

Implications pour la gestion

Cette étude fournit des pistes importantes pour la gestion des activités d'observation en mer des baleines dans l'estuaire du Saint-Laurent. La modification du comportement de plongée des rorquals communs et son effet potentiel sur les stratégies de chasse et l'efficacité de l'alimentation sont des plus inquiétantes. Si on considère les effets cumulatifs potentiels, l'impact sur le bilan énergétique et sur la condition physique des animaux qui demeurent dans l'estuaire plusieurs mois chaque été peut être significatif. De telles projections demeurent toutefois difficiles à quantifier. Dans la perspective d'une gestion prudente de l'activité d'observation en mer des baleines, ces observations justifient largement le développement et l'application de solutions efficaces visant à minimiser cette forme de dérangement.

L'analyse des données n'a pas permis d'identifier un seuil critique au-delà duquel les rorquals communs commencent à modifier leur comportement de plongée. L'intensité des réactions mesurées s'est par contre révélée proportionnelle à l'intensité de l'exposition. De plus, l'analyse a démontré que le nombre maximum de bateaux auxquels les animaux sont exposés avait un effet encore plus important que le nombre moyen de bateaux. Toute option de gestion visant à minimiser l'impact des activités d'observation sur les rorquals communs devra donc parvenir à réduire et à contrôler le nombre de bateaux sur les sites d'observation.

Les secteurs où se forment les plus grandes concentrations de bateaux ainsi que les principaux facteurs favorisant la formation des concentrations de bateaux ont déjà été clairement identifiés (Michaud et coll. 1997). Ces informations seront très utiles pour développer la stratégie de gestion des activités d'observation en mer des baleines dans le parc marin Saguenay–Saint-Laurent et l'estuaire du Saint-Laurent.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Altmann, J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 49: 227-267.
- Anonyme. 1988. Proceedings of the workshop to review and evaluate whale watching programs and management needs. Centre for Marine Conservation, Washington DC. and National Marine Fisheries Service, U.S. Dept. of Commerce, Silver Spring, MD., Monterey, California.
- Barr, K. H. 1998. Impacts of tourism on the behaviour of dusky dolphins at Kaikoura, New Zealand. World Marine Mammal Science Conference, Monaco, 20-24 January 1998. Abstract.
- Beach, D.W., et M.T. Weinrich. 1989. Watching the whales: Is an educational adventure for humans turning out to be another threat for endangered species? *Oceanus* 32: 84-88.
- Blane, J. M. and R. Jaakson. 1994. The impact of ecotourism boats on the St. Lawrence beluga whales. *Environmental Conservation* 21(3): 267-269.
- Boyd, I.L., J.P.Y. Arnould, T. Barton, et J.P. Croxall. 1994. Foraging behaviour of Antarctic fur seals during periods of contrasting prey abundance. *Journal of Animal Behaviour* 63: 703-713.
- Dolphin, W. F. 1987. Ventilation and dive patterns of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, on their Alaskan feeding grounds. *Canadian Journal of Zoology* 65: 83-90.
- Dorsey, E. M., W. J. Richardson et B. Würsig. 1989. Factors affecting surfacing, respiration, and dive behaviour of bowhead whales, *Balaena mysticetus*, summering in the Beaufort Sea. *Canadian Journal of Zoology* 67: 1801-1815.
- Edds, P.L., et J.A.F. MacFarlane. 1987. Occurrence and general behavior of balaenopterid cetaceans summering in the St. Lawrence Estuary, Canada. *Canadian Journal of Zoology* 65: 1363-1376.
- Fagen, R.M., et D.Y. Young. 1978. Temporal pattern of behavior, durations, intervals, latencies and sequences. Pages 79-114 dans P. A. Cogen, éd. *Quantitative ethology*. Wiley-Interscience, New York.
- Giard, J. 1996. Évaluation de l'impact des activités d'observation sur le comportement de plongée des rorquals communs, *Balaenoptera physalus*, de l'estuaire du Saint-Laurent à l'aide de la télémétrie VHF. Thèse de maîtrise. Département de Biologie, Université Laval, Québec. 53 pp
- Hindell, M.A., D.J. Slip, et H.R. Burton. 1991. The diving behaviour of adult male and female southern elephant seals, *Mirounga leonina* (pinnipedia: Phocidae). *Australian Journal of Zoology* 39: 595-619.
- Houston, A.I., et C. Carbone. 1992. The optimal allocation of time during the diving cycle. *Behavioral Ecology* 3: 255-265.
- IFAW, Tethys, et Europe Conservation. 1995. Report of the scientific aspects of managing whale watching. MonteCastello di Vibio, Italy : 40 pp.
- Kopelman A.H. et S.S. Sadove. 1995. Ventilatory rate differences between surface-feeding and non-surface-feeding fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the waters off eastern Long Island, New York, U.S.A., 1981-1987. *Marine Mammal Science* 11 :200-208
- Kramer, D.L. 1988. The behavioral ecology of air breathing by aquatic animals. *Canadian Journal of Zoology* 66: 89-94.
- Martin, P., et P. Bateson. 1986. *Measuring behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Michaud, R., C. Bédard, M. Mingelbier, et M.-C. Gilbert. 1997. Les activités d'observation en mer des cétacés dans l'estuaire du Saint-Laurent, 1985-1996: une étude de la répartition spatiale des activités et des facteurs favorisant la concentration des bateaux sur les sites d'observation. Rapport final présenté à Parcs Canada. GREMM, Tadoussac, QC: 17 pp + annexes.
- Michaud, R., et J. Giard. 1997. Les rorquals communs et les activités d'observations en mer dans l'estuaire du Saint-Laurent entre 1994 et 1996: 1. Étude de l'utilisation du territoire et évaluation de l'exposition aux activités d'observation à l'aide de la télémétrie VHF. Rapport final présenté à Parcs Canada. GREMM, Tadoussac, QC: 45 pp + cartes.
- Michaud, R., et M.-C. Gilbert. 1993. Les activités d'observation en mer des baleines dans l'estuaire du Saint-Laurent: situation actuelle et problématique. Rapport final présenté à Parcs Canada. GREMM, Tadoussac, QC: 31 pages + annexes.
- Parcs Canada 1997. Activités d'observations en mer des mammifères marins: Document de réflexion. Ministère du Patrimoine canadien, Parcs Canada, Tadoussac, QC.
- Richardson, W.J et C.I. Malme. 1993. Man-made noise and behavioral responses. In : The Bowhead whale. Eds Burns, J.J, J.J. Montagne et C.J. Cowles. Special publication no 2. The society for marine mammalogy. Lawrence, KS. USA. p. 631-693.
- Schreer, J.F., et J.W. Testa. 1996. Classification of Weddell seal diving behavior. *Marine Mammal Science* 12: 227-250.
- Schreer, J.F. 1997. Diving behavior of air-breathing vertebrates: allometry, classification and interspecific comparisons. Ph. D. thesis. University of Waterloo, Waterloo.
- Sergeant, D.E. 1977. Stocks of fin whales, *Balaenoptera physalus*, in the North Atlantic ocean. Report of the International Whaling Commission 27: 460-473.
- Sibly, R.M., H.M.R. Nott, et D.J. Fletcher. 1990. Splitting behaviour into bouts. *Animal Behaviour* 39: 63-69.
- Slater, P.J.B. 1974. The temporal pattern of feeding in zebra finch. *Animal Behaviour* 22: 506-515.
- Slater, P.J., et N.P. Lester. 1982. Minimising errors in splitting behaviours into bouts. *Behaviour* 79: 153-161.
- Stone, G. S., S. K. Katona, A. Mainwaring, J. M. Allen et H. D. Corbett. 1992. Respiration and surfacing rates of fin whales (*Balaenoptera physalus*) observed from a lighthouse tower. Report of the International Whaling Commission 42: 739-745.
- Sumich, J. L. 1983. Swimming velocities, breathing patterns, and estimated costs of locomotion in migrating gray whales, *Eschrichtius robustus*. *Canadian Journal of Zoology* 61(3): 647-652.
- Watkins, W. A. 1986. Whale reactions to human activities in Cape Cod waters. *Marine Mammal Science* 2(4): 251-262.
- Würsig, B., E. M. Dorsey, M. A. Fraker, R. S. Payne, W. J. Richardson et R. S. Wells. 1984. Behavior of bowhead whales, *Balaena mysticetus*, summering in the Beaufort Sea: surfacing, respiration and dive characteristics. *Canadian Journal of Zoology* 62(10): 1910-1921.