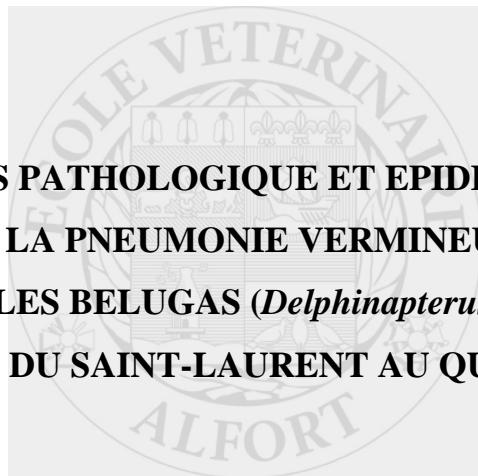


ÉCOLE NATIONALE VETERINAIRE D'ALFORT

Année 2005



EVALUATIONS PATHOLOGIQUE ET EPIDEMIOLOGIQUE DE LA PNEUMONIE VERMINEUSE CHEZ LES BELUGAS (*Delphinapterus leucas*) DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT AU QUEBEC, CANADA

THESE

Pour le

DOCTORAT VETERINAIRE

Présentée et soutenue publiquement devant

LA FACULTE DE MEDECINE DE CRETEIL

le.....

par

WYRZYKOWSKI Bérengère

Née le 12 mai 1977 à Lille (Nord)

JURY

Président: M.

Professeur à la Faculté de Médecine de Créteil (Val de Marne)

Membres

Co-directeurs: Mme BERNEX Florence

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

M. LAIR Stéphane

Professeur-adjoint à la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Montréal à St-Hyacinthe
(Canada)

Assesseur: M. POLACK Bruno

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT

Directeur : M. le Professeur COTARD Jean-Pierre

Directeurs honoraires : MM. les Professeurs MORAILLON Robert, PARODI André-Laurent, PILET Charles

Professeurs honoraires: MM. BORDET Roger, BUSSIERAS Jean, LE BARS Henri, MILHAUD Guy, ROZIER Jacques, THERET Marcel

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET PHARMACEUTIQUES (DSBP)

Chef du département : M. BOULOUIS Henri-Jean, Professeur - Adjoint : M. DEGUEURCE Christophe, Professeur

-UNITE D'ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES Mme CREVIER-DENOIX Nathalie, Professeur* M. DEGUEURCE Christophe, Professeur Mlle ROBERT Céline, Maître de conférences M. CHATEAU Henri, AERC	- UNITE D'HISTOLOGIE , ANATOMIE PATHOLOGIQUE M. CRESPEAU François, Professeur * M. FONTAINE Jean-Jacques, Professeur Mme BERNEX Florence, Maître de conférences Mme CORDONNIER-LEFORT Nathalie, Maître de conférences
-UNITE DE PATHOLOGIE GENERALE , MICROBIOLOGIE, IMMUNOLOGIE Mme QUINTIN-COLONNA Françoise, Professeur* M. BOULOUIS Henri-Jean, Professeur	- UNITE DE VIROLOGIE M. ELOIT Marc, Professeur * Mme LE PODER Sophie, Maître de conférences
-UNITE DE PHYSIOLOGIE ET THERAPEUTIQUE M. BRUGERE Henri, Professeur * Mme COMBRISSON Hélène, Professeur M. TIRET Laurent, Maître de conférences	-DISCIPLINE : PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES M. MOUTHON Gilbert, Professeur
-UNITE DE PHARMACIE ET TOXICOLOGIE Mme ENRIQUEZ Brigitte, Professeur * M. TISSIER Renaud, Maître de conférences M. PERROT Sébastien, Maître de conférences	-DISCIPLINE : BIOLOGIE MOLECULAIRE Melle ABITBOL Marie, Maître de conférences contractuel
-DISCIPLINE : BIOCHIMIE M. MICHAUX Jean-Michel, Maître de conférences	-DISCIPLINE : ETHOLOGIE M. DEPUTTE Bertrand, Professeur
	-DISCIPLINE : ANGLAIS Mme CONAN Muriel, Ingénieur Professeur agrégé certifié

DEPARTEMENT D'ELEVAGE ET DE PATHOLOGIE DES EQUIDES ET DES CARNIVORES (DEPEC)

Chef du département : M. FAYOLLE Pascal, Professeur - Adjoint : M. POUCHELON Jean-Louis , Professeur

-UNITE DE MEDECINE M. POUCHELON Jean-Louis, Professeur* Mme CHETBOUL Valérie, Professeur M. BLOT Stéphane, Maître de conférences M. ROSENBERG Charles, Maître de conférences Melle MAUREY Christelle, Maître de conférences contractuel	- UNITE DE PATHOLOGIE CHIRURGICALE M. FAYOLLE Pascal, Professeur * M. MAILHAC Jean-Marie, Maître de conférences M. MOISSONNIER Pierre, Professeur Mme VITATEAU-DUVAL Véronique, Maître de conférences M. DESBOIS Christophe, Maître de conférences Mlle RAVARY Bérangère, AERC (rattachée au DPASP) M. ZILBERSTEIN Luca, Maître de conférences contractuel M. HIDALGO Antoine, Maître de conférences contractuel
-UNITE D'OPHTALMOLOGIE M. CLERC Bernard, Professeur Melle CHAHORY Sabine, Maître de conférences contractuel	- UNITE DE RADIOLOGIE Mme BEGON Dominique, Professeur* M. COUTURIER Laurent, Maître de conférences contractuel
- UNITE DE CLINIQUE EQUINE M. DENOIX Jean-Marie, Professeur * M. AUDIGIE Fabrice, Maître de conférences Mme CARSTANJEN Bianca, Maître de conférences contractuel Mme GIRAUDET Aude, Professeur contractuel	- UNITE DE PARASITOLOGIE ET MALADIES PARASITAIRES M. CHERMETTE René, Professeur * M. POLACK Bruno, Maître de conférences M. GUILLOT Jacques, Professeur Mme MARIGNAC Geneviève, Maître de conférences contractuel
-UNITE DE REPRODUCTION ANIMALE M. MIALOT Jean-Paul, Professeur * (rattaché au DPASP) M. NUDELmann Nicolas, Maître de conférences Mme CHASTANT-MAILLARD Sylvie, Maître de conférences (rattachée au DPASP) M. FONTBONNE Alain, Maître de conférences M. REMY Dominique, Maître de conférences (rattaché au DPASP) Melle CONSTANT Fabienne, AERC (rattachée au DPASP)	M. PARAGON Bernard, Professeur (rattaché au DEPEC) M. GRANDJEAN Dominique, Professeur (rattaché au DEPEC) Mme BLANCHARD Géraldine, Professeur contractuel

DEPARTEMENT DES PRODUCTIONS ANIMALES ET DE LA SANTE PUBLIQUE (DPASP)

Chef du département : M. CERF Olivier, Professeur - Adjoint : M. BOSSE Philippe, Professeur

-UNITE DES MALADIES CONTAGIEUSES M. BENET Jean-Jacques, Professeur* M. TOMA Bernard, Professeur Mme HADDAD HOANG XUAN Nadia, Maître de conférences Mme DUFOUR Barbara, Maître de conférences M. SANA Moez, Maître de conférences	- UNITE DE ZOOTECHNIE, ECONOMIE RURALE M. COURREAU Jean-François, Professeur* M. BOSSE Philippe, Professeur Mme GRIMARD-BALLIF Bénédicte, Professeur Mme LEROY Isabelle, Maître de conférences M. ARNE Pascal, Maître de conférences M. PONTER Andrew, Maître de conférences
-UNITE D'HYGIENE ET INDUSTRIE DES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE M. BOLNOT François, Maître de conférences * M. CARLIER Vincent, Professeur M. CERF Olivier, Professeur Mme COLMIN Catherine, Maître de conférences M. AUGUSTIN Jean-Christophe, Maître de conférences	- UNITE DE PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR M. MILLEMANN Yves, Maître de conférences* Mme BRUGERE-PICOUX Jeanne, Professeur M. MAILLARD Renaud, Maître de conférences M. ADJOU Karim, Maître de conférences

Mme CALAGUE, Professeur d'Education Physique * Responsable de l'Unité AERC : Assistant d'Enseignement et de Recherche Contractuel

A Monsieur le Professeur

Professeur à la Faculté de Médecine de Créteil, qui nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Hommage respectueux

A Monsieur LAIR Stéphane,

Professeur-adjoint à la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Montréal à St-Hyacinthe, qui nous a confié cette étude.

Pour nous avoir accueillie à la Faculté, pour sa confiance et le temps précieux qu'il a su nous consacrer, pour son soutien, ses compétences et sa gentillesse qui suscitent notre gratitude, qu'il trouve ici l'expression de notre plus profonde reconnaissance.

Sincères remerciements

A Madame BERNEX Florence,

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, qui nous a fait l'honneur d'accepter la co-direction de notre thèse.

Pour l'intérêt qu'elle a porté à notre travail, ses conseils, et ses compétences qu'elle trouve ici l'expression de notre profond respect.

Sincères remerciements

A Monsieur POLACK Bruno,

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, qui a très volontiers accepté de faire partie de notre jury de thèse, qu'il trouve ici l'expression de nos sincères remerciements.

Considérations respectueuses

A mes Parents, qui m'ont toujours offert ce qu'il y a de meilleur, qui m'ont soutenue dans mes choix et encouragée à chaque instant. Nous avons encore tant de moments extraordinaires à partager! Vous êtes les artisans de mon épanouissement, je vous aime.

A mon frère Arnaud, à tous ces instants très privilégiés partagés dont l'émotion reste intacte, et l'affection que tu m'as toujours portée. De tout mon coeur, merci d'être là.

A Emilie, Mathilde, Lucile, Aurélie, William, PO, Hichem, Pauline, Sandra, Julie, Anne, Vincent, Lise pour tous ces moments privilégiés entre nous, votre confiance, votre sincérité, et votre bonne humeur. Merci du fond du coeur, et bon vent à tous.

A Angélique, Clothilde, Guilain qui partagez cette même sensibilité pour les mammifères marins. Elle vous va bien, surtout ne changez rien.

A Barbara, pour cette présence énergisante qui pousse à donner le meilleur de soi. Bonne chance dans ta vie.

A tous ceux qui participent à la protection des espèces et de leur environnement, car chaque jour, partout dans le monde, des espèces animales et végétales disparaissent à tout jamais, appauvrissant la biodiversité de notre planète.

Evaluations pathologique et épidémiologique de la pneumonie vermineuse chez les bélugas (*Delphinapterus leucas*) de l'Estuaire du Saint-Laurent au Québec, Canada

WYRZYKOWSKI Bérengère

Résumé:

La population de 1000 bélugas de l'Estuaire du Saint-Laurent, déclarée menacée de disparition depuis 1983, habite le fleuve qui draine le quart le plus industrialisé de l'Amérique du Nord. Depuis vingt ans, des carcasses de bélugas échoués, convenablement conservées, sont autopsiées à la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal (FMV). Parmi les causes de mortalité rapportées, la pneumonie vermineuse à nématodes Metastrongyloidae: Pseudaliidés est fréquemment rencontrée. Les publications consultées relatent l'infection d'autres cétacés Odontocètes par ces parasites.

Notre étude, incluant 117 carcasses de bélugas autopsiées entre 1983 et 2003 à la FMV, vise à évaluer la prévalence d'infection par *Halocercus* sp. et *Stenurus* sp., et à caractériser la pathologie et l'épidémiologie de cette condition. L'évaluation de certains indices de condition suggère que les lésions de pneumonie vermineuse peuvent avoir un impact significatif sur la santé des bélugas de l'ESL échoués.

Mots clés: béluga (*Delphinapterus leucas*), espèces en danger, *Halocercus* sp., nématode, pneumonie parasitaire, poumon, *Stenurus* sp., cétacé

Jury:

Président: Pr.

Co-directorat: Mme. BERNEX Florence

M. LAIR Stéphane

Assesseur: M. POLACK Bruno

Adresse de l'auteur :

M^{elle} WYRZYKOWSKI Bérengère
chemin des clos
78740 Vaux-sur-Seine

Supprimé :

Pathological and epizootiological evaluations of verminous pneumonia in belugas (*Delphinapterus leucas*) of St-Lawrence Estuary, Quebec, Canada

WYRZYKOWSKI Bérénè

Summary:

The population of 1000 belugas of St-Lawrence Estuary (SLE), declared threatened with extinction since 1983, inhabits the river which drains the most industrialized quarter of North America. For more than twenty years, beluga carcasses found stranded in a reasonable state of conservation are necropsied at the Faculty of veterinary medicine of University of Montreal (FVM). Among causes of mortality reported, verminous pneumonia by nematodes Metastrongyloidae: Pseudaliidae is frequently encountered. Publications consulted report infection of others Odontoceti cetaceans by these parasites.

Our study, including 117 beluga carcasses necropsied at the FVM between 1983 and 2003, aims to assess the prevalences of pulmonary infection by *Halocercus* sp. and *Stenurus* sp., and to characterize the pathology and epizootiology of this condition. Evaluation of some body condition indications suggests that verminous pneumonia lesions may have a significant impact on the health of SLE's stranded belugas.

Mis en forme : Anglais
(Royaume-Uni)

Keywords: beluga (*Delphinapterus leucas*), species in danger, *Halocercus* sp., lung, nematode, parasitic pneumonia, *Stenurus* sp., cetacea

Jury :

President : Pr.
Co-director : Mrs. BERNEX Florence
Mr. LAIR Stéphane
Assessor : Mr. POLACK Bruno

Author's address:

Miss WYRZYKOWSKI Bérénè
chemin des clos
78740 Vaux-sur-Seine

Table des matières

Table des figures	7
Table des tableaux	13
Introduction	15
<hr/>	
Première partie : La population de bélugas (<i>Delphinapterus leucas</i>)	
de l'Estuaire du Saint-Laurent	17
<hr/>	
I. Les bélugas (<i>Delphinapterus leucas</i>), des cétacés odontocètes vivant en environnement arctique	19
A. Ordre des Cétacés	19
1. L'origine évolutive des cétacés	19
2. La remarquable adaptation au milieu marin	22
a) <i>morphologie générale du béluga</i>	22
b) <i>particularités du squelette</i>	23
c) <i>locomotion: la nage</i>	24
d) <i>les adaptations à la plongée</i>	25
e) <i>la thermorégulation</i>	27
f) <i>l'osmorégulation</i>	27
g) <i>le système sensoriel</i>	28
B. Sous-ordre des Odontocètes	29
1. Présentation	29
2. Le béluga présente les caractères des odontocètes	29
a) <i>préhension des aliments</i>	29
b) <i>digestion</i>	30
c) <i>proies</i>	30
d) <i>écholocation</i>	31
C. Famille des Monodontidae	32
1. Les caractères des monodontidés (baleines blanches)	32
2. Distinction avec le narval (<i>Monodon monoceros</i>)	32
D. Genre <i>Delphinapterus</i> , espèce <i>leucas</i>	33
1. Distribution des différents bélugas dans le monde	33

2. Description du béluga	34
<i>a) caractéristiques morphologiques</i>	<i>34</i>
<i>b) la pigmentation particulière de leur peau</i>	<i>34</i>
<i>c) l'âge</i>	<i>35</i>
<i>d) la vie sociale</i>	<i>36</i>
<i>e) reproduction</i>	<i>36</i>
II. La population originelle des bélugas de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent (ESL) et l'évolution jusqu'à nos jours	39
A. Historique du troupeau	39
B. Habitat des bélugas de l'ESL	39
C. Une population en danger	41
1. La chasse	41
2. Le statut d'espèce en voie de disparition	42
3. L'évaluation du nombre d'individus présents dans la population de bélugas du Saint-Laurent	43
<i>a) les recensements de la population</i>	<i>43</i>
<i>b) la dynamique de la population</i>	<i>44</i>
<i>c) une diversité génétique réduite</i>	<i>44</i>
III. Les menaces qui pèsent sur les bélugas du Saint-Laurent	45
A. Identification des dangers	45
1. L'examen des carcasses de béluga du Saint-Laurent échoués le long du fleuve	45
<i>a) les carcasses retrouvées échouées et autopsiées</i>	<i>45</i>
<i>b) les pathologies observées</i>	<i>46</i>
<i>c) la pollution</i>	<i>48</i>
2. Le dérangement	50
<i>a) l'augmentation de la navigation dans l'estuaire</i>	<i>50</i>
<i>b) les changements à l'habitat</i>	<i>51</i>
<i>c) la compétition pour les ressources</i>	<i>51</i>
B. La protection et les efforts pour le rétablissement du béluga du Saint-Laurent	52
1. Rappel des étapes	52
2. Mesures de protection et de conservation instaurées afin de protéger les bélugas du Saint-Laurent	54
<i>a) réglementation</i>	<i>54</i>
<i>b) acquisition des connaissances</i>	<i>54</i>
<i>c) sensibilisation</i>	<i>55</i>

Deuxième partie : Les lésions provoquées par les vers pulmonaires (nématodes Metastrongyloidae : Pseudaliidés), affectant les odontocètes	57
---	----

I. Caractères généraux 59

A. Anatomie des nématodes	59
1. La structure externe: l'enveloppe tégumento-musculaire	59
2. La structure interne	59
a) <i>la cavité générale emplie de liquide</i>	59
b) <i>l'appareil digestif: un tube rectiligne ouvert à ses deux extrémités</i>	59
c) <i>l'appareil génital</i>	59
d) <i>l'appareil excréteur</i>	60
e) <i>le système nerveux et les organes des sens</i>	60
B. Cycle évolutif des nématodes Metastrongyloidae	61
1. Fécondation et ponte	61
2. Développement exogène	61
3. Développement endogène	61
4. Chez les mammifères terrestres	61
C. Classification des Pseudaliidés	62

II. Les Pseudaliidés présents chez les odontocètes, et les lésions associées 63

A. Description	63
1. Les genres et espèces de vers pulmonaires affectant les odontocètes	63
2. Les hôtes définitifs	69
3. La localisation des vers pulmonaires chez l'hôte définitif	69
B. Les cycles de développement des Pseudaliidés d'odontocètes	69
1. Transmission horizontale	70
2. Transmission verticale	71
C. Etude des lésions provoquées par les nématodes pulmonaires chez les odontocètes	71
1. Sinus et oreille	71
2. Poumons	72
a) <i>les voies respiratoires basses</i>	72
b) <i>le parenchyme pulmonaire</i>	72
c) <i>les réactions aux larves</i>	74
3. Occlusion des voies respiratoires	74
4. Système circulatoire	74
5. Infections secondaires	74
6. L'impact dans la population et pathogénicité probable	75

III. Les Pseudaliidés retrouvés chez les bélugas	75
A. Le protocole de récupération des vers pulmonaires, d'après Lena Measures	75
B. Les quatre espèces de Pseudaliidés retrouvées chez les bélugas	77
Troisième partie : Etude rétrospective des cas de pneumonies vermineuses rencontrés chez les bélugas de l'ESL examinés à la faculté de médecine vétérinaire de Saint-Hyacinthe	79
I. Animaux, matériels et méthodes de l'étude	81
A. Source du matériel utilisé	81
B. Examen des rapports d'autopsie	81
C. Examen des lames histologiques de poumon	83
D. Sélection des cas	85
E. Evaluation des lames histologiques	85
F. Les analyses statistiques	87
II. Résultats de l'étude	89
A. Description de la population d'étude	89
1. Répartition temporelle	89
2. Répartition par sexe	91
3. Répartition par âge	92
4. Données morphologiques	94
B. Evaluation pathologique: les lésions associées au parasitisme pulmonaire	94
1. Examen macroscopique	94
2. Corrélation amas parasitaires et sections	96
3. Examen histologique	97
a) <i>les réactions inflammatoires éventuelles associées à la présence des nématodes dans les poumons</i>	97
b) <i>la localisation des nématodes dans les poumons</i>	105
c) <i>la répartition des parasites dans les différentes sections de tissu pulmonaire échantillonnés</i>	107
C. Epidémiologie	109
1. Prévalence d'infection	109
a) <i>prévalence et répartition temporelle</i>	110

<i>b) prévalence et répartition par sexe</i>	113
<i>c) prévalence et répartition par âge</i>	114
<i>d) prévalence et indices corporels</i>	118
2. Sévérité de l'infection	123
<i>a) détermination d'indices de niveaux d'infection</i>	123
<i>b) évaluation de la présence de facteurs prédisposants</i>	124
<i>c) corrélation avec les indicateurs de l'état de chair de l'animal</i>	131
D. Corrélation entre les indices de sévérité d'infection et les causes probables d'échouage	137
III. Discussion	139
A. Description de la population d'étude	139
B. Evaluation pathologique: les lésions associées au parasitisme pulmonaire	140
1. Examen macroscopique	140
2. Corrélation amas parasitaires et sections	140
3. Examen histologique	141
<i>a) les réactions inflammatoires éventuelles associées à la présence des nématodes dans les poumons</i>	141
<i>b) la localisation des nématodes dans les poumons</i>	142
C. Epidémiologie: prévalence d'infection et sévérité de l'infection	142
1. Prévalence et sévérité d'infection et répartition temporelle	143
2. Prévalence et sévérité d'infection et répartition par sexe	143
3. Prévalence et sévérité d'infection et répartition par âge	143
4. Prévalence et sévérité d'infection et indices corporels	144
D. Corrélation entre les indices de sévérité d'infection et les causes probables d'échouage	145
IV. Conclusion de l'étude	147
Liste des abréviations utilisées	149
Table des annexes	151
Bibliographie	167

Table des figures

<u>Figure 1:</u> Possible arbre généalogique très simplifié rappelant les origines des cétacés, d'après SLIJPER (1962); les périodes géologiques situées à droite sont données en millions d'années; les lignes pointillées indiquent l'absence de fossiles de la période en question	20
<u>Figure 2:</u> Arbre généalogique très simplifié des filiations chez les cétacés (tiré de HARRISON et BRYDEN, 1989)	21
<u>Figure 3:</u> La distinction mâle/femelle chez les bélugas, d'après VLADYKOV (1944)	22
<u>Figure 4:</u> Morphologie externe du béluga, d'après MICHAUD (1993)	23
<u>Figure 5:</u> Représentation d'un squelette de béluga, d'après SYLVESTRE (1989)	24
<u>Figure 6:</u> Les différentes séquences de respiration du béluga, d'après SYLVESTRE (1989) ...	25
<u>Figure 7:</u> Bronche de béluga du Saint-Laurent (n° pathologie: 03-5664) en coupe histologique. Des anneaux de cartilage entourent les voies respiratoires basses, jusqu'aux plus petites bronchioles	26
<u>Figure 8:</u> Septums alvéolaires de béluga du Saint-Laurent (n° pathologie: 97-6568) en coupe histologique. Chaque septum contient deux rangées de capillaires parallèles, favorisant l'oxygénation du sang	26
<u>Figure 9:</u> Mâchoire inférieure de béluga, d'après BRODIE (1989)	30
<u>Figure 10:</u> Représentation schématique de l'évent et du larynx d'un cétacé odontocète, d'après HARRISON et BRYDEN (1989)	30
<u>Figure 11:</u> Représentation du melon de béluga, d'après CARWARDINE <i>et al.</i> (1998)	31
<u>Figure 12:</u> Crâne d'un dauphin avec représentation schématique du cheminement possible des ultrasons lors de l'écholocation, d'après Norris et tiré de WANDREY (1999)	31
<u>Figure 13:</u> La répartition mondiale du béluga, d'après BAILEY et ZINGER (1995)	33
<u>Figure 14:</u> Représentation de bélugas adultes accompagnant un jeune veau, de couleur grise, illustration d'après une brochure émise par Pêches et Océans Canada, Institut Maurice-Lamontagne, Programme des Zones de protection marines	38
<u>Figure 15:</u> Aire de répartition actuelle du béluga du Saint-Laurent, d'après BAILEY et ZINGER (1995)	40
<u>Figure 16:</u> Distribution estivale du béluga du Saint-Laurent, d'après BAILEY et ZINGER (1995)	41
<u>Figure 17:</u> Chasse au béluga du Saint-Laurent au début du siècle, d'après FONTAINE (1998)	42
<u>Figure 18:</u> Béluga retrouvé échoué sur les rives du Saint-Laurent	45
<u>Figure 19:</u> Section histologique de Metastrongyloidae, ver pulmonaire d'un marsouin de Dall, en coloration HES, d'après GARDINER et POYNTON (1999)	60
<u>Figure 20:</u> Sections histologiques de Metastrongyloidae, <i>Parafilaroides</i> sp. ver pulmonaire d'un lion de mer, en coloration HES, d'après GARDINER et POYNTON (1999)	60
<u>Figure 21:</u> Découverte de nématodes du genre <i>Stenurus</i> sp. à l'ouverture de la bronche principale du poumon droit d'un béluga du Saint-Laurent échoué en 2003, et autopsié à la FMV	76

<u>Figure 22:</u> Les trois espèces de Pseudaliidés retrouvés le plus fréquemment chez les bélugas du Saint-Laurent	77
<u>Figure 23:</u> Représentation schématique de la mesure de longueur totale	83
<u>Figure 24:</u> Représentation schématique sur deux tranches de poumon des deux méthodes d'échantillonnage employées: DMV et SMP	84
<u>Figure 25:</u> Distribution du diamètre (en µm) des sections de nématodes en coupe	86
<u>Figure 26:</u> Répartition des bélugas échoués et autopsiés à la FMV, en fonction de leur année d'échouage	90
<u>Figure 27:</u> Répartition des bélugas échoués et autopsiés à la FMV, en fonction du mois de leur échouage	91
<u>Figure 28:</u> Répartition des bélugas échoués et autopsiés à la FMV, en fonction de leur sexe ..	92
<u>Figure 29:</u> Répartition des bélugas de l'étude, en fonction de leur sexe et de leur âge et comparaison avec les effectifs de la population initiale des animaux échoués et autopsiés à la FMV	93
<u>Figure 30:</u> béluga, n° pathologie 04-6285 Présence de nématodes du genre <i>Stenurus</i> sp. dans les bronches. Les poumons présentent une bronchite catarrhale aiguë	95
<u>Figure 31:</u> béluga, n° pathologie 04-9120 Présence d'un agglomérat muco-purulent de nématodes enroulés du genre <i>Stenurus</i> sp. dans les bronches: bronchite muco-suppurée subaiguë	95
<u>Figure 32:</u> béluga, n° pathologie 03-A019 Masse nodulaire indurée et pâle, présente dans le parenchyme pulmonaire, de taille environ 0,5 mm, et renfermant des nématodes du genre <i>Halocercus</i> sp.: pneumonie granulomateuse chronique	95
<u>Figure 33:</u> Corrélation entre les amas parasitaires intacts et les sections d' <i>Halocercus</i> sp.	96
<u>Figure 34:</u> Corrélation entre les amas parasitaires intacts et les sections de <i>Stenurus</i> sp.	97
<u>Figure 35:</u> béluga, n° pathologie: 00-B201 <i>Stenurus</i> sp. intact, sans réaction inflammatoire, libre dans une bronche	98
<u>Figure 36:</u> béluga, n° pathologie: 89-3809 <i>Stenurus</i> sp. sous forme intacte	98
<u>Figure 37:</u> béluga, n° pathologie: 93-7158 Pyogranulome parasitaire à <i>Stenurus</i> sp., localisé dans le parenchyme pulmonaire	98
<u>Figure 38:</u> béluga, n° pathologie: 89-3809 Amas parasitaire de <i>Stenurus</i> sp. dans la lumière d'une bronche sans provoquer de réaction inflammatoire	98
<u>Figure 39:</u> béluga, n° pathologie: 96-8218 Amas d' <i>Halocercus</i> sp. intacts occupant tout l'espace luminal d'une bronchiole terminale, sans provoquer de réaction inflammatoire	99
<u>Figure 40:</u> béluga, n° pathologie: 92-4426 Amas d' <i>Halocercus</i> sp. intacts, obstruant une bronchiole sans engendrer de réaction inflammatoire	99
<u>Figure 41:</u> béluga, n° pathologie: 99-4438 Amas d' <i>Halocercus</i> sp. intacts dans le parenchyme pulmonaire, sans réaction inflammatoire	99

<u>Figure 42:</u> béluga, n° pathologie: 89-2057	
<i>Halocercus</i> sp. intact présent dans une alvéole et induisant une réaction suppurée périphérique	99
<u>Figure 43:</u> béluga, n° pathologie: 88-4465	
Amas d' <i>Halocercus</i> sp. dans une bronchiole et provoquant un afflux de cellules granulocytes neutrophiles: la réaction est suppurée, diffuse, marquée	99
<u>Figure 44:</u> béluga, n° pathologie: 02-5218	
Granulome parasitaire à <i>Halocercus</i> sp. dégénérés, dans le parenchyme pulmonaire	100
<u>Figure 45:</u> béluga, n° pathologie: 02-5218	
Granulome parasitaire à <i>Halocercus</i> sp. dans le parenchyme pulmonaire	100
<u>Figure 46:</u> béluga, n° pathologie: 00-B201	
Granulome parasitaire à <i>Halocercus</i> sp. dégénéré, minéralisé, dans le parenchyme pulmonaire	100
<u>Figure 47:</u> béluga, n° pathologie: 98-5151	
Pyogranulome parasitaire à <i>Halocercus</i> sp. dégénérés, dans une alvéole pulmonaire	101
<u>Figure 48:</u> béluga, n° pathologie: 96-8218	
<i>Halocercus</i> sp. dégénérés localisés dans une bronchiole, engendrant la formation d'un pyogranulome	101
<u>Figure 49:</u> béluga, n° pathologie: 99-4438	
Amas de larves de nématodes pulmonaires présent dans le parenchyme pulmonaire et provoquant une réaction suppurée	101
<u>Figure 50:</u> béluga, n° pathologie: 96-8218	
Larve localisée dans une bronchiole et déclenchant une réaction inflammatoire suppurée et nécrosante	101
<u>Figure 51:</u> Infection par <i>Halocercus</i> sp.: localisation pulmonaire et caractérisation de la réaction inflammatoire, en fonction de l'état des amas parasitaires adultes	103
<u>Figure 52:</u> Infection par <i>Stenurus</i> sp.: localisation pulmonaire et caractérisation de la réaction inflammatoire, en fonction de l'état des amas parasitaires adultes	104
<u>Figure 53:</u> Infection par les larves: localisation pulmonaire et caractérisation de la réaction inflammatoire, en fonction de l'état des amas parasitaires larvaires	105
<u>Figure 54:</u> Localisation de l'infection dans les poumons: méthode d'échantillonnage SMP ...	108
<u>Figure 55:</u> Localisation de l'infection dans les poumons: méthode d'échantillonnage DMV ..	109
<u>Figure 56:</u> Répartition de l'infection par <i>Halocercus</i> sp. en fonction des années de l'étude ...	110
<u>Figure 57:</u> Répartition de l'infection par <i>Stenurus</i> sp. en fonction des années de l'étude	111
<u>Figure 58:</u> Répartition de l'infection par <i>Halocercus</i> sp. en fonction de la saison	112
<u>Figure 59:</u> Répartition de l'infection par <i>Stenurus</i> sp. en fonction de la saison	113
<u>Figure 60:</u> Proportions d'animaux infectés par <i>Halocercus</i> sp., <i>Stenurus</i> sp., en fonction du sexe, et présentation des prévalences d'infection	114
<u>Figure 61:</u> Proportion des animaux infectés par <i>Halocercus</i> sp. par catégories d'âge et prévalence de l'infection	115
<u>Figure 62:</u> Proportion des animaux infectés par <i>Stenurus</i> sp. par catégories d'âge, et prévalence de l'infection	116
<u>Figure 63:</u> Infection par <i>Halocercus</i> sp. et indice de masse des individus	118

<u>Figure 64:</u> Infection par <i>Halocercus</i> sp. et indice de masse du tissu adipeux sous-cutané des individus	118
<u>Figure 65:</u> Infection par <i>Halocercus</i> sp. et indice de masse des muscles épaxiaux des individus	118
<u>Figure 66:</u> Infection par <i>Halocercus</i> sp. et indice de masse du foie des individus	118
<u>Figure 67:</u> Infection par <i>Stenurus</i> sp. et indice de masse des individus	120
<u>Figure 68:</u> Infection par <i>Stenurus</i> sp. et indice de masse du tissu adipeux sous-cutané des individus	120
<u>Figure 69:</u> Infection par <i>Stenurus</i> sp. et indice de masse des muscles épaxiaux des individus	120
<u>Figure 70:</u> Infection par <i>Stenurus</i> sp. et indice de masse du foie des individus	120
<u>Figure 71:</u> Infection par les larves et indice de masse des individus	122
<u>Figure 72:</u> Infection par les larves et indice de masse du tissu adipeux sous-cutané des individus	122
<u>Figure 73:</u> Infection par les larves et indice de masse des muscles épaxiaux des individus ...	122
<u>Figure 74:</u> Infection par les larves et indice de masse du foie des individus	122
<u>Figure 75:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. en fonction du sexe	124
<u>Figure 76:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. provoquant une inflammation, en fonction du sexe	124
<u>Figure 77:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. en fonction de la catégorie d'âge	124
<u>Figure 78:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. provoquant une inflammation, en fonction de la catégorie d'âge	124
<u>Figure 79:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. en fonction de l'année d'échouage	125
<u>Figure 80:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. provoquant une inflammation, en fonction de l'année d'échouage	125
<u>Figure 81:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. en fonction de la saison d'échouage	125
<u>Figure 82:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. provoquant de l'inflammation, en fonction de la saison d'échouage	125
<u>Figure 83:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. en fonction du sexe	126
<u>Figure 84:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. provoquant une inflammation, en fonction du sexe	126
<u>Figure 85:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. en fonction de la catégorie d'âge	126
<u>Figure 86:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. provoquant une inflammation, en fonction de la catégorie d'âge	126
<u>Figure 87:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. en fonction de l'année d'échouage	126
<u>Figure 88:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. provoquant une inflammation, en fonction de l'année d'échouage	126
<u>Figure 89:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. en fonction de la saison d'échouage	127
<u>Figure 90:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. provoquant une inflammation, en fonction de la saison d'échouage	127

<u>Figure 91:</u> Niveaux d'infection par les larves en fonction du sexe	127
<u>Figure 92:</u> Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, en fonction du sexe	127
<u>Figure 93:</u> Niveaux d'infection par les larves en fonction de la catégorie d'âge	128
<u>Figure 94:</u> Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, en fonction de la catégorie d'âge	128
<u>Figure 95:</u> Niveaux d'infection par les larves en fonction de l'année d'échouage	128
<u>Figure 96:</u> Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, en fonction de l'année d'échouage	128
<u>Figure 97:</u> Niveaux d'infection par les larves en fonction de la saison d'échouage	128
<u>Figure 98:</u> Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, en fonction de la saison d'échouage	128
<u>Figure 99:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. et indice de masse totale des individus	131
<u>Figure 100:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. provoquant une inflammation, et indice de masse totale des individus	131
<u>Figure 101:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. et indice de masse du tissu adipeux sous-cutané des individus	131
<u>Figure 102:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. provoquant une inflammation, et indice de masse de tissu adipeux sous-cutané des individus	131
<u>Figure 103:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. et indice de masse des muscles épaxiaux des individus	132
<u>Figure 104:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. provoquant une inflammation, et Indice de masse des muscles épaxiaux des individus	132
<u>Figure 105:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. et indice de masse du foie des individus	132
<u>Figure 106:</u> Niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp. provoquant une inflammation, et indice de masse du foie des individus	132
<u>Figure 107:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. et indice de masse totale des individus	133
<u>Figure 108:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. provoquant une inflammation, et indice de masse totale des individus	133
<u>Figure 109:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. et indice de masse de tissu adipeux sous-cutané des individus	134
<u>Figure 110:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. provoquant une inflammation, et indice de masse de tissu adipeux sous-cutané des individus	134
<u>Figure 111:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. et indice de masse des muscles épaxiaux des individus	134
<u>Figure 112:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. provoquant une inflammation, et indice de masse des muscles épaxiaux des individus	134
<u>Figure 113:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. et indice de masse du foie des individus	134
<u>Figure 114:</u> Niveaux d'infection par <i>Stenurus</i> sp. provoquant une inflammation, et indice de masse du foie des individus	134

<u>Figure 115:</u> Niveaux d'infection par les larves et indice de masse totale des individus	135
<u>Figure 116:</u> Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, et indice de masse totale des individus	135
<u>Figure 117:</u> Niveaux d'infection par les larves et indice de masse de tissu adipeux sous-cutané des individus	136
<u>Figure 118:</u> Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, et indice de masse de tissu adipeux sous-cutané des individus	136
<u>Figure 119:</u> Niveaux d'infection par les larves et indice de masse des muscles épaxiaux des individus	136
<u>Figure 120:</u> Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, et indice de masse des muscles épaxiaux des individus	136
<u>Figure 121:</u> Niveaux d'infection par les larves et indice de masse du foie des individus	136
<u>Figure 122:</u> Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, et indice de masse du foie des individus	136

Table des tableaux

<u>Tableau 1:</u> Résumé de la classification du béluga	19
<u>Tableau 2:</u> La répartition actuelle présumée des différentes familles de cétacés	21
<u>Tableau 3:</u> Présentation des évaluations de la taille de la population des bélugas du Saint-Laurent, de 1973 à 2000, d'après SERGEANT et HOEK, 1988; LESAGE et KINGSLEY (1995); KINGSLEY (1998); GOSSELIN et MEASURES (2002)	43
<u>Tableau 4:</u> Causes primitives de la mort des bélugas de l'ESL échoués et autopsiés à la FMV, entre 1983 et 1999, ainsi que le nombre d'individus atteints, ayant pu être déterminés	46
<u>Tableau 5:</u> Résumé de la classification des Pseudaliidés	62
<u>Tableau 6:</u> Présentation des différentes espèces de Pseudaliidés chez les odontocètes	64
<u>Tableau 7:</u> Répartition des animaux selon les cinq catégories d'âge	82
<u>Tableau 8:</u> Répartition des bélugas échoués et autopsiés à la FMV, en fonction de leur année d'échouage	90
<u>Tableau 9:</u> Répartition des bélugas échoués et autopsiés à la FMV, en fonction du mois de leur échouage	91
<u>Tableau 10:</u> Répartition des bélugas échoués et autopsiés à la FMV, en fonction de leur sexe	92
<u>Tableau 11:</u> Répartition des bélugas de l'étude, en fonction de leur sexe et de leur âge et comparaison avec les effectifs de la population initiale des animaux échoués et autopsiés à la FMV	93
<u>Tableau 12:</u> Nombre de cas de l'étude pour lesquels les valeurs de mesures morphologiques sont disponibles	94
<u>Tableau 13:</u> Corrélation entre la détection de nématodes du genre <i>Stenurus</i> sp. à l'examen macroscopique et l'examen histologique (n = 113)	95
<u>Tableau 14:</u> Corrélation entre la détection de nématodes du genre <i>Halicercus</i> sp. à l'examen macroscopique et l'examen histologique (n = 113)	96
<u>Tableau 15:</u> Infection par <i>Halicercus</i> sp.: localisation pulmonaire et caractérisation de la réaction inflammatoire, en fonction de l'état des amas parasitaires adultes	102
<u>Tableau 16:</u> Infection par <i>Stenurus</i> sp.: localisation pulmonaire et caractérisation de la réaction inflammatoire, en fonction de l'état des amas parasitaires adultes	103
<u>Tableau 17:</u> Infection par les larves: localisation pulmonaire et caractérisation de la réaction inflammatoire, en fonction de l'état des amas parasitaires larvaires	104
<u>Tableau 18:</u> Localisation pulmonaire de l'infection par le nématode du genre <i>Halicercus</i> sp.	105
<u>Tableau 19:</u> Localisation pulmonaire de l'infection par le nématode du genre <i>Stenurus</i> sp.	106
<u>Tableau 20:</u> Localisation pulmonaire de l'infection par les larves	106
<u>Tableau 21:</u> Répartition des amas d' <i>Halicercus</i> sp. adultes en fonction de la méthode d'échantillonnage: SMP ou DMV	107

<u>Tableau 22:</u> Répartition des amas de <i>Stenurus</i> sp. adultes en fonction de la méthode d'échantillonnage: SPM ou DMV	107
<u>Tableau 23:</u> Répartition des amas de larves, en fonction de la méthode d'échantillonnage: SMP ou DMV	108
<u>Tableau 24:</u> Répartition de l'infection par <i>Halocercus</i> sp. en fonction des années de l'étude	110
<u>Tableau 25:</u> Répartition de l'infection par <i>Stenurus</i> sp. en fonction des années de l'étude	111
<u>Tableau 26:</u> Répartition de l'infection par <i>Halocercus</i> sp. en fonction de la saison	112
<u>Tableau 27:</u> Répartition de l'infection par <i>Stenurus</i> sp. en fonction de la saison	112
<u>Tableau 28:</u> Proportions d'animaux infectés par <i>Halocercus</i> sp., <i>Stenurus</i> sp., en fonction du sexe, et présentation des prévalences d'infection	113
<u>Tableau 29:</u> Proportion des animaux infectés par <i>Halocercus</i> sp. par catégories d'âge et prévalence de l'infection	115
<u>Tableau 30:</u> Proportion des animaux infectés par <i>Stenurus</i> sp. par catégories d'âge, et prévalence de l'infection	116
<u>Tableau 31:</u> Répartition de l'infection par <i>Halocercus</i> sp., par sexe, parmi les groupes d'animaux matures et immatures	117
<u>Tableau 32:</u> répartition de l'infection par <i>Stenurus</i> sp., par sexe, parmi les groupes d'animaux matures et immatures	118
<u>Tableau 33:</u> Etablissement des moyennes et médianes de chaque indice corporel chez les animaux non infectés et infectés par <i>Halocercus</i> sp.	119
<u>Tableau 34:</u> Etablissement des moyennes et médianes de chaque indice corporel chez les animaux non infectés et infectés par <i>Stenurus</i> sp.	121
<u>Tableau 35:</u> Etablissement des moyennes et médianes de chaque indice corporel chez les animaux non infectés et infectés par les larves	123
<u>Tableau 36:</u> Etablissement des moyennes et médianes des différentes sommes d'amas parasitaires par unité de surface, en fonction de chaque facteur prédisposant	130
<u>Tableau 37:</u> Association entre la somme des amas d' <i>Halocercus</i> sp. (totaux et associés à une réaction inflammatoire) et les différents indices corporels	133
<u>Tableau 38:</u> Association entre la somme des amas de <i>Stenurus</i> sp. (totaux et associés à une réaction inflammatoire) et les différents indices corporels	135
<u>Tableau 39:</u> Association entre la somme des amas de larves (totaux et associés à une réaction inflammatoire) et les différents indices corporels	137
<u>Tableau 40:</u> Catégories utilisées pour regrouper les causes d'échouage des bélugas inclus dans l'étude	138
<u>Tableau 41:</u> Corrélation entre la somme des amas parasitaires/cm ² et la cause de mortalité présumée (n = 117)	138

Introduction

Les bélugas de l'Estuaire du Saint-Laurent sont de petites baleines blanches à dents, parfaitement adaptées aux conditions sub-arctiques de l'environnement dans lequel elles vivent à l'année. Jacques Cartier voit les bélugas pour la première fois dans le Saint-Laurent en 1535. Dès l'arrivée des premiers colons européens sur les rives du fleuve au XVII^{ème} siècle, les bélugas sont chassés, surtout pour la peau et l'huile, et intégrés dans l'économie locale, presque sans interruption jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle. Les fortes captures ont causé une baisse dramatique des effectifs de la population, avant que la chasse ne soit officiellement interdite et que la population ne soit déclarée, en 1983, en danger de disparition. Depuis plus de vingt ans, les bélugas du Saint-Laurent ont attiré l'attention du public, en ce qui concerne le dérangement de leur habitat et la contamination par des produits toxiques. Les perturbations auxquelles ils sont exposés semblent affecter leur santé. Les bélugas du Saint-Laurent font l'objet d'études scientifiques dont le but est d'apporter les connaissances qui permettront d'améliorer les mesures visant à favoriser la survie à long terme de ce groupe d'animaux menacés. Avec la population de l'Estuaire du Saint-Laurent, le béluga est devenu un porte-étendard de la conservation des habitats marins au Canada.

L'étude de la pneumonie vermineuse des bélugas du Saint-Laurent est un travail réalisé pour compléter les connaissances sur l'état de santé de cette population de mammifères marins au Québec. Les vétérinaires pathologistes de la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal à Saint-Hyacinthe recueillent les carcasses de bélugas retrouvées échouées sur les rives du Saint-Laurent, en état de conservation raisonnable, et pratiquent des autopsies depuis 1982. Des cas de pneumonie vermineuse ont été rapportés chez d'autres cétacés odontocètes. Il est intéressant de découvrir, grâce à l'étude histologique, l'impact des vers pulmonaires chez cette population de bélugas du Saint-Laurent, les lésions associées ainsi que les données épidémiologiques comme la prévalence de la maladie.

L'histoire des bélugas du Saint-Laurent est le récit mouvementé de la rencontre des hommes et des bélugas sur le fleuve, depuis les années de chasse intensive jusqu'aux espoirs suscités par les efforts de conservation en cours. Nous présenterons en première partie, la population menacée des bélugas de l'Estuaire du Saint-Laurent, sujet de l'étude. Puis nous verrons en seconde partie, les lésions occasionnées par les nématodes pulmonaires de cétacés odontocètes telles qu'elles sont décrites dans la littérature. Enfin, en troisième partie, nous ferons l'évaluation pathologique et épidémiologique de la pneumonie vermineuse chez les bélugas du Saint-Laurent. Il s'agit d'une étude rétrospective des cas survenus depuis 1982, date initiale du programme de récupération des carcasses de bélugas du Saint-Laurent.

Première partie

La population de bélugas (*Delphinapterus leucas*)
de l'Estuaire du Saint-Laurent

I. Les bélugas (*Delphinapterus leucas*), des cétacés odontocètes vivant en environnement arctique

Les bélugas sont des animaux marins, à sang chaud, respirant de l'air, allaitant leurs petits, et adaptés à la vie dans les eaux froides de l'Arctique.

Tableau 1: Résumé de la classification du béluga

Règne	Animalia (animaux)
Phylum	Chordata (cordés)
Sous-phylum	Vertebrata (vertébrés)
Classe	Mammalia (mammifères)
Sous-classe	Theria (vivipares)
Infra-classe	Eutheria (placentaires)
Ordre	Cetacea (cétacés)
Sous-ordre	Odontoceti (cétacés à dents)
Famille	Monodontidae (baleines blanches)
Genre	<i>Delphinapterus</i>
Espèce	<i>Leucas</i>

A. Ordre des Cétacés

1. L'origine évolutive des cétacés

Même après les traités éclairés d'Aristote, qui représentait les baleines comme des mammifères, ces dernières ont longtemps été considérées comme les monstres marins et les poissons cracheurs d'eau légendaires. Le dictionnaire donne l'origine du nom "cétace" comme provenant du latin *cetus* et du grec *kētos* signifiant "gros poisson de mer" et "monstre marin". L'hypothèse d'un mammifère terrestre retourné secondairement au milieu aquatique est communément admise aujourd'hui. L'ancêtre terrestre n'est toutefois pas connu avec précision. La filiation pour expliquer l'origine des cétacés est très discutée et encore incertaine. L'étude des fossiles permet d'identifier les ancêtres. Les plus anciens fossiles remontent à environ 55 millions d'années. Des données paléontologiques indiquent certaines corrélations entre les cétacés primitifs et les tout premiers carnivores, les créodontes. Des analogies anatomiques, génétiques et biochimiques sont remarquées entre les cétacés modernes et les mammifères ongulés, les artiodactyles. Comme le rapportent KULU (1972) et SLIJPER (1962), les cétacés seraient issus d'une population ancestrale de créodontes-insectivores, qui précéderait la séparation entre carnivores et ongulés. A partir de ces animaux primitifs se sont développés les trois sous-groupes de cétacés: les archéocètes qui sont tous éteints, les mysticètes et les odontocètes qui sont devenus les cétacés modernes.

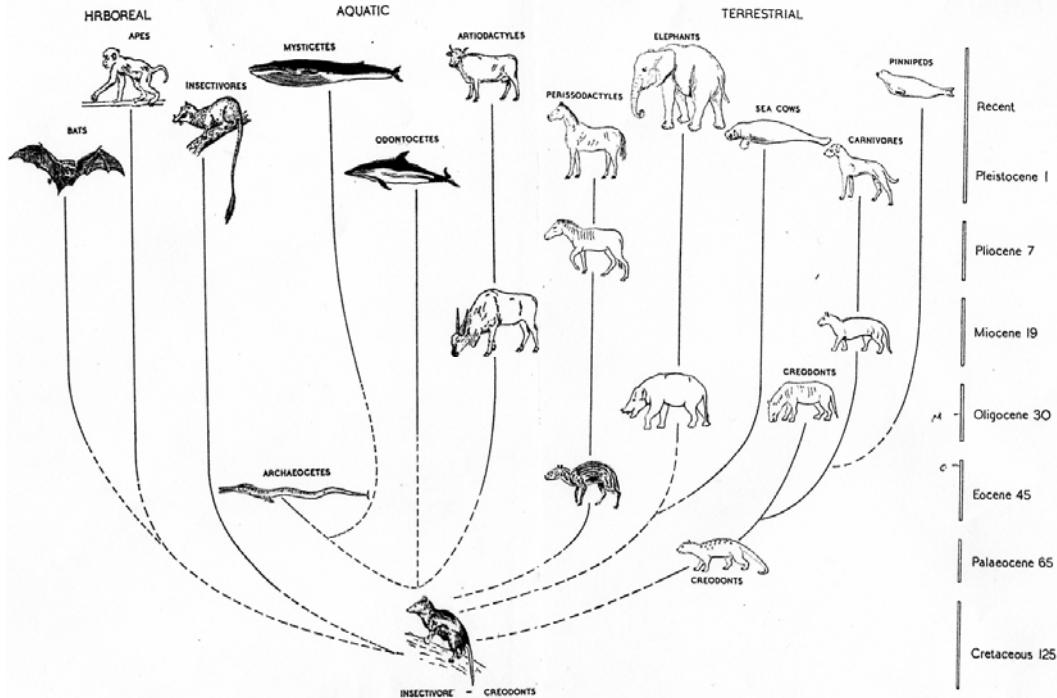


Figure 1: Possible arbre généalogique très simplifié rappelant les origines des cétacés, d'après SLIJPER (1962); les périodes géologiques situées à droite sont données en millions d'années; les lignes pointillées indiquent l'absence de fossiles de la période en question.

Les mésonochoïdés datant de l'Eocène, il y a 55 millions d'années, semblent être les ancêtres des archéocètes, les baleines primitives aujourd'hui fossilisées. Ce groupe d'animaux archaïques rassemble les protocétidés qui vivaient il y a 50 millions d'années, ainsi que les basilosauridés et les dorudontidés, des archéocètes plus évolués.

Les archéocètes ont graduellement disparu pour faire place aux ancêtres des cétacés à fanons (mysticètes) et des cétacés à dents (odontocètes), sans savoir s'il s'agit d'un aboutissement ou le résultat d'une compétition écologique. Il semble qu'à partir de l'Oligocène, il y a environ 35 millions d'années, émergent ces prédateurs efficaces, totalement affranchis de la terre ferme et occupant les différentes niches écologiques aquatiques. Les modifications morphologiques et physiologiques se sont effectuées en réponse à la vie en milieu marin. Le développement des deux stratégies alimentaires est apparemment parallèle à l'évolution des deux sous-ordres issus des archéocètes: les odontocètes chassent en utilisant l'écholocation pour détecter une proie unique, et les mysticètes engloutissent d'énormes quantité de nourriture en filtrant l'eau dans laquelle ils évoluent.

Lorsque ces modes comportementaux apparaissent, les cétacés se diversifient de façon spectaculaire. Ils se répandirent des pôles aux tropiques, des côtes aux océans ouverts, de la surface aux grandes profondeurs, envahissant même les eaux douces. Mais en raison d'une "concurrence" écologique dans les eaux mondiales, certains groupes se diversifient tandis que d'autres disparaissent. Ainsi, au moment où les premiers véritables dauphins, marsouins et baleines blanches apparaissaient, il y a 12 à 15 millions d'années, certains groupes plus primitifs déclinèrent. Les premiers représentants modernes de la famille des monodontidés seraient apparus, selon les fossiles retrouvés, il y a 9 à 10 millions d'années, au Pacifique nord (BARNES, 1977).

Le dernier changement majeur chez les cétacés eut lieu il y a environ 4 millions d'années, tandis que le climat se détériorait progressivement avant les périodes glaciaires. Les derniers groupes de mysticètes et d'odontocètes archaïques disparurent alors, faisant place à une faune de cétacés modernes, d'après CARWARDINE *et al.* (1998).

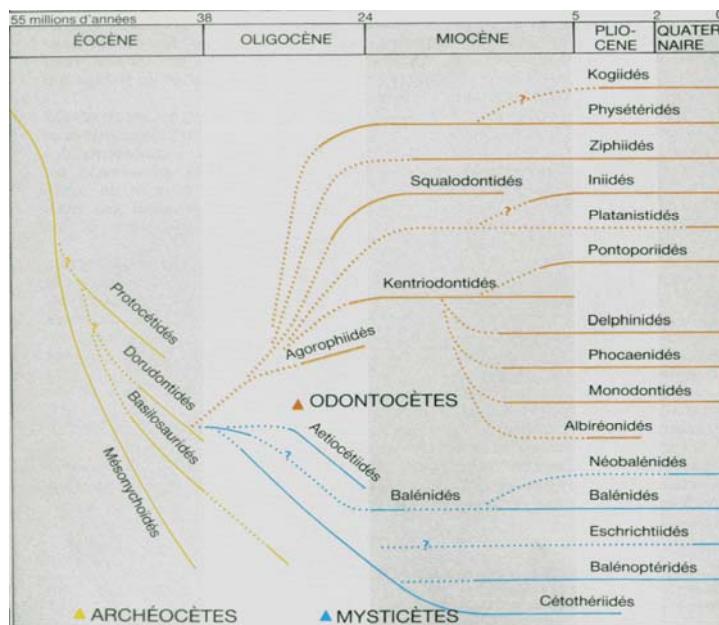


Figure 2: Arbre généalogique très simplifié des filiations chez les cétacés (tiré de HARRISON et BRYDEN, 1989)

Les cétacés se répartissent actuellement en deux sous-ordres, comptant 13 familles et 81 espèces, comme le montre le tableau n° 2.

Tableau 2: La répartition actuelle présumée des différentes familles de cétacés

Sous-ordre	Famille		Nombre d'espèces
Cétacés à fanons: Mysticètes	Balaenidés	baleines franches	3
	Neobalaenidés	baleine franche pygmée	1
	Eschrichtiidés	baleine grise	1
	Balaenoptéridés	rorquals	6
		total	11
Cétacés à dents: Odontocètes	Kogiidés	cachalot pygmée et cachalot nain	2
	Physétéridés	grand cachalot	1
	Monodontidés	narval et béluga	2
	Ziphiidés	baleines à bec	21
	Delphinidés	dauphins marins, orque	33
	Phocoenidés	marsouins	6
	Iniidés	dauphin de l'Amazone	1
	Pontoporiidés	dauphins du Yangtzé et de La Plata	2
	Platanistidés	platanistes du Gange et de l'Indus	2
		total	70

2. La remarquable adaptation au milieu marin

Les contraintes inhérentes à la vie en milieu aquatique ont engendré des transformations majeures chez les cétacés. Le béluga est un exemple de cétacé moderne qui représente l'aboutissement de 40 millions d'années d'évolution et d'adaptation au milieu marin. Celui-ci est 1 000 fois plus dense que l'air, 50 fois plus visqueux, 20 fois plus conducteur de chaleur, et transmet les sons environ 5 fois plus vite que dans l'air, d'après FONTAINE (1998).

a) morphologie générale du béluga

Le corps des bélugas est robuste, cylindrique, allongé de façon fusiforme. L'extrémité postérieure se termine par une nageoire caudale profondément encochée. Les bélugas bien nourris ont un aspect bosselé, des plis de gras paraissant de chaque côté du corps. Celui-ci présente une forme hydrodynamique, caractéristique des cétacés, et conservée par l'absence d'organes externes apparents, hormis les membres antérieurs. Les pavillons auditifs ont disparu, le canal auditif est très réduit et se présente comme un trou d'aiguille sur le côté de la tête; les organes génitaux sont dissimulés dans la paroi ventrale du corps.

Extérieurement, il est difficile de distinguer un mâle d'une femelle, puisque le pénis est complètement rétracté normalement chez le mâle, qu'il n'a pas de scrotum et que les mamelons sont placés au fond d'un repli de la peau chez les femelles non allaitantes. C'est la position de l'anus par rapport à la fente génitale qui permet une distinction des sexes. En effet, l'anus est inclus dans la fente génito-anale qui contient aussi l'orifice du vagin, chez la femelle. Par contre chez le mâle, la fente génitale se trouve à mi-chemin entre le nombril et l'anus.

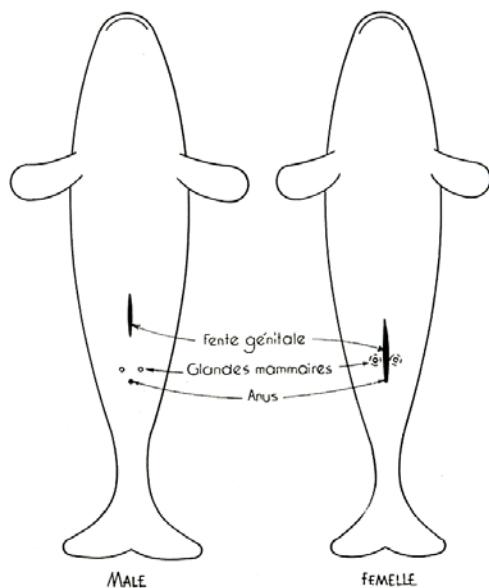


Figure 3: La distinction mâle/femelle chez les bélugas, d'après VLADYKOV (1944)

La tête est petite, le front est proéminent et arrondi par la présence du melon, une masse de tissu adipeux servant dans l'écholocation. Un bec court prolonge la tête.

Les nageoires pectorales sont courtes, larges, aplatis et arrondies en forme de pagaille. Chez le mâle adulte, elles sont recourbées vers le haut à leur extrémité (VLADYKOV, 1944). Le rôle principal de ces appendices est de maintenir l'équilibre et la direction.

La nageoire caudale, horizontale et dont le bord de fuite, en forme d'accordéon, présente une profonde encoche médiane, n'appartient pas au squelette osseux. Il y a un noyau central fait d'un tissu fibreux extrêmement dense, dont les prolongements sont fixés aux vertèbres caudales. Ce noyau fibreux est enveloppé de ligaments disposés en éventail à partir des vertèbres où ils sont aussi attachés. Ces ligaments sont pratiquement inextensibles et il en résulte une solidité extraordinaire (FONTAINE, 1998). La nageoire caudale est actionnée en mouvements verticaux, et constitue la force propulsive de l'animal.



Figure 4: Morphologie externe du béluga, d'après MICHAUD (1993)

b) particularités du squelette

❖ la tête:

Les narines ont migré, au cours de l'évolution, vers le dessus de la tête, pour constituer l'évent. Le mammifère marin peut ainsi respirer rapidement dès qu'il affleure la surface de l'eau. L'anatomie de la tête a été profondément modifiée du fait de cette migration. Le rostre s'est allongé et les os du crâne se sont télescopés.

❖ les membres:

Les deux membres antérieurs, les nageoires pectorales, sont très réduits et soutenus par un humérus court et un grand nombre de phalanges supplémentaires. Ils ne possèdent plus qu'une seule articulation mobile au niveau de l'épaule. Ce membre fait office de gouvernail, son rôle étant de stabiliser l'animal.

Les membres postérieurs sont pratiquement absents. Seul subsiste un vestige du bassin, petit os de 10-15 centimètres chez l'adulte, qui n'est même plus articulé avec la colonne vertébrale (KLEINENBERG *et al.*, 1969).

❖ la colonne vertébrale:

L'aspect allongé du corps est dû au grand nombre de vertèbres, environ une cinquantaine. La formule vertébrale proposée par BRODIE (1989) est: C 7 + T 11-12 + L 6-12 + Ca 21-26 = 49-54.

Il y a 7 vertèbres cervicales non soudées (les deux premières vertèbres cervicales: atlas et axis sont toujours indépendantes). Les vertèbres thoraciques supportent les côtes et n'y sont fixées que par un point d'attache pour la plupart, sauf les 4 ou 5 premières côtes sternales, ce qui leur donne une grande mobilité. Il y a jusqu'à 12 grosses vertèbres lombaires qui portent des apophyses transverses et épineuses très développées. Ces apophyses fournissent la surface d'ancrage nécessaire à l'énorme masse musculaire actionnant la nageoire caudale. Il n'y a pas de vertèbres sacrées soudées comme chez les mammifères terrestres. Les vertèbres caudales sont au nombre de 22 environ, et bien développées. Entre les 12 à 15 premières vertèbres caudales, sur la face ventrale, viennent s'articuler une série d'os en Y, les chevrons, dont l'ensemble constitue un canal qui protège les vaisseaux sanguins de l'écrasement dû à la pression.

La colonne vertébrale est relativement rigide, un gros ligament réunit par en-dessous toutes les vertèbres, empêchant la colonne de s'affaisser. Elle ne conserve qu'une véritable flexibilité en régions cervicale et caudale (KLEINENBERG *et al.*, 1969).

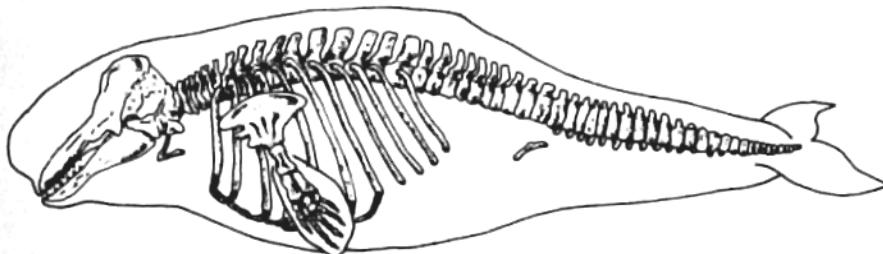


Figure 5: Représentation d'un squelette de béluga, d'après SYLVESTRE (1989)

c) locomotion: la nage

❖ les muscles et le déplacement:

La musculature dorsale, épiaxiale, fixée aux apophyses épineuses des vertèbres, sert à relever la queue. Elle est beaucoup plus importante que la musculature hypoaxiale, située de part et d'autre de la colonne, sous les vertèbres, et responsable du mouvement descendant de la queue. Cette disproportion entre les deux masses musculaires montre que la propulsion est surtout due au mouvement ascendant de la queue. Le mouvement descendant est considéré comme un mouvement de récupération, il n'assure qu'une propulsion modérée.

L'écoulement de l'eau est laminaire autour de l'animal, même quand sa vitesse augmente. Les couches d'eau restent parallèles, le flot n'est jamais turbulent. Les cétacés maintiennent cet écoulement laminaire autour de leur corps grâce à leur peau qui est constituée d'un épiderme lisse et élastique, fixé au derme par des crêtes dermiques longitudinales. La surface de la peau réagit instantanément en fonction des différences de pression presque ponctuelles qui peuvent se manifester, ce qui élimine un par un les micro-tourbillons créés par le mouvement de la nage.

❖ la vitesse:

Le béluga n'est pas un nageur rapide. Sa vitesse normale de croisière est d'environ 5-6 nœuds soit 9 à 10 km/h (SYLVESTRE, 1998). Il peut atteindre 20 nœuds soit 37 km/h durant quelques secondes en vitesse de pointe. L'éloignement des habitats d'été et d'hiver forcent les

bélugas à migrer au printemps et à l'automne sur de longues distances (BRETON et SMITH, 1990). La nage est élégante et fluide, et l'animal ne saute pratiquement jamais hors de l'eau (SOURY, 1996). La souplesse de leur corps leur permet d'effectuer des mouvements brusques de changement de direction. Les bélugas peuvent nager en avant et également en arrière (BRODIE, 1989).

d) les adaptations à la plongée

❖ les aptitudes de plongée:

Pour se nourrir avec succès, le béluga passe une partie significative de son temps en plongée. Lorsque le béluga fait surface après une plongée, la tête émerge de l'eau en laissant apparaître le melon, et l'animal expire par son évent et de façon explosive, l'air de ses poumons en un souffle d'environ 1 mètre de haut, le second temps de la ventilation est marqué par l'inspiration pendant laquelle le béluga stocke de l'oxygène, puis le béluga fait apparaître son dos au-dessus de la surface de l'eau durant quelques secondes (SOURY, 1996). L'animal s'arque plus ou moins fortement selon l'énergie dépensée et la vitesse de la nage, donnant l'impression que le cétacé roule à la surface. Il n'est pas rare de voir la queue sortir entièrement de l'eau en fin d'émersion, avant de sonder.



Figure 6: Les différentes séquences de respiration du béluga, d'après SYLVESTRE (1989)

Le souffle est de l'air expiré sous forte pression et riche en vapeur d'eau. Les deux conduits nasaux se rejoignent pour ne former qu'un seul évent, actionné par des muscles dont la contraction provoque l'ouverture. Le béluga remonte à la surface toutes les 5 à 10 minutes, mais peut rester sous l'eau jusqu'à 15 minutes (VLADYKOV, 1944). Il effectue un cycle ventilatoire de une à quelques respirations par minute, en plongeant à de faibles profondeurs ou en s'enfonçant juste sous la surface de l'eau. Les poumons sont placés dorsalement dans la cage thoracique, et le diaphragme est très oblique. Cette position qui favorise l'équilibre de l'animal dans l'eau, permet aux poumons de se vider presque entièrement. Les cétacés ventilent très efficacement leurs poumons: 85 à 90 % de l'air contenu dans les poumons (contre seulement 15 % chez les mammifères terrestres) est échangé à chaque cycle respiratoire. Les capacités normales de plongée environnent les 20 mètres, mais un béluga entraîné est descendu à des profondeurs de 600 mètres, et jusqu'à 647 mètres (RIDGWAY, 1984). Des expériences de marquage d'animaux en liberté avec des émetteurs satellites ont suivi des plongées à 300 mètres (BRETON et SMITH, 1990). La pression hydrostatique augmentant d'1 atm tous les 10 mètres, un trop grand volume d'air, compressible, emmagasiné dans la cage thoracique lui ferait subir des contraintes mécaniques difficiles à supporter. Les cétacés n'emportent qu'une petite quantité d'air dans leurs poumons qui sont relativement petits.

❖ les voies respiratoires:

En plongée, la pression hydrostatique qui s'exerce sur leur cage thoracique, élastique, écrase les poumons et provoque le collapsus total des alvéoles pulmonaires, chassant l'air

inspiré dans les voies respiratoires, trachée, bronches et bronchioles, maintenues bées par des anneaux de cartilage, jusqu'aux plus petites bronchioles, illustré en figure n° 7. Il ne s'y fait aucun échange entre l'air et le sang. Ce procédé de limitation des échanges d'air avec les tissus permet d'éviter les phénomènes de décompression dus à l'azote lors du retour vers la surface. Mais lorsque l'oxygénation du sang a lieu, elle est d'autant plus efficace car le septum alvéolaire des cétacés possède deux rangées parallèles de capillaires, comme présenté en figure n° 8.

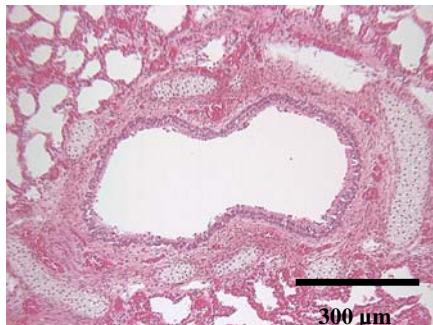


Figure 7: Bronche de béluga du Saint-Laurent (n° pathologie: 03-5664) en coupe histologique. Des anneaux de cartilage entourent les voies respiratoires basses, jusqu'aux plus petites bronchioles.



Figure 8: Septums alvéolaires de béluga du Saint-Laurent (n° pathologie: 97-6568) en coupe histologique. Chaque septum contient deux rangées de capillaires parallèles, favorisant l'oxygénation du sang.

⌘ Les adaptations physiologiques pour le maintien du métabolisme en périodes d'apnée:

Pendant que le cétacé respire en surface, son rythme cardiaque est d'environ 100 battements par minute, puis il ralentit de façon appréciable lorsque l'animal plonge, jusqu'à 12-20 battements par minute (RIDGWAY, 1972). Les muscles sont très riches en myoglobine à forte affinité pour l'oxygène. Ils constituent une grande provision supplémentaire par rapport au sang, riche en hémoglobine, qui transporte l'oxygène en provenance des poumons. Ces cétacés ont aussi développé une grande tolérance à la présence d'acide lactique dans leurs muscles. Elle leur permet de fonctionner plus longtemps en régime anaérobie. Ils vont ainsi accumuler une « dette » en oxygène : il leur faudra oxyder l'acide lactique (poison pour le muscle) et le transformer en dioxyde de carbone pour l'éliminer. Cette métabolisation de l'acide lactique s'effectue pendant les respirations qui suivent l'apnée.

La masse sanguine est répartie d'une façon particulière pendant l'apnée. Il existe des structures permettant de concentrer la circulation du sang dans le cerveau et le cœur, laissant les muscles et les viscères gérer leurs provisions de myoglobine oxygénée. Dans la cage thoracique se trouvent des masses d'artères anastomosées en réseaux extrêmement complexes: les *retia mirabilia* ou réseaux admirables. Ce réseau pourrait servir à absorber le sang quand celle-ci se fait écraser par la pression hydrostatique lors d'une plongée profonde. Après s'être réparti dans le réseau, le sang quittant la cage thoracique sous forte pression arriverait avec une pression convenable dans les carotides qui le conduisent au cerveau, évitant ainsi tout dommage. Ce maillage périphérique de vaisseaux sanguins constituant à la

fois des réservoirs à oxygène et des régulateurs de pression sanguine entre le cœur et le cerveau (FONTAINE, 1998).

Le cœur est puissant et très large, minimisant la déformation due à l'augmentation de la pression hydrostatique. Des adaptations de la circulation sanguine cardiaque comme la sinuosité des vaisseaux coronariens, les nombreuses communications artério-veineuses et les duplications de vaisseaux, interviennent probablement dans la régulation de la pression en atténuant les variations.

e) la thermorégulation

La conservation de la chaleur est l'un des défis les plus sérieux auquel doit faire face cet animal homéotherme vivant en milieu arctique. La température corporelle des bélugas est d'environ 37°C et se maintient ainsi même dans les eaux couvertes de glace qui peuvent baisser jusqu'à -2°C. Les bélugas doivent lutter contre un refroidissement qui a essentiellement lieu au niveau de la peau par conduction et convection. Les déperditions de chaleur étant proportionnelles à la surface cutanée, les bélugas présentent un rapport surface/volume le plus faible possible, et sont de ce fait d'allure massive.

Une couche de graisse, isolante et de faible densité, est située entre la peau et les muscles. La couche de tissu adipeux sous-cutané, d'épaisseur 4 à 27 centimètres selon VLADYKOV (1944), qui recouvre tout le corps du cétacé, est efficace pour conserver la chaleur du corps, mais elle pourrait occasionner un échauffement lors d'un effort musculaire ou lorsque la température de l'eau augmente. Ces cétacés n'ont pas de glandes sudoripares permettant le refroidissement par évaporation. Par contre, ils sont capables de contrôler leur circulation sanguine grâce à un système d'échange de chaleur à contre-courant. Le sang va dans la peau pour s'y refroidir au contact de l'eau et revient abaisser la température des différents organes en y circulant de nouveau. Le sang traverse la graisse par des artères qui se ramifient en de très nombreux capillaires cutanés. Ces derniers se regroupent en veines qui ramènent le sang refroidi dans le corps. Si le cétacé doit conserver sa chaleur, son système nerveux autonome provoque la contraction des artères traversant la graisse. Dans les organes comme la queue ou les nageoires pectorales, où il n'y a que peu ou pas de gras, il existe un système très perfectionné: les artères apportant le sang aux capillaires sont entourées d'une gaine de veines ramifiées en réseaux admirables. Le sang chaud des artères sert à réchauffer le sang qui s'est refroidi dans la peau et qui revient par les veines. Quand le sang revient au corps, il est presque à la température de celui-ci, ce qui limite les pertes calorifiques vers l'extérieur. Si l'animal a besoin de se refroidir, l'afflux de sang dans les artères les dilatéra, écrasant le réseau des veines, ce qui déviera le sang refroidi directement à la circulation générale (REEVES et MITCHELL, 1988; FONTAINE, 1998)

Le pannicule adipeux, également riche en lipides, constitue une réserve de grandes quantités d'énergie qui permettent au béluga de subsister pendant les périodes où il y a pénurie de nourriture. Il confère également à l'animal sa flottabilité.

f) l'osmorégulation

Lors de la prise de nourriture, les animaux marins peuvent absorber des quantités plus ou moins grandes d'eau de mer dont la concentration en sels minéraux est élevée: 35 g/L en moyenne. Les reins des cétacés produisent une urine beaucoup plus concentrée que l'eau de mer. Les reins sont relativement gros et ovoïdes. Ils sont divisés en lobules assez petits, environ 400 rénaculi, qui fonctionnent comme des reins miniatures indépendants. Cette division en rénaculi a pour effet de raccourcir l'anse de Henlé, associée avec la capacité plus

ou moins grande des reins à concentrer l'urine. Les femelles doivent faire face à une perte d'eau supplémentaire au moment de l'allaitement de leurs petits. Afin de limiter ces pertes, elles produisent un lait très concentré (FONTAINE, 1998).

g) le système sensoriel

❖ la vue en milieu aquatique et aérien:

La vue n'apparaît pas être un sens très important chez ces cétacés qui évoluent en milieu faiblement éclairé, à visibilité réduite. La pupille de l'œil est capable de s'ouvrir très largement pour permettre à la faible lumière sous-marine d'impressionner la rétine. Constituée de nombreux bâtonnets, la rétine est sensible en milieu sombre. Le fond de l'œil est tapissé d'une couche réfléchissante (le *tapetum lucidum*) contenant de nombreux cristaux de guanine qui renvoient à la rétine la lumière qui n'a pas été absorbée la première fois. La pupille peut aussi se refermer en une fente étroite de façon à limiter la pénétration de lumière dans l'œil quand celle-ci est intense. Les facultés visuelles sont surtout utilisées à courte distance. La vision est monoculaire. Des glandes spéciales sécrètent une substance graisseuse qui lubrifie le globe oculaire et protège les yeux de la salinité de l'eau, d'après FONTAINE (1998). Les petits yeux bruns des bélugas semblent permettre une assez bonne vision hors de l'eau.

❖ le goût et l'odorat sont peu développés:

La langue des cétacés présente de nombreuses terminaisons nerveuses : les bourgeons du goût, structures rappelant les papilles gustatives. Peut-être s'en servent-ils pour évaluer le degré de salinité de l'eau, reconnaître le passage de congénères par les fèces ou l'urine, et développer une préférence pour une nourriture déterminée.

L'orifice nasal s'est transformé durant sa migration longue de 45 millions d'années de l'extrémité du museau au sommet de la tête, et sa fonction principale, l'olfaction, est probablement devenue secondaire en même temps que se développait l'écholocalisation (FONTAINE, 1998). Les odontocètes n'ont ni muqueuse olfactive, ni nerf olfactif, et les régions du cerveau concernées par l'analyse des informations olfactives sont très peu développées.

❖ le toucher est une source importante d'informations sur le milieu extérieur:

Le sens tactile est bien développé. Le toucher joue un rôle important dans les contacts sociaux, les relations mères-petits, ou lors de parades amoureuses. La peau est très sensible et contient de nombreuses terminaisons nerveuses associées à la mécano et à la baro-réception. De plus, les bélugas renouvellent chaque année une partie de leur peau. Ils vont se frotter sur le sable ou le gravier des fonds du Saint-Laurent pour se débarrasser de la vieille couche de peau.

❖ l'ouïe:

Parmi les cinq sens dont se servent la plupart des mammifères pour évaluer leur environnement et communiquer, l'ouïe est le sens le plus développé chez les cétacés dont le béluga. Le monde aquatique est loin d'être un monde du silence, l'intensité des sons est augmentée dans l'eau et il y règne un bruit de fond en permanence. Des sons pouvant être associés à l'orientation, un danger ou une proie, parviennent aux oreilles des bélugas qui en déterminent l'origine. Les cétacés ont un sens de l'ouïe aiguisé, surtout pour la perception des sons de haute fréquence (REEVES et MITCHELL, 1988). Les deux organes auditifs, sont isolés acoustiquement l'un de l'autre et du crâne par un ensemble de sinus remplis d'une

mousse dense et de vaisseaux sanguins, afin de garantir une audition directionnelle gauche-droite. Le tube auditif est très petit et obstrué par des fibres (FONTAINE, 1998). Le son se déplace du côté de la tête vers une fenêtre acoustique située dans la mâchoire inférieure. De là, un corps gras dirige le son vers une chaîne amplificatrice d'os auriculaires qui le transmettent jusqu'à la membrane basilaire, rigide, de l'oreille interne, où les protoneurones sont très nombreux. Un signal acoustique précis est transmis de l'oreille interne au cerveau, où le cortex auditif est développé.

B. Sous-ordre des Odontocètes

1. Présentation

Il existe deux sous-ordres de cétacés, les mysticètes ou baleines à fanons, et les odontocètes ou baleines à dents.

Les mysticètes possèdent des dents au stade foetal, mais celles-ci se résorbent ou tombent avant la naissance. Elles sont remplacées sur le plan fonctionnel par les fanons, enracinés dans le palais. Le fanon est constitué d'une série de lames formées de kératine. Ces lames dont la partie située à l'intérieur de la bouche est frangée, sont orientées transversalement pour former un tamis retenant les proies lorsque l'eau de mer est rejetée par la bouche. Ce sont des animaux filtreurs.

Les odontocètes, au contraire, n'ont de fanons à aucun stade de leur développement. Ils possèdent des dents pendant toute leur existence. Le béluga, qui présente des dents, appartient à ce sous-ordre.

2. Le béluga présente les caractères des odontocètes

a) préhension des aliments

Les deux mâchoires du béluga portent une quarantaine de dents coniques simples (8 à 10 dents sur chaque demi-mâchoire comme présenté en figure n° 9), régulièrement espacées (VLADYKOV, 1944; NOWAK, 1991). Aiguisees au départ, ces dents deviennent finalement très usées avec l'âge, et beaucoup sont perdues à la suite de blessures ou d'infections, (REEVES et MITCHELL, 1988). Ce sont des dents de préhension qui ne leur permettent pas de mastiquer leur proies, mais de les retenir ou d'en arracher des parties. Les proies sont capturées, repérées au sonar, et maintenues par les lèvres et les dents, tandis que la langue mobile oriente la proie avant l'aspiration (KLEINENBERG *et al.*, 1969).

Ces animaux ne risquent pas la noyade car leur larynx, situé à l'intersection de la cavité buccale et du conduit nasal interne, se termine par une sorte de bec en fer de lance. Le larynx est enfoncé profondément dans l'orifice des choanes, maintenu par un muscle puissant le sphincter palatopharyngien qui serre le bec, juste en arrière de l'élargissement en fer de lance. Le larynx ne peut donc sortir des narines internes sans relaxation volontaire du sphincter. Quelle que soit la grosseur de la proie avalée, elle doit passer à droite ou à gauche du larynx (voir la figure n° 10). L'animal ne peut respirer par la bouche, et le contenu de sa bouche ne peut pénétrer dans ses poumons. C'est un mouvement descendant de la langue et de l'appareil hyoïdien qui est responsable du mouvement de succion (FONTAINE, 1998).

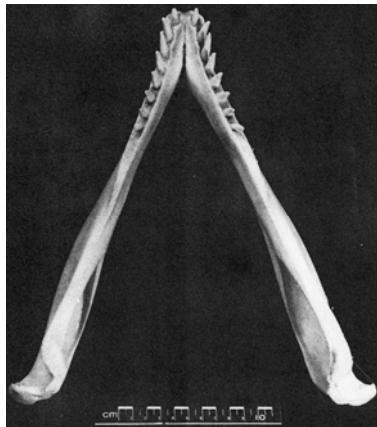


Figure 9: Mâchoire inférieure de béluga, d'après BRODIE (1989)

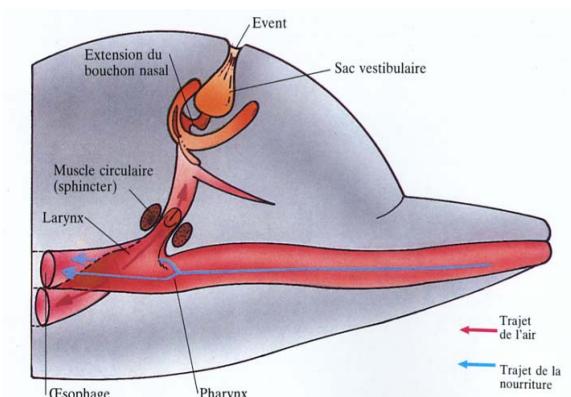


Figure 10: Représentation schématique de l'évent et du larynx d'un cétacé odontocète, d'après HARRISON et BRYDEN (1989)

b) digestion

L'estomac est compartimenté en trois réservoirs. Le premier, un pré-estomac musclé, sert à accumuler de la nourriture, la broyer, et la préparer à subir l'action des sucs gastriques. Le deuxième, l'estomac fundique a une fonction sécrétrice. Le troisième, l'estomac pylorique a une fonction sécrétrice et régulatrice du bol alimentaire. Il communique avec l'ampoule duodénale et les intestins par le pylore. Les intestins sont relativement longs. Il n'y a ni vésicule biliaire, ni cæcum.

c) proies

Les bélugas du Saint-Laurent se nourrit d'une manière opportuniste de proies très diverses parmi une cinquantaine d'espèces d'invertébrés et de poissons. Les composantes de sa diète varient selon leur disponibilité saisonnière. Parmi les poissons, on retrouve le capelan (*Mallotus villosus*), la morue (*Gadus morhua*), le lancet américain (*Ammodytes americanus*), le hareng (*Clupea harengus*), des poissons plats, de nombreux gobies, des éperlans, et des salmonidés. Il y a aussi des invertébrés comme les crevettes, les calmars, des vers marins, des mollusques, très appréciés des jeunes bélugas. Ces données viennent de VLADYKOV (1944). A présent, les moyens pour étudier le régime alimentaire sont restreints étant donné qu'aucune capture de ces cétacés n'est permise et que l'estomac des bélugas retrouvés morts est souvent vide.

Comme chez tous les mammifères marins, l'accumulation des réserves de graisse dans les tissus adipeux varie selon les saisons. L'activité estivale d'alimentation n'est pas bien comprise; au cours de leur concentration dans les estuaires, les bélugas ne semblent pas s'alimenter; leur comportement à l'extérieur de ces estuaires n'est toutefois pas connu. Lors de leurs migrations automnales vers les sites d'hivernation, les bélugas s'alimentent intensivement de morue arctique. Cette saison semble être une période importante de l'année pour l'accumulation intensive des graisses qui agiront autant comme isolant que comme réserve d'énergie. Le budget énergétique quotidien des bélugas en liberté n'est pas connu. En captivité, la consommation quotidienne de nourriture est de l'ordre de 12 à 15 kg (BRETON et SMITH, 1990; SYLVESTRE, 1998).

d) écholocation

Le béluga diffuse un puissant faisceau d'ondes sonores, généralement de haute fréquence avec une dominante à 60 kHz, sous forme de trains de pulsions: les "clics" (SYLVESTRE, 1989). Ce faisceau rebondit sur un obstacle ou une proie et revient comme un écho permettant à l'animal de déterminer sa distance, sa position et sa taille. Les opinions divergent sur la manière dont les sons sont émis. Certains scientifiques pensent que les sons seraient produits au niveau du conduit nasal situé autour de l'évent, par passage de l'air dans les diverticules nasaux. Selon une deuxième hypothèse, les sons seraient générés dans le larynx. Les bélugas portent au niveau du front une structure bulbeuse marquée: le melon, masse de tissu adipeux, jouant un rôle dans l'écholocation (figure n° 11). Ils peuvent changer radicalement la forme de leur melon pendant la production sonore, sous l'action des muscles. Cette structure graisseuse, au niveau de l'huile à faible densité, servirait à focaliser les ondes sonores, en orientant le faisceau vers la cible.

Lorsque les bélugas explorent leur environnement, le rythme d'émission des clics est assez lent et leur fréquence est relativement basse, ce qui augmente la portée du sonar et permet à un écho lointain d'être perçu. L'image sonore est de moins bonne qualité, mais les basses fréquences portent plus loin. Lorsqu'une cible est repérée, la cadence d'émission des clics augmente, ainsi que la fréquence des sons émis. L'image sonore est d'autant plus précise que la fréquence est élevée, mais la portée diminue d'autant. L'écho de la cible est capté par la fenêtre acoustique de la mâchoire inférieure, transmis à l'oreille interne par l'intermédiaire des amas graisseux de la mandibule et des osselets, voir la figure n° 13.

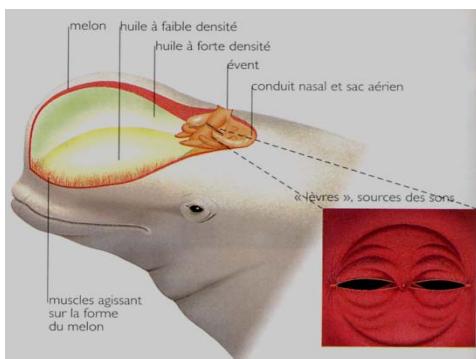


Figure 11: Représentation du melon de béluga, d'après CARWARDINE *et al.* (1998)

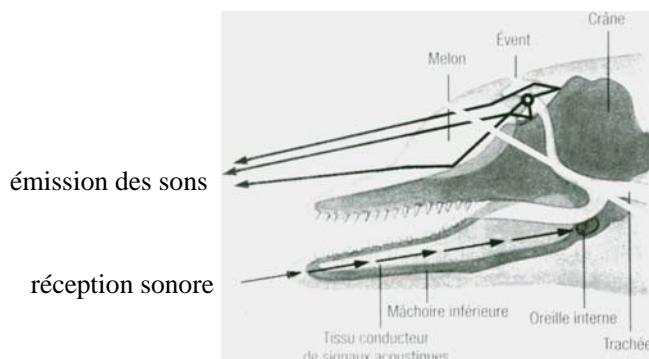


Figure 12: Crâne d'un dauphin avec représentation schématique du cheminement possible des ultrasons lors de l'écholocation, d'après NORRIS et tiré de WANDREY (1999)

La capacité de discernement des bélugas, à l'aide de l'écholocation semble être particulièrement développée. Cette faculté est probablement reliée au fait que les bélugas doivent naviguer dans des habitats couverts de glace en hiver, et dans des zones d'eau peu profondes et turbides en été.

C. Famille des Monodontidae

1. Les caractères des monodontidés (baleines blanches)

Les bélugas et les narvals sont les deux espèces de cette famille, vivant en milieu arctique, et présentant des liens de parenté très étroits (LINT *et al.*, 1990).

Ces animaux présentent un certain nombre de points communs, dont la taille et la corpulence. La tête est relativement petite par rapport au corps. Le front, renfermant la structure du melon, globuleux, est proéminent et confère à la tête une forme arrondie. Le bec est très réduit. Les monodontidés n'ont pas de nageoire dorsale. Celle-ci est remplacée par une zone fibreuse rugueuse. Le béluga arbore une crête dorsale, tandis que chez le narval l'amorce d'une bosse suivie de protubérances sombres fait office d'aileron dorsal.

Les monodontidés ont conservé l'indépendance de leurs vertèbres cervicales, contrairement aux autres odontocètes chez qui elles sont soudées. Une séparation entre la tête et le reste du corps par le cou est presque imperceptible. Le cou autorise des mouvements de la tête dans les plans verticaux et horizontaux, de grande amplitude pour un cétacé. Cette faculté semble être en contradiction avec l'évolution de la plupart des cétacés, dont les vertèbres se sont soudées, rigidifiant la colonne vertébrale et permettant à la tête de rester dans l'axe de la nage sans effort musculaire, à mesure que la nageoire caudale gagnait en puissance (SOURY, 1996). Le fait que ces animaux soient lents et ne sautent pour ainsi dire jamais pourrait s'expliquer par le défaut de rigidité des cervicales. Cette mobilité et flexibilité de la tête chez les monodontidés pourraient faciliter le travail du système d'écholocation dans les glaces.

2. Distinction avec le narval (*Monodon monoceros*)

Le béluga adulte se distingue du narval par sa couleur blanche uniforme et sa dentition. Néanmoins, les femelles narval et leurs petits, vivant généralement en groupes séparés des mâles, peuvent être confondus avec les bélugas.

Les narvals nouveaux-nés sont gris, les juvéniles ont des plaques blanches au niveau de l'anus et des fentes génitales. A l'âge adulte, les narvals sont presque blancs ventralement mais l'épiderme est d'aspect sombre sur le dos. Leurs flancs sont de teinte beige-olive tacheté de noir.

Les narvals n'ont pas de dents buccales, mais présentent deux dents situées sur la mâchoire supérieure. Chez les mâles, et plus rarement les femelles, la dent de gauche en se développant perce et traverse la lèvre supérieure. Cette défense spiralée peut atteindre jusqu'à 2,5 mètres, et serait à l'origine de la légende de la licorne.

D. Genre *Delphinapterus*, espèce *leucas*

La couleur blanche et l'absence de nageoire dorsale constituent les principaux traits distinctifs du béluga, comme l'indiquent son nom scientifique, proposé d'abord par Pallas en 1776, *Delphinus leucas*, pour désigner un dauphin blanc remarqué dans le golfe de l'Ob en Sibérie, puis rectifié par Lacépède en 1804, *Delphinapterus leucas*, littéralement "le dauphin-blanc-sans-aile", et son nom commun béluga ou "Belukha" qui en russe veut dire "celui qui est blanc" ou encore "la baleine blanche". En fait, seuls les adultes sont blancs car le jeune naît de couleur brune ou gris-foncé et pâlit graduellement jusqu'à devenir complètement blanc. Ses autres noms sont "baleine blanche", "marsouin blanc", "canari de mer".

1. Distribution des différents bélugas dans le monde

Les bélugas ont une distribution circumpolaire dans l'hémisphère nord, entre les latitudes de 50° N et 80° N pour la plus grande partie, illustré sur la figure n° 13. Ils sont retrouvés dans les eaux côtières arctiques et sub-arctiques du nord du Canada, de l'Alaska, de la Russie, de la Norvège, et du Groenland.

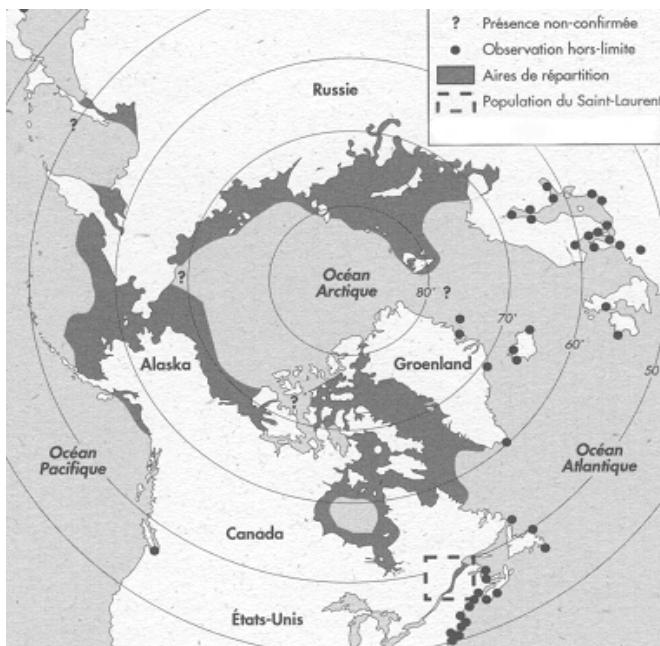


Figure 13: La répartition mondiale du béluga, d'après BAILEY et ZINGER (1995)

Les scientifiques estiment que 72 000 à 144 000 bélugas vivent dans les eaux canadiennes¹. Les animaux sont distribués dans l'ouest de l'Arctique (mer de Beaufort), le haut Arctique (détroit de Lancaster, baie de Baffin), l'est de l'Arctique (le détroit de

¹ Le premier chiffre représente le nombre de béluga observés près de la surface lors des relevés aériens effectués dans l'ensemble de l'Arctique, tandis que le deuxième chiffre est le nombre total estimé si l'on suppose qu'en moyenne, un béluga sur deux est visible lors des relevés.

Cumberland et le sud-est de Baffin, l'est et l'ouest de la baie d'Hudson, la baie James et la baie d'Ungava) et dans l'estuaire du Saint-Laurent.

La population de bélugas du Saint-Laurent est située à l'extrême sud de l'aire de répartition mondiale de l'espèce. Cette population est considérée comme isolée des autres populations de bélugas de l'Arctique, même si des échanges pouvaient jadis avoir lieu lorsque la distribution de l'espèce était beaucoup plus étendue (SERGEANT et HOEK, 1988; BRETON et SMITH, 1990).

2. Description du béluga (en faisant référence, autant que possible, aux bélugas du Saint-Laurent)

La parfaite adaptation à la vie marine se reflète dans la morphologie du béluga qui est une réponse originale aux contraintes du milieu de vie en hautes latitudes.

a) caractéristiques morphologiques

❖ absence de nageoire dorsale:

Le béluga n'a pas de nageoire dorsale mais une crête dorsale, s'élevant de quelques cm de hauteur (1 à 3 cm selon BRODIE, 1989) et dentelée, le long de la ligne médiane, à l'endroit où il y a une nageoire chez d'autres espèces. Durant l'hiver, les bélugas fréquentent les zones de glace concassée, où la surface de l'eau est facilement accessible (PLOURDE et ROONEY, 1990). Une nageoire dorsale réduirait l'habileté des bélugas à nager juste sous la surface de la glace pour repérer un trou pour respirer. Cette arête dorsale leur permet parfois de casser la glace qui couvre l'eau, lorsqu'ils doivent respirer (VLADYKOV, 1944).

❖ longueur et poids des bélugas:

Les mâles adultes mesurent entre 3,65 et 4,25 mètres et pèsent de 450 à 1 000 kilogrammes. Les femelles mesurent, quant à elles, entre 3,00 et 3,65 mètres et leur poids est situé entre 250 et 700 kilogrammes, d'après BRETON et SMITH (1990). Les mâles sont généralement plus grands et plus lourds que les femelles. Le poids des bélugas peut varier avec la saison; l'été quand la nourriture est abondante, les animaux sont plus gras qu'à l'automne ou en hiver (VLADYKOV, 1944).

Les jeunes mesurent en moyenne 150 centimètres à la naissance (les valeurs s'étalent de 120 à 180 centimètres), et pèsent entre 50 et 80 kilogrammes, d'après BRETON et SMITH (1990).

b) la pigmentation particulière de leur peau

❖ la peau épaisse des bélugas:

Dans le cas du béluga, la peau est lisse, complètement dépourvue de poils. Elle ne contient ni glandes sébacées, ni autres glandes cutanées. La peau des bélugas est très épaisse, c'est-à-dire 10 fois plus que celle d'autres espèces de dauphins et 100 fois plus que celle des mammifères terrestres. La peau du crâne est particulièrement épaisse, pouvant aider les bélugas à briser la glace pour respirer. L'épiderme mesure 5 à 12 millimètres d'épaisseur, le derme est bien développé, très épais, et sépare l'épiderme de la couche de tissu adipeux sous-cutanée ou lard. Leur peau semble constituer un organe très dynamique servant à l'isolation, et à la protection contre l'abrasion des glaces. Les couches de l'épiderme et du derme fournissent

le "muktuk", riche en vitamine C et en énergie (BRETON et SMITH, 1990; KLEINENBERG et al., 1969).

☒ la mue saisonnière:

Au début de l'été, le comportement des bélugas dans les estuaires semble directement relié aux changements qui surviennent à leur peau. Les animaux se roulent activement sur les fonds de vase ou de roche à l'entrée des canaux de la rivière où se trouvent de forts courants. Ils se frottent avec vigueur et perdent parfois des bandes de peau coupées sur des schistes argileux effilés du fond. Les animaux de toutes les classes d'âge ont ce comportement. La période de forte croissance des cellules de la peau est saisonnière et correspond à la présence des animaux dans les eaux douces et plus chaudes des estuaires. Ces conditions favorisent la perte des cellules mortes et la croissance rapide de nouvelles cellules. Les hauts niveaux saisonniers de l'hormone thyroxine (T4) mesurés dans le sang suggèrent qu'une vraie mue se produit (ST-AUBIN et GERACI, 1989; ST-AUBIN et al., 1990; BRETON et SMITH, 1990).

☒ une couleur de peau changeant avec l'âge:

Le jeune béluga appelé "veau" naît couleur brun, allant du brun foncé au brun bleuâtre. Les nageoires pectorales et la queue sont très sombres avec l'extrémité noire. Vers l'âge de 2 ans, il prend une couleur bleutée ou gris-bleu et s'appelle le "bleuet". Vers 3 ans, l'animal revêt une couleur grisâtre et prend le nom de blanchon (VLADYKOV, 1944). Vers l'âge de 6 ans, ou une fois la maturité sexuelle atteinte, l'animal devient entièrement blanc, à l'exception de la bordure des nageoires pectorales et de la nageoire caudale qui reste foncée (REEVES et MITCHELL, 1988). Avec l'âge, la quantité de pigments de mélanine contenus dans les cellules malpighiennes, diminue progressivement et même disparaît chez les individus adultes qui deviennent ainsi de couleur blanche (VLADYKOV, 1944; NOWAK, 1991). Les mâles et les femelles ont une pigmentation semblable, rendant difficile la différenciation des sexes. Cette couleur blanche caractéristique sert de camouflage en permettant d'être confondu avec des morceaux de glace flottants ou encore la crête des vagues (PLOURDE et ROONEY, 1990).

c) l'âge

La longévité moyenne des bélugas est estimée à environ 25 ans. Afin de déterminer l'âge des bélugas, SERGEANT (1973) a examiné les couches de dentine des dents en demi-tranches longitudinales. Il y a déposition annuelle de deux couches, chacune constituée d'une zone opaque et d'une zone translucide de dentine, cette dernière étant déposée durant les périodes de faible alimentation. Ceci peut se produire durant une migration d'automne et de printemps, durant un jeûne estival au moment de la mise-bas, ou durant la période de privation hivernale.

Les femelles atteignent la maturité sexuelle à 8-13 couches de croissance (en moyenne 10), et les mâles à 16-18 couches, c'est-à-dire à des âges présumés de 4-7 ans (en moyenne 5 ans) et 8-9 ans. Toute trace de gris disparaît de la peau à 18-22 couches. La durée de vie est d'environ 50 couches soit environ 25 ans chez les deux sexes, avec un maximum à 30 ans (BRODIE, 1971).

d) la vie sociale

❖ la vie en groupe:

Les bélugas sont de nature grégaire. Ils vivent en groupes de 2 à 25 individus mâles et femelles (en moyenne 10), menés par un grand mâle, selon NOWAK (1991). Plusieurs petits groupes peuvent se rejoindre pour former de plus grands groupes, souvent pendant les migrations de printemps et d'automne qui permettent de relier les habitats d'été et d'hiver. Les troupeaux se distinguent alors en fonction de l'âge et du sexe (SYLVESTRE, 1998).

Les bélugas démontrent une fidélité au lieu de concentration estivale. Des individus portant des marques distinctes ont été reconnus à certains sites, année près année. Les groupes de bélugas commencent à arriver aux estuaires dès que les conditions de glace permettent leur passage, souvent au printemps en avril-mai (VLADYKOV, 1944). La majorité des comportements observés dans les estuaires, l'été, sont reliés à l'allaitement des jeunes veaux, à l'alimentation, et au renouvellement de la peau. Les animaux regroupés dans les estuaires semblent comprendre une forte proportion de femelles avec nouveaux-nés et juvéniles. Les femelles passent la plupart de leur temps dans les secteurs plus calmes des estuaires à allaiter leur nouveau-né. Il est rare que le nouveau-né et le jeune d'un an s'éloignent des environs immédiats de leur mère. Les juvéniles plus âgés, de couleur grise, font partie de groupes moins liés et leur comportement est très varié. Des groupes de mâles adultes peuvent comprendre de 15 à 20 individus, et jusqu'à quelques centaines dans les grands estuaires (BRETON et SMITH, 1990). A l'automne, les grands déplacements se font à nouveau vers le large, vers les golfes.

❖ la communication vocale chez ces "canaris de mer":

Le béluga est une espèce très vocale émettant, en plus des clics d'écholocation, une grande variété de sons modulés, qui servent probablement à la communication sociale. Pour communiquer entre eux, ils produisent des sons dans l'eau, classés par SJARE (1986) en huit grands types de sifflements, en quatre catégories d'appel (pulsatiles, vibratoires) comprenant des séries de claquements et trois types de sons pulsatiles, et en cris aigus. Les auteurs notent que le taux d'émission sonore est influencé par un changement d'activité. Les sifflements typiques donnent des mesures situées entre 3 et 9 kHz, et sont accompagnés par des cliquetis courts (SYLVESTRE, 1989). Les sifflements émis par l'animal peuvent être nettement audibles à la surface de l'eau ou à travers la coque d'un bateau, d'après NOWAK (1991), les fréquences audibles par l'oreille humaine étant comprises entre 20 Hz et 20 kHz. Capable de modifier son expression faciale, le béluga semble arrondir ses lèvres à l'émission de vocalises. Bien que les cordes vocales soient absentes chez tous les cétacés, le béluga y compris, les sons sont probablement produits par le larynx (VLADYKOV, 1944).

e) reproduction

❖ appareil génital mâle:

Le pénis contient des tissus érectiles enveloppés dans une gaine fibreuse. Il est maintenu à l'intérieur du corps en une boucle lâche, en forme de S par des muscles rétracteurs qui sont fixés en partie au rectum. Les tissus érectiles comprennent un corps caverneux qui se divise en deux à la base du pénis et se fixe aux reliquats des os du bassin, et un corps spongieux peu développé autour du canal de l'urètre. Le pénis ne contient pas d'os pénien.

Les testicules sont intra-abdominaux, plaqués sur la paroi dorsale. Ils sont enveloppés d'un réseau très complexe de veines et d'artères fonctionnant à contre-flux, destiné à

maintenir des conditions propices à la spermatogénèse. En effet, les testicules des cétacés étant internes et situés près des muscles qui servent à la nage, le tout étant isolé du milieu ambiant par une couche de graisse, leur température devrait être trop élevée pour permettre une production de spermatozoïdes viables, chez un animal un peu actif. Or un réseau de veines provenant de la dorsale amène un sang refroidi à proximité des artères nourricières des testicules. Le sang de ces artères y circulant à contre-flux se refroidit et abaisse par conséquent la température du testicule (FONTAINE, 1998).

La prostate, qui est la seule glande accessoire du système reproducteur mâle chez les cétacés, est très muscleuse; elle repose entre les deux branches des corps caverneux.

La maturité sexuelle est atteinte à 7-8 ans (BRETON et SMITH, 1990). Cette évaluation est basée sur le rapport entre le poids des testicules et la longueur des mâles, d'après SERGEANT (1973).

❖ appareil génital femelle:

Les ovaires sont placés en position dorsale, dans la cavité abdominale, à proximité de l'utérus bicorné. Le *corpus albicans* ne disparaît pas après la gestation. Il correspond à la cicatrice laissée dans l'ovaire par un corps jaune. Mais plusieurs follicules peuvent entreprendre une certaine maturation au cours de la même gestation, et laisser plusieurs cicatrices dans l'ovaire. Des corps jaunes accessoires et des follicules lutéinisés sont retrouvés dans les ovaires, laissant des cicatrices ressemblant fortement à celles de corps jaunes d'ovulation ou de gestation. L'interprétation des comptages de *corpus albicans*, pour connaître le nombre d'ovulations de l'animal dont on a prélevé les ovaires, est donc assez délicate.

Les deux cornes de l'utérus se rejoignent pour former une cavité utérine unique fermée par un puissant cervix. L'utérus est situé entre deux masses musculaires qui produisent des quantités importantes de chaleur quand l'animal se déplace. Le fœtus pourrait connaître de graves problèmes de développement si l'utérus n'était doté du même système de refroidissement à contre-flux que celui des testicules. Il y a de très nombreuses veines sur le ligament qui retient l'utérus à la paroi abdominale. Ces veines contiennent du sang qui revient de la peau refroidi au contact de l'eau. Ce sang circule à contre-courant avec le sang d'artères issues de l'aorte (FONTAINE, 1998).

Le vagin, qui contient le clitoris, compte aussi des replis de peau qui se projettent vers l'extérieur, assurant l'étanchéité. Le vagin s'ouvre dans le fond d'une fente génitale assez profonde.

Les mamelles, dont le mamelon est lui aussi dans un repli quand la femelle ne nourrit pas, se trouvent de part et d'autre de la fente génito-anale.

La maturité sexuelle est évaluée à 5 ans (BRODIE, 1971; SERGEANT, 1973), en rapportant l'âge, exprimé en nombre de couches de dentine déposées sur les dents, avec le nombre de cicatrices de corps jaunes retrouvé sur les ovaires. La période totale d'activité reproductrice, sur la base de deux couches de croissance par année, est de 20 ans selon SERGEANT (1973), et une femelle peut avoir jusqu'à 10 petits au cours de sa vie. Les naissances multiples sont rares.

❖ accouplement

Les bélugas du Saint-Laurent s'accouplent au printemps, vers les mois d'avril-mai. Les parades amoureuses sont longues et peuvent durer plusieurs jours, voire des semaines. Les accouplements sont très brefs mais se répètent plusieurs fois. Certains indices laissent croire que le male est polygame (BRETON et SMITH, 1990).

❖ gestation

La gestation a lieu 80 % du temps dans la partie gauche de l'utérus, alors que le placenta occupe la corne droite. La placentation est épithélio-choriale. La gestation dure 14 à 15 mois (BRODIE, 1971; SERGEANT, 1973).

❖ mise-bas

Dans le Saint-Laurent, la mise-bas a lieu aux mois de juin-juillet jusqu'en août-septembre (BRETON et SMITH, 1990; SERGEANT, 1973). Lors de la mise-bas, le petit se présente par la queue, et le cordon ombilical se détache tout seul en se cassant à un point de moindre résistance, près de l'ombilic. La parturition est rapide, et la mère pousse le nouveau-né vers la surface, où il prend sa première respiration. Le placenta est expulsé peu de temps après. Aussitôt après la naissance, le petit cherche une des deux mamelles.

❖ allaitement et sevrage

Le jeune est allaité sous l'eau, à proximité de la surface où mère et jeune peuvent respirer. L'allaitement du béluga dure environ 18-20 mois (BRODIE, 1971). La gestation et la période d'allaitement précédente ne se chevauchent pas souvent, de sorte que la femelle se reproduit habituellement tous les trois ans (BRETON et SMITH, 1990; SERGEANT, 1973).

Le lait des femelles bélugas, de consistance crèmeuse, est plus riche en calcium, en phosphore, en matières grasses (environ 10 fois plus), en protéines (environ 5 fois plus) que celui des mammifères terrestres. Cette richesse permet au nouveau-né de grandir rapidement et d'affronter les déperditions de chaleur beaucoup plus importantes dans l'eau que sur terre (FONTAINE, 1998).

Les veaux nouveaux-nés mesurent environ 40% de la longueur de leur mère. A 1 an, ils atteignent 65% de la taille de leur mère qu'ils accompagnent toujours et qui les allaite. Les dents n'ont pas encore percé. Les veaux sont sevrés dans leur deuxième année, à la fin de laquelle leur longueur est 70% de celle des adultes. A l'âge de 2 ans, les jeunes commencent à se nourrir de proies qu'ils capturent: capelans, lançons, crevettes. Les bleuvets, âgés de 3-4 ans, se nourrissent alors comme les adultes. Vers 5 ans, ils atteignent 88% de la taille adulte (BRETON et SMITH, 1990).



Figure 14: Représentation de bélugas adultes accompagnant un jeune veau, de couleur grise, illustration d'après une brochure émise par Pêches et Océans Canada, Institut Maurice-Lamontagne, Programme des Zones de protection marines

II. La population originelle des bélugas de l'Estuaire du Saint-Laurent (ESL) et l'évolution jusqu'à nos jours

A. Historique du troupeau

Il y a plus de dix mille ans, lors de la dernière glaciation, une grande partie de l'Amérique du Nord était recouverte d'une épaisse couche de glace. A mesure que le climat planétaire s'est réchauffé, la glace a commencé à fondre, le niveau de la mer s'est élevé et l'océan Atlantique a envahi les terres, vers l'ouest rejoignant presque les Grands Lacs. Cette immense étendue d'eau salée, la mer de Champlain, couvrait une grande partie du Québec au climat Arctique et peuplée de cétacés, dont le narval et le béluga. Le climat continuant de se réchauffer, l'immense glacier recula vers le nord. Le continent, libéré du poids de la glace, se releva et l'océan Atlantique se retira vers l'est, causant l'assèchement de la mer de Champlain.

L'habitat de la faune Arctique recula vers le nord, dans ses limites actuelles. Un groupe de bélugas aurait ainsi été séparé de ceux de l'Arctique et isolé dans le Saint-Laurent. Les bélugas ont pu continuer à y vivre de façon permanente grâce à la présence d'un micro-environnement arctique.

Une population d'environ 1000 bélugas est ce qui reste de ces populations ancestrales. On estime qu'au début du XX^{ème} siècle, cette population comptait plus de 5000 animaux (MARTINEAU, 2004; PLOURDE et ROONEY, 1990; INSTITUT MAURICE-LAMONTAGNE, 2003).

B. Habitat des bélugas de l'ESL

L'aire de distribution se situe historiquement et de nos jours encore, dans le fleuve et son estuaire, quoique des concentrations de bélugas aient été observées périodiquement le long de la rive nord du golfe du Saint-Laurent jusqu'à Natashquan et le long de la rive sud jusque dans la baie des Chaleurs (REEVES et MITCHELL, 1984).

Le Saint-Laurent est traversé par une profonde entaille de plus de 300 mètres de profondeur: le chenal Laurentien. Ce chenal prend naissance dans le golfe et s'étend jusqu'à l'embouchure de la rivière Saguenay. Le long de la côte nord de l'estuaire, le courant glacé du Labrador coule en profondeur à contre-courant, c'est-à-dire vers le sud-ouest, dans les profondeurs du chenal Laurentien. À la hauteur de Tadoussac où la rivière Saguenay rejoint le fleuve, la profondeur du fleuve passe subitement de 300 à 25 mètres. En amont, le fleuve Saint-Laurent est peu profond, jusqu'aux Grands Lacs. Le courant du Labrador, se heurtant à cet endroit à une véritable falaise sous-marine, fait surface. L'eau glacée émerge alors, créant des conditions marines quasi arctiques. Ce courant glacial et dense charrie aussi une quantité importante de sédiments vers la surface, et une grande quantité de matières organiques est ainsi mise en suspension dans l'eau. Le dynamisme dû au balancement des marées ainsi que le mélange de masses d'eaux marines profondes avec celles du Saint-Laurent, du Saguenay et de plusieurs autres rivières contribuent à une productivité élevée. Le développement de phytoplancton stimule celui du zooplancton, nourriture de nombreux invertébrés marins de petite taille. Ceux-ci sont consommés par de petits poissons tels l'éperlan, le capelan, le hareng et le maquereau. Ce milieu très riche en nourriture attire de nombreuses espèces de poissons

plus grands et des mammifères marins, tel le béluga, les phoques de même que de plusieurs espèces de baleines à fanons.

La population de bélugas de l'EST fréquente, du printemps à l'automne, une zone centrée sur l'embouchure de la rivière Saguenay, couvrant une étendue de 200 km dans l'estuaire, depuis la Batture aux Loups Marins en face de Saint-Jean-Port-Joli (environ 100 km en aval de la ville de Québec), jusqu'à l'île du Bic, sur la rive sud du Saint-Laurent, et Forestville sur la Côte-Nord. Elle comprend aussi le Saguenay de son embouchure jusqu'à Saint-Fulgence (BAILEY et ZINGER, 1995), (voir la figure n° 15).

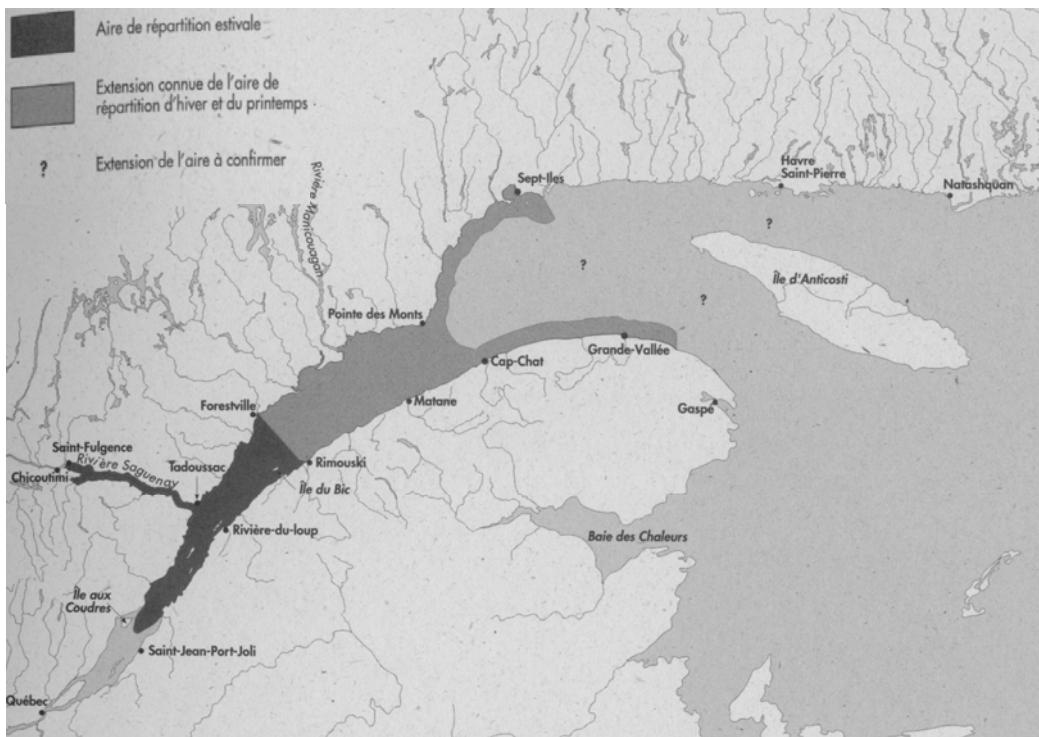


Figure 15: Aire de répartition actuelle du béluga du Saint-Laurent, d'après BAILEY et ZINGER (1995)

La zone d'estivage actuelle ne représente qu'une petite partie de l'ancienne aire de répartition, décrite par VLADYKOV (1944). Il semble que l'été, la zone s'étendait vers l'est le long de la Côte-Nord jusqu'à Natashquan, et le long de la rive sud jusqu'à Grande-Vallée.

Les femelles et les jeunes veaux fréquentent principalement la partie sud-centrale de l'estuaire, où la couche de mélange atteint une température supérieure à 9°C en juillet. Les mâles adultes habitent le nord-est, où les températures estivales de surface peuvent baisser jusqu'à 3°C durant les marées de vive-eau (SERGEANT, 1986), (voir la figure n° 16). L'habitat estival se caractérise par de faibles profondeurs, la présence d'eaux saumâtres à température relativement plus élevée et par des substrats sablonneux ou vaseux.

En hiver, la limite maritime de la distribution se déplace d'environ 150 km à l'est, en aval, vers le golfe (SERGEANT, 1986). Les bélugas dépendent de zones de glaces en mouvement où les ouvertures d'eau leur permettent de respirer. La répartition hivernale doit beaucoup varier d'année en année en fonction des conditions de glace.

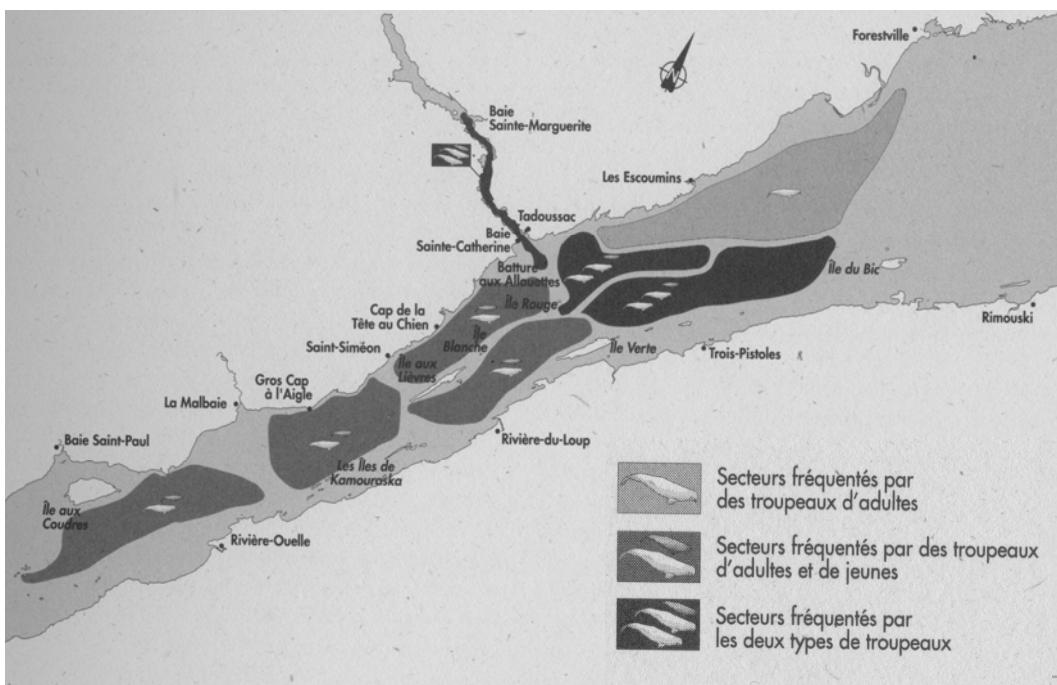


Figure 16: Distribution estivale du béluga du Saint-Laurent, d'après BAILEY et ZINGER (1995)

C. Une population en danger

1. La chasse

L'existence d'une pêcherie aborigène du béluga dans le fleuve Saint-Laurent aurait été notée dès le XVII^e siècle par des visiteurs européens. Mais la pêcherie commerciale, pour la peau et l'huile notamment, n'a pris son essor qu'au tournant du XVIII^e siècle. Elle a atteint son apogée vers les années 1720, pour ensuite voir décliner son aire géographique. La pêche a toutefois continué jusqu'au XX^e siècle à l'Île aux Coudres, Rivière-Ouelle et Sainte-Anne-de-la-Pocatière. De la deuxième moitié du XIX^e siècle jusqu'aux années 1950, on pratiquait la chasse intensive en bateau, les hommes utilisant des armes à feu et des harpons. Au cours de la période 1932-1938, leurs efforts furent stimulés par les primes qu'offrait le Gouvernement pour chaque béluga abattu au Québec. Les pêcheurs croyaient que les bélugas étaient responsables de la diminution des stocks de saumon et de morue. Depuis les années 1955, l'exploitation directe s'est limitée à une chasse, mal connue mais probablement réduite, et à un bref épisode de pêche entre 1962 et 1970 à l'Île aux Coudres (REEVES et MITCHELL, 1984).



Figure 17: Chasse au béluga du Saint-Laurent au début du siècle, d'après FONTAINE (1998)

Le Canada a définitivement banni l'exploitation commerciale de tout cétacé dans ses eaux en 1972. En 1979, les bélugas du Saint-Laurent obtenaient le statut d'espèce protégée en vertu de lois explicites prohibant toute forme de chasse.

Selon les données de captures, le nombre record de prises aurait été enregistré entre 1886 et 1895 alors qu'environ 4 178 bélugas étaient abattus (REEVES et MITCHELL, 1984). De 1880 à 1950 seulement, soit au moment où elle était la plus intense, cette activité vieille de 400 ans a fait disparaître jusqu'à 15 000 individus (INSTITUT MAURICE-LAMONTAGNE, 2003). La chasse importante dont les bélugas de l'ESL ont été l'objet jusque dans les années 1970 est sans contredit l'un des principaux responsables du déclin de sa population. L'évaluation de la population initiale à partir de données cumulatives des captures est liée au taux de recrutement net de l'espèce, et d'après des études menées par REEVES et MITCHELL (1984), il y aurait eu au moins 5 000 bélugas dans le Saint-Laurent en 1885. La chasse excessive a mené au déclin de la population qui avoisinait les 350 individus dans les années 1970.

2. Le statut d'espèce en voie de disparition

⌘ En 1979, la chasse et le harcèlement des bélugas du Saint-Laurent sont prohibés par la Loi sur les pêcheries établie par le gouvernement fédéral du Canada.

⌘ En 1980, un amendement de cette loi, le Règlement sur la protection du béluga, interdit de tuer, de blesser, ou de déranger volontairement un béluga. Les bélugas du Saint-Laurent sont reconnus comme population menacée de disparition par le gouvernement du Canada.

⌘ En 1983, le béluga du Saint-Laurent est désigné par la COSEPAC (comité sur la situation des espèces en péril au Canada) comme population animale "en voie de disparition".

⌘ En 1986, toutes les îles de l'estuaire moyen sont des sanctuaires. Cette mesure accorde une protection dans la zone littorale, et limite la circulation de petites embarcations dans la région où demeurent les femelles et leurs veaux (SERGEANT et HOEK, 1988).

3. L'évaluation du nombre d'individus présents dans la population de bélugas du Saint-Laurent

a) les recensements de la population

De 1973 à 1985, des tentatives pour estimer l'effectif de la population des bélugas du Saint-Laurent menèrent à une estimation de la taille de la population à environ 500 individus. Les résultats sont présentés dans le tableau n° 3. Cela représente à peu près 10 à 15 % de ce que le troupeau représentait au début du siècle.

Le manque de consistance dans les méthodes de recensement employées a motivé, en 1988, le développement d'une méthode standard de recensement aérien incluant un facteur de correction pour les animaux submergés et invisibles sur les photographies aériennes (LESAGE et KINGSLEY, 1995). Il est impossible, en effet, d'obtenir un dénombrement exact, étant donné qu'une proportion inconnue d'animaux se trouve sous la surface de l'eau lors des observations. Par conséquent, un facteur de correction de 15 % est appliqué au nombre de bélugas observés afin d'obtenir un indice d'abondance de la population, qui tient compte des individus en plongée.

Un inventaire est réalisé tous les deux ou trois ans depuis 1988, à l'aide de la photographie aérienne, afin de suivre l'évolution de la population. Lors du dernier inventaire, effectué en 2000, deux avions munis d'un appareil photographique de cartographie ont survolé l'estuaire sur 52 lignes transversales, couvrant le secteur de Baie-Saint-Paul à Rimouski. L'indice d'abondance de la population a été estimé, en 2000, à 527 individus pour l'ensemble de l'aire d'étude.

Tableau 3: Présentation des évaluations de la taille de la population des bélugas du Saint-Laurent, de 1973 à 2000, d'après SERGEANT et HOEK, 1988; LESAGE et KINGSLEY (1995); KINGSLEY (1998); GOSSELIN et MEASURES (2002).

Années	Type de recensement	Estimation	Intervalle
1973	aérien photo	443 ^a	229-658 (95%)
1975-1977	aérien visuel	300-350	
1982	aérien visuel	512 ^b	360-715 (95%)
1984	aérien photo	431	187-773 (95%)
1984	bateau visuel	495 ^b	+/- 245
1985	bateau visuel	-	< 340
1985	aérien photo	530 ^a	285-775 (95%)
1987	aérien visuel	-	436-487 ^b
1988	aérien photo	491 ^a	+/- 69
1990	aérien photo	607 ^a	+/- 308
1992	aérien photo	525 ^a	+/- 71
1995	aérien photo	705 ^a	+/- 108
1997	aérien photo	681 ^a	+/- 91
2000	aérien photo	527 ^a	

^a: corrigé pour la visibilité (animaux submergés à une profondeur ne permettant pas leur repérage sur les photos)

^b: non corrigé pour la visibilité

La comparaison de cette estimation avec les cinq indices obtenus entre 1988 et 1997 ne révèle aucun changement significatif dans l'abondance des bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent depuis 1988.

Cependant, des études récentes ont permis de déterminer qu'un facteur de correction d'un peu plus de 100 %, plutôt que de 15 % jugé conservateur, serait plus adéquat pour tenir compte des individus non visibles à la surface, lors d'un relevé aérien. En appliquant ce facteur de correction, la population de bélugas de l'estuaire pouvait alors être estimée à 952 individus en 2000 (GOSSELIN et MEASURES, 2002).

b) la dynamique de la population

❖ La tendance de la population laisse croire à une stabilisation ou à une très légère augmentation depuis quelques années. Mais, même après que la chasse soit légalement prohibée en 1979, il n'y a pas eu de croissance exponentielle. Ainsi d'autres causes empêcheraient le rétablissement de la population. Le taux de reproduction dans l'estuaire du Saint-Laurent est d'environ un tiers plus bas que celui de l'Arctique (le taux annuel brut de reproduction est de 0,055, selon SERGEANT et HOEK (1988). Ces auteurs estiment une production annuelle de 27 jeunes en l'absence d'immigration de bélugas de l'extérieur de l'estuaire. Il y a chaque année en moyenne 12 carcasses trouvées durant la période sans glace, soit environ 16 décès par année. Le taux de mortalité établi en 1986 ne semblerait pas être anormal d'après l'âge ou la mortalité totale.

Il existerait pour cette population de l'ESL un phénomène de faible taux de reproduction et/ou un taux de survie bas jusqu'à l'âge adulte. Il n'y a pas de données solides qui permettent de croire que la population se reconstitue (SERGEANT, 1986; BELAND *et al.*, 1993). A la suite de l'inventaire de 2000 et en l'absence de changements notables dans le nombre et la condition des échouages depuis les années 1980, les scientifiques estiment que la population est actuellement stable à environ 1000 individus (GOSSELIN et MEASURES, 2002).

❖ Les études démographiques sur les bélugas du Saint-Laurent souffrent de problèmes d'estimation de la taille de la population, des taux de naissance et des taux de mortalité. Les meilleurs relevés aériens effectués jusqu'à maintenant n'offrent pas une précision suffisante pour détecter de légers changements à courts termes dans la taille de la population. Les études démographiques fondées sur la structure d'âge des bélugas morts qui s'échouent sur les rives du Saint-Laurent comportent plusieurs biais qui masquent les taux de mortalité réels. Le programme de récupération des carcasses sous-estime la mortalité annuelle totale. Il est inefficace pendant la saison des glaces, et certainement incomplet en d'autres temps. Il est probable que les adultes, par rapport aux individus les plus jeunes, y soient surreprésentés en raison de leur masse, de leur flottabilité et de leur visibilité sur les plages.

c) une diversité génétique réduite

En raison de la taille réduite de la population et son isolement géographique, les difficultés rencontrées par les bélugas de l'ESL pourraient être en partie attribuables à une diversité génétique diminuée. Des études génétiques par analyse d'empreintes ADN, menées par PATENAUME *et al.* (1994), ont révélé une variabilité génétique bien plus faible que chez les bélugas de la mer de Beaufort (Arctique canadien). MARTINEAU *et al.* (1994) formulent l'hypothèse d'une perte de diversité au niveau du locus du complexe majeur d'histocompatibilité (CMH). La consanguinité et la diminution de l'hétérozygotie peuvent mener à une réduction des fonctions métaboliques,生殖和免疫。

III. Les menaces qui pèsent sur les bélugas du Saint-Laurent

A. Identification des dangers

Ayant survécu à une chasse commerciale soutenue, les bélugas du Saint-Laurent font face à d'autres dangers. La population de bélugas du Saint-Laurent a attiré l'attention du public depuis une vingtaine d'années sur les problèmes de cancers, de contamination par les polluants et de dérangement par les bateaux. En effet, leur habitat se trouve dans une région où se déroulent diverses activités humaines.

1. L'examen des carcasses de béluga du Saint-Laurent échoués le long du fleuve

a) les carcasses retrouvées échouées et autopsiées

Un programme de récupération et de collecte d'information sur les carcasses de bélugas échoués le long des côtes se poursuit depuis 1982, ayant pour but de faire des examens post-mortem systématiques sur les bélugas de l'ESL échoués, et de déterminer les niveaux tissulaires de contaminants chimiques. Des autopsies de carcasses de bélugas en état de conservation raisonnable, ainsi que des analyses toxicologiques sur les tissus sont alors effectuées de façon systématique (voir dans la Troisième partie, I. Animaux, matériels et méthodes, A. Source de matériel utilisé, pour la description du protocole de récupération des carcasses).

Environ 300 cas de bélugas échoués ont été documentés depuis la première année complète du programme en 1983, jusqu'en fin 2002. Le nombre d'échouages rapportés annuellement est resté relativement constant au cours des 20 dernières années, avec une moyenne d'environ 15 individus. Le nombre réel de mortalités est toutefois probablement supérieur, étant donné que certaines carcasses dérivent vers le golfe, coulent ou sont dévorées, n'étant ainsi jamais rapportées. La plupart des bélugas échoués morts ont entre 16 et 35 ans, avec un pic de mortalité situé entre 21 et 25 ans, et de nombreuses carcasses sont celles d'individus de moins de 5 ans (GOSSELIN et MEASURES, 2002).



Figure 18: Béluga retrouvé échoué sur les rives du Saint-Laurent

Commentaire [I1] : Bérénègre
 CETTE PHOTO N'EST PAS DE
 MOI, MAIS DE L'IML. Change la
 légende.

Entre 1983 et 1999, l'âge d'environ 200 carcasses fut déterminé par la dentition. Pendant cette même période, près de 130 carcasses ont été examinées en salle d'autopsie à la faculté de médecine vétérinaire de Saint-Hyacinthe, soit à peu près la moitié des animaux rapportés échoués, et 100 carcasses furent considérées en état de conservation raisonnable, basé sur la consistance ferme du foie, permettant l'établissement d'un diagnostic. Environ 80 % d'entre eux étaient des adultes, âgés de 7 ans et plus (MARTINEAU *et al.*, 2002).

b) les pathologies observées

d'après LEMBERGER (2001); MARTINEAU *et al.* (2002)

❖ la mortalité des bélugas de l'ESL échoués, et dont le diagnostic a pu être précisé suite à une autopsie effectuée à la FMV entre 1983 et 1999, est présentée dans le tableau n° 4

Tableau 4: Causes primitives de la mort des bélugas de l'ESL échoués et autopsiés à la FMV, entre 1983 et 1999, ainsi que le nombre d'individus atteints, ayant pu être déterminés

Causes primitives de la mort des bélugas de l'ESL, échoués et autopsiés à la FMV, entre 1983 et 1999	Nombre d'individus (n=100)
non déterminée	23
parasites métazoaires:	22
~ pulmonaires (<i>Halocercus monoceris</i>)	18
~ digestifs (<i>Anisakis simplex</i>)	4
tumeurs malignes (adénocarcinome des glandes salivaires, de l'estomac, de l'intestin, des glandes mammaires, et de l'utérus, carcinome épidermoïde de la peau, carcinome transitionnel de la vessie, lymphome malin du thymus, tumeur des cellules de la granulosa de l'ovaire)	18
agents infectieux:	17
~ bactéries (<i>Entérobactéries, Vibronaceae, Nesseriacaceae, Pseudomonaceae, Nocardiaceae, Streptococcaceae</i>)	13
~ virus (Herpèsvirus)	2
~ protozoaires (<i>Toxoplasma gondii</i>)	2
mortalité néonatale, dystocie	6
traumatismes:	6
~ probablement par collision avec un bateau	4
~ hélice de bateau	2
autres (volvulus intestinal, malformation congénitale, fibrose hépatique, hépatite nécrosante, dommages alvéolaires)	5
anévrisme disséquant du tronc pulmonaire	3

❖ tumeurs

Les tumeurs sont la deuxième cause avérée de mortalité avec 18 % des bélugas échoués et autopsiés (21 tumeurs dont 18 cancers). Dans le monde occidental, le cancer cause 23 % de mortalité chez l'homme, un pourcentage similaire à celui des bélugas du Saint-Laurent. Un tel pourcentage n'avait jamais été observé chez une population d'animaux sauvages, où que ce soit dans le monde, qu'il s'agisse d'animaux terrestres ou aquatiques (à l'exclusion des poissons). Le taux de cancer chez les bélugas du Saint-Laurent échoués et autopsiés est aussi

beaucoup plus élevé que celui observé chez les autres cétacés (DE GUISE *et al.*, 1994a; MARTINEAU, 2004; MARTINEAU *et al.*, 2002).

Les carcasses de bélugas du Saint-Laurent sont affectées par des taux élevés de cancer, particulièrement du système digestif, au niveau de l'intestin grêle. Sur les 9 cas de cancer de épithéliaux gastrointestinaux, 6 sont localisés au niveau de l'intestin proximal, près de l'estomac, 2 sont trouvés dans l'estomac, un seul est localisé près de l'anus (MARTINEAU *et al.*, 2002). L'ensemble des données toxicologiques récoltées, notamment avec les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), permettrait d'expliquer les taux élevés de cancer du tractus digestif rapportés chez cette population de bélugas hautement exposée à des carcinogènes environnementaux. Mais le rôle concomitant de virus ne peut être écarté. En effet, chez les bovins, les tumeurs malignes de l'intestin grêle, dans les rares régions du monde où elles surviennent en grand nombre, résultent de l'interaction entre des composés cancérogènes et des virus. Le papillomavirus bovin type 4 cause des papillomes dans le tractus digestif supérieur. Chez les bovins infectés par le virus et nourris avec de la Fougère aigle (*Pteridium aquilinum*), une plante contenant des composés cancérogènes puissants, les papillomes bénins, peuvent aboutir à des tumeurs malignes. Ainsi un virus et un carcinogène (la fougère) sont nécessaires pour causer des cancers épithéliaux de l'intestin chez les bovins. Il est possible, aussi, que des facteurs génétiques familiaux contribuent à l'étiologie de ces tumeurs.

Entre 1983 et 1999, une forte incidence des tumeurs des glandes mammaires est remarquée, avec trois cas de bélugas femelles adultes présentant un adénocarcinome. Chez la femme, ces cancers ont été reliés étiologiquement avec les organochlorés (OC) et HAP, et une imprégnation hormonale pourrait agir en corrélation avec les contaminants. Il pourrait se produire un phénomène semblable chez les bélugas dont la gestation et la lactation sont longues.

Une réduction, voire même la suppression de l'immunosurveillance des organismes contre les tumeurs peut être également envisagée (DE GUISE *et al.*, 1995). La prédisposition génétique aux cancers peut aussi être à l'origine de leur développement dans la population de bélugas du Saint-Laurent, qui présente une certaine homogénéité génétique.

❖ hermaphrodisme

De 1983 à 1999, un cas de béluga vrai hermaphrodite, ayant un ensemble complet de gonades de chaque sexe, a été décrit. Un cas de pseudo-hermaphrodite, possédant un ensemble complet de gonades avec des "contradictions morphologiques" comme la présence de deux ovaires et d'un pénis, a également été observé. Aucun autre cas d'hermaphrodisme vrai n'avait été observé chez les cétacés auparavant, et seulement trois cas de pseudohermaphrodisme avaient été rapportés, dont seulement un chez les odontocètes (DE GUISE *et al.*, 1994b).

Plusieurs des composés organochlorés que l'on trouve en concentrations élevées dans les tissus des bélugas du Saint-Laurent ont des effets oestrogéniques. Ceux-ci causent la féminisation et l'hermaphrodisme chez les reptiles, poissons et oiseaux mâles. Leur effet sur le développement sexuel des mammifères fait actuellement l'objet de recherche intense.

❖ maladies opportunistes et parasitisme

Les parasites métazoaires sont la première cause avérée de mortalité avec 22 % des animaux échoués et autopsiés, et les agents infectieux sont la troisième cause avec 17 %. Les bactéries opportunistes, généralement trouvées dans l'environnement et/ou dans l'hôte, présentant habituellement une faible pathogénicité, peuvent provoquer des maladies à la

faveur d'une diminution des défenses immunitaires. Les autopsies ont révélé la présence en grand nombre de lésions dégénératives, infectieuses et nécrotiques, souvent associées avec des microorganismes modérément pathogènes. Les contaminants sont suspectés d'affecter le système immunitaire des bélugas, rendant certains individus plus susceptibles aux infections virales, bactériennes, ou parasitaires (DE GUISE *et al.*, 1995). Cela inclut les maladies parasitaires respiratoires, particulièrement néfastes pour des animaux qui plongent. De telles infections peuvent entraîner la mort ou le développement d'infections secondaires de nature virale ou bactérienne, qui sont elles-mêmes fatales.

☒ autres lésions retrouvées

Certaines lésions ont également été rapportées en grand nombre: périodontites et pertes de dents, ulcères d'estomac avec possible perforation, une condition qui n'avait jamais été documentée chez les baleines auparavant, infections et nécroses des glandes mammaires, lésions des glandes thyroïdes (abcès, adénomes), lésions des glandes surrénales (kystes séreux et nodules hyperplasiques du cortex surrénalien), d'après LEMBERGER (2001).

c) la pollution

Le fleuve Saint-Laurent draine le quart oriental d'Amérique du Nord, une des régions les plus industrialisées du monde, qui inclut de grandes villes industrielles comme Chicago et Détroit, près des Grands Lacs. Le Saint-Laurent est contaminé depuis plus de 50 ans par les importants rejets industriels. Les herbicides et les fertilisants utilisés par l'agriculture moderne contribuent également à la charge polluante du fleuve.

Les bélugas de l'estuaire du Saint-Laurent sont plus exposés aux polluants industriels, que n'importe quelle autre population de bélugas dans le monde. Ils sont appelés les "canaris des mers" en raison de leur étonnant répertoire de sons, mais aussi pour une autre raison plus pragmatique. Autrefois, lorsque venait le temps de descendre sous terre, les mineurs emportaient avec eux des canaris dans des cages. Ces oiseaux servaient d'indicateurs de la qualité de l'air. Quand ils commençaient à mourir, c'était signe que l'air était trop vicié pour qu'on reste plus longtemps dans la mine, et qu'il importait de remonter au plus vite. Par analogie, le béluga joue vraiment son rôle de canari, et sert d'indicateur à l'homme de la population du Saint-Laurent. Si les produits dilués dans ses eaux sont nocifs pour ce mammifère, ils le sont également pour l'homme.

Quelques 30 contaminants différents ont été mesurés dans divers tissus de bélugas lors d'études toxicologiques, dont 9 métaux lourds et plus de 20 composés "organiques" (BELAND *et al.*, 1994).

☒ les composés organochlorés (OC): une famille de composés aux effets immunodépresseur et oestrogénique

Les OC constituent un vaste groupe de produits chimiques comprenant les BPC (biphényles polychlorés) utilisés comme produit ignifuge, lubrifiant, fluide diélectrique; le mirex, produit ignifuge et pesticide d'usage révolu; le DDT, pesticide; les dioxines/furanes, sous-produits d'activités anthropiques.

Il a été démontré, dès 1983, que les bélugas de l'ESL étaient contaminés par des concentrations très élevées, par rapport aux bélugas de l'Arctique, de composés organochlorés tels que le DDT, les BPC, et le mirex (DE GUISE *et al.*, 1995; BELAND, 1996). Après leur ingestion, ces produits toxiques liposolubles s'accumulent dans le tissu adipeux, et peuvent être mobilisés vers d'autres organes où ces composés seraient retenus un certain temps, avant

d'être relâchés dans la circulation sanguine pour être réabsorbés par le tissu adipeux, redistribués ou excrétés (BELAND *et al.*, 1994). Les mammifères marins, dont les bélugas, sont les plus touchés par les organochlorés parce qu'ils possèdent de grandes quantités de tissu adipeux et sont au sommet de la chaîne alimentaire. Chaque béluga adulte renferme dans ses tissus une moyenne de 20 à 30 grammes de BPC (MARTINEAU, 2004). Les niveaux de BPC et de DDT sont plus élevés chez les mâles que chez les femelles, résultat probable d'un transfert des toxiques au veau lors de la gestation et surtout de l'allaitement. Un nouveau-né en contient proportionnellement beaucoup plus parce que sa mère lui en transmet une grande quantité dans son lait (MARTINEAU *et al.*, 1987; MARTINEAU, 2004; MARTINEAU *et al.*, 1994). Les taux tissulaires de dioxine et de furanes mesurés chez les bélugas du Saint-Laurent sont très bas, suggérant que les bélugas possèdent des enzymes capables de métaboliser ces composés (BELAND *et al.*, 1993).

Les OC sont connus pour leur capacité d'altérer les fonctions endocriniennes, reproductive, immunitaires, métaboliques et neurologiques. Les effets varient selon le composé et dépendent aussi de l'âge de l'individu au moment de l'exposition. Quelques-uns des effets observés chez les animaux de la faune et les humains incluent une fonction immunitaire réduite, une maturité sexuelle tardive, des avortements spontanés, l'hermaphrodisme, des anomalies congénitales et une diminution de la production de sperme (BAILEY et ZINGER, 1995). Les bélugas du Saint-Laurent présentent des lésions et sont fréquemment affectés par des agents infectieux survenant lors d'une immunodépression (DE GUISE *et al.*, 1995). Il a été suggéré que les concentrations retrouvées de ces composés toxiques étaient en partie responsables de la stagnation apparente de la croissance de la population de bélugas du Saint-Laurent en exerçant une action oestrogénique qui pourrait interférer avec le cycle reproducteur normal (MARTINEAU *et al.*, 1987; DE GUISE *et al.*, 1995).

⌘ Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP): un groupe de composés aux effets mutagènes

Les HAP forment un vaste groupe de composés organiques avec deux noyaux benzéniques ou plus, qui comprennent le benzo-a-pyrène. Ces composés sont présents en quantité abondante dans l'environnement des bélugas de l'ESL. Leur formation dérive de la combustion incomplète des matières organiques, d'origine naturelle ou anthropique. La plus grande partie des HAP trouvés dans la rivière Saguenay, une partie importante de l'habitat des bélugas du Saint-Laurent, provient des alumineries situées en amont. Ils sont émis dans l'atmosphère durant l'électrolyse de la bauxite, et une partie de ces hydrocarbures pollue les sédiments de la rivière et du fleuve.

Des prélèvements effectués dans les muscles, le cerveau, le foie et les reins de bélugas du Saint-Laurent ont révélé une présence faible ou nulle de HAP (BELAND *et al.*, 1993). Les HAP se dégradent rapidement chez les poissons et les mammifères, mais non chez les invertébrés. Les invertébrés vivant dans les sédiments accumulent les HAP absorbés et les concentrent dans leurs tissus, contrairement aux mammifères qui les détruisent grâce à l'action d'enzymes. Or, en été, les bélugas du Saint-Laurent se nourrissent de quantités significatives d'invertébrés benthiques habitant les sédiments. Les HAP sont dégradés par les bélugas, mais les métabolites qui en résultent s'accumulent dans les tissus. Ces métabolites sont identifiés comme des adduits aromatiques aux protéines ou à l'ADN de tissus de bélugas. Des adduits spécifiques au benzo-a-pyrène ont été trouvés en concentration élevée dans le cerveau et le foie chez les bélugas du Saint-Laurent, mais pas chez les bélugas de l'Arctique (MARTINEAU *et al.*, 1994 ; BAILEY et ZINGER, 1995).

Un certain nombre d'HAP possèdent des propriétés mutagènes et le benzo-a-pyrène a été identifié comme étant carcinogène. La présence en grande quantité de ces métabolites chez les bélugas de l'ESL entraîne le risque de survenue de tumeurs, par mutation pendant la synthèse de nouvel ADN quand la cellule affectée se divisera. Ces mutations seront transmises aux cellules filles.

❖ les métaux lourds: composés aux propriétés immunosuppressives

Les métaux comme le plomb et le mercure, présents de façon naturelle dans l'environnement, peuvent voir leur concentration et leur distribution modifiées par les processus industriels, venant de l'industrie métallurgique ou des stations d'épuration des eaux usées. Les composés organiques qui contiennent du mercure ou du plomb sont particulièrement nocifs pour l'environnement car ils sont chimiquement stables, toxiques et lents à se biodégrader.

Une étude comparative des métaux toxiques trouvées chez différentes populations de bélugas a révélé que les bélugas de l'ESL contenaient dans leur foie des concentrations de mercure et de plomb beaucoup plus élevées que la plupart de bélugas de l'Arctique (BELAND *et al.*, 1993).

Les effets toxiques d'une exposition chronique à ces métaux ont été peu étudiés chez les mammifères marins. BELAND *et al.* (1993) ont estimé, à partir de données sur le poids corporel et les concentrations tissulaires de mercure, qu'une exposition équivalente au seuil de tolérance chez l'homme (charge corporelle de 20 mg de mercure) serait atteinte avant l'âge de 19 ans chez les bélugas de l'ESL. En laboratoire, des concentrations en mercure retrouvées dans le foie de bélugas du Saint-Laurent se sont révélées être suffisantes pour diminuer la réponse proliférative normale de lymphocytes de bélugas (MARTINEAU, 2004). Cette perturbation dans la multiplication des cellules immunitaires pourrait porter préjudice à la capacité des bélugas de l'ESL de développer une défense immunitaire.

Ainsi, les concentrations de substances toxiques découvertes dans les tissus de bélugas du Saint-Laurent sont alarmantes. Elles suggèrent une contamination sévère de leur chaîne alimentaire. On soupçonne que ces contaminants contribuent à affecter gravement la santé des bélugas de l'ESL. Des mesures gouvernementales ont été prises pour réduire la pollution industrielle, en diminuant la quantité d'effluents toxiques déversés dans les Grands Lacs et le Saint-Laurent. Des progrès ont été accomplis et des diminutions appréciables enregistrées, mais lorsque la pollution de fleuve baisse, les bélugas sont les derniers à en retirer les bénéfices, car leur organisme n'est pas "débarrassé" aussi rapidement des substances persistantes.

2. Le dérangement

a) l'augmentation de la navigation dans l'estuaire

Depuis 40 ans, la navigation a augmenté de façon significative dans le Saint-Laurent, l'une des voies maritimes les plus achalandées en Amérique du nord. L'estuaire du Saint-Laurent est un lieu de passage important de bateaux commerciaux et privés puisqu'il sert de lien maritime international entre l'océan Atlantique et les Grands Lacs nord-américains.

L'observation des baleines, le "whalewatching", attire un grand nombre de touristes dans l'estuaire du Saint-Laurent et les activités d'observation en mer sont en croissance

fulgurante depuis les années 1980. En 1998, plus de 9000 excursions pour l'observation des baleines sont parties de la région de Tadoussac et de Baie Sainte-Catherine. La flotte commerciale de whalewatching se compose d'une cinquantaine d'embarcations, parmi lesquelles une dizaine de bateaux de grande envergure et une quarantaine d'embarcations plus petites et plus rapides. Les bélugas ne sont pas la cible de cette activité, car il a été convenu de les exclure des excursions d'observation des baleines. Néanmoins, l'augmentation rapide du nombre de navires circulant dans l'aire du béluga est préoccupante (BAILEY et ZINGER, 1995). Aucun règlement n'existe dans le Parc marin du Saguenay, majeure partie de l'habitat estival du béluga, créé en 1998, en ce qui concerne le nombre de bateaux d'observation de baleines. Des directives sur les comportements à suivre en présence de mammifères marins sont émises par Parcs Canada, et sont suivies ou non par les bateliers.

Des chercheurs (BLANE et JAAKSON, 1994) ont documenté que l'intensité de l'écotourisme à Tadoussac et dans la région environnante dérange les bélugas, qui modifient fortement leurs comportements à l'approche de bateaux. L'accroissement du trafic augmente les risques de collision d'embarcations avec les bélugas. Outre ce risque direct de mortalité, certains cas de mortalité peuvent être dû au dérangement des mères et de leurs petits, menace d'autant plus significative que la période de pointe de la saison touristique coïncide avec la période de mise-bas. Les bélugas utilisent le son pour reconnaître leur environnement, naviguer, repérer leurs proies, communiquer et pour assurer le lien mère-petit. Le bruit généré par l'activité humaine pourrait affecter et perturber ces activités acoustiques importantes pour les bélugas. Il pourrait également être une source de stress intense. LESAGE *et al.* (1999) ont noté des changements notables dans les émissions vocales des bélugas de l'ESL face au bruit généré par des embarcations motorisées: il y a une réduction du taux d'appels émis par les animaux, avec une répétition augmentée d'appels spécifiques, et un changement dans les bandes de fréquence sonores.

Par ailleurs, il reste très difficile pour les scientifiques d'évaluer l'influence de ces facteurs de dérangement sur l'alimentation, les déplacements, l'apprentissage des jeunes, et le comportement de reproduction des bélugas (INSTITUT MAURICE-LAMONTAGNE, 2003; LESAGE et KINGSLEY, 1995).

b) les changements à l'habitat

SERGEANT et BRODIE (1975) remarquent que l'aire de répartition du béluga du Saint-Laurent s'est rétrécie par rapport à ce qui a été décrit auparavant par VLADYKOV (1944). Ce changement pourrait être associé aux développements hydro-électriques, avec la construction de barrages, aux dragages effectués le long des berges du Saint-Laurent, ou à la construction de marinas et de quais.

En été, la forte dépendance et fidélité des bélugas à l'égard de certains habitats côtiers (baies, îles de l'estuaire et dans le fjord Saguenay) les exposent davantage aux activités humaines. Le développement côtier et le harnachement des rivières peuvent modifier considérablement les estuaires, pouvant entraîner une disparition des habitats fréquentés par les bélugas ou une diminution de leur qualité. Des changements climatiques pourraient aussi affecter les bélugas en entraînant un changement dans la distribution ou le nombre de leurs proies (BAILEY et ZINGER, 1995; INSTITUT MAURICE-LAMONTAGNE, 2003).

c) la compétition pour les ressources

La compétition, entre autres avec les phoques et les pêcheurs commerciaux, pour l'accès aux poissons pourrait être un facteur limitant pour le béluga du Saint-Laurent. L'importance

de la compétition entre le béluga et d'autres espèces du Saint-Laurent est mal connu, et les scientifiques ignorent également l'impact que pourraient avoir les diverses activités de pêche sur les proies du béluga (INSTITUT MAURICE-LAMONTAGNE, 2003).

B. La protection et les efforts pour le rétablissement du béluga du Saint-Laurent

1. Rappel des étapes

⌘ 1986: le Ministère des Pêches et des Océans met sur pieds le comité *ad hoc* pour la conservation des bélugas du Saint-Laurent dont les fonctions principales sont d'identifier les facteurs pouvant nuire à la survie des bélugas du Saint-Laurent et d'effectuer des recommandations.

⌘ 1988: sur les bases du rapport déposé par le comité *ad hoc*, est élaboré le Plan d'action interministériel pour favoriser la survie du béluga du Saint-Laurent. Ce projet mis en oeuvre par les ministères des Pêches et des Océans et Environnement Canada, dans le cadre du Plan quinquennal d'action Saint-Laurent, est réalisé entre 1988 et 1993. Il comporte trois volets:

- ¤ le contrôle du dérangement
- ¤ le contrôle des produits chimiques toxiques: établissement d'installations de traitement des eaux usées, finalisation de règles et d'accords avec les industries afin de réduire la contamination du fleuve SL, avec pour but une réduction de 90% des émissions industrielles en 1993.
- ¤ l'accroissement des connaissances: estimer l'effectif de la population et sa tendance; décrire la distribution saisonnière et identifier les habitats que privilégie la population; décrire l'importance des contaminants dans les tissus des représentants de cette population et de cerner leurs effets sur la santé des bélugas.

Le plan a été annoncé lors du forum international pour l'avenir du béluga qui a eu lieu à Tadoussac, en 1988. Durant les cinq années du plan d'action Saint-Laurent, le déversement de contaminants dans le fleuve a été réduit (de 60% contre les 90% attendus, selon DOLD, 1993), une entente avec les excursionnistes pour exclure les bélugas des activités d'observation des baleines a été conclue, les démarches en vue de créer le Parc marin du Saguenay-Saint-Laurent ont été poursuivies.

⌘ 1989: un quatrième volet est ajouté au Plan d'action, visant à accroître l'accessibilité de l'information au public dans le but de sensibiliser la population à la cause des bélugas du Saint-Laurent. Des renseignements touchant les bélugas ont été distribués au public.

⌘ 1993: le Règlement sur la protection du béluga est remplacé par le Règlement sur les mammifères marins qui rappelle l'interdiction de pêcher le béluga dans le fleuve Saint-Laurent, la rivière Saguenay ou leurs affluents ou dans le golfe du Saint-Laurent, et stipule qu'il est interdit d'importuner un mammifère marin, sauf lors de la pêche des mammifères marins autorisée par ce même règlement.

Ce Règlement vise à exercer un certain contrôle sur l'industrie de l'observation des mammifères marins, florissante dans l'estuaire du Saint-Laurent. Aucune loi n'exige de détenir, ni permet au Ministre d'émettre un permis pour effectuer l'observation des baleines à partir d'une embarcation. Néanmoins, des directives s'adressant aux plaisanciers et aux

capitaines de navires d'excursion sont diffusées dans les marinas du Québec. L'une d'entre elles exclut le béluga des espèces de mammifères marins recherchées pour l'observation.

Les avions, soumis à la Loi sur l'aéronautique leur interdisant de survoler la surface de l'eau à une altitude inférieure à 500 pieds (152,4 mètres), doivent aussi se soumettre à ce Règlement afin de minimiser les risques d'importuner les mammifères marins.

En 1993, a lieu le lancement du Plan Saint-Laurent Vision 2000, dont le but est d'assainir le Saint-Laurent en réduisant la charge en contaminants du fleuve.

☒ 1994: création d'une équipe pour le rétablissement du béluga par le gouvernement fédéral et la WWF (World Wildlife Fund)

☒ 1995: publication du Plan de rétablissement du béluga, dont le but est de faire en sorte que la population des bélugas de l'ESL soit suffisamment nombreuse et dans un état tel que les événements naturels et les activités humaines ne constitueront plus une menace pour sa survie. Le plan vise à ce que cette population puisse un jour être classée vulnérable plutôt qu'en danger de disparition. Les stratégies sont les suivantes:

- ☒ réduire l'ensemble des contaminants toxiques qui auraient des impacts négatifs sur les bélugas, dans l'écosystème du Saint-Laurent
- ☒ réduire le dérangement causé par les activités humaines dans les zones fréquentées par les bélugas
- ☒ prévenir les catastrophes écologiques et prendre les mesures d'urgence requises
- ☒ assurer un suivi de l'état de la population
- ☒ examiner les autres obstacles possibles au rétablissement des bélugas

☒ 1996: formation du Comité pour le béluga, à responsabilité de mettre en oeuvre et d'exécuter le plan de rétablissement. Pour se faire, ce comité révise et met à jour le plan de rétablissement tous les trois ans, évalue le focus (l'orientation et la pertinence des activités réalisées) et l'avancement (le niveau de réalisation en fonction des objectifs d'échéancier fixés).

☒ 1997: la COSEPAC maintient le statut du béluga du Saint-Laurent comme espèce "en danger de disparition".

☒ 1998: les gouvernements fédéral et provincial ont contribué à la création du Parc marin du Saguenay-Saint-Laurent, dont le centre est à l'embouchure du Saguenay dans le Saint-Laurent, une région qui constitue la partie majeure de l'habitat du béluga, présentée en annexe n° 1.

☒ 2000: la population des bélugas du Saint-Laurent est ajoutée à la liste d'espèces menacées et vulnérables au Québec, en tant qu'espèce "menacée". Cette population est alors légalement protégée au Québec en vertu de la Loi sur les espèces menacées et vulnérables, adoptée en 1989.

☒ 2001: le groupe de recherche et d'éducation sur le milieu marin (GREMM) planifie, en collaboration avec les associations de pêcheurs et de bateliers, plusieurs ONG et ministères, un réseau d'intervention pour assister les mammifères marins en détresse, dont les bélugas.

☒ 2003: les bélugas du Saint-Laurent se voient attribuer, en plus de la désignation par le COSEPAC, le statut d'espèce "en voie de disparition" annexe 2 par le gouvernement fédéral, en vertu de la Loi concernant la protection des espèces sauvages en péril au Canada, adoptée en 2003. Cette Loi sur les espèces en péril (LEP) constitue un fondement législatif supplémentaire pour la conservation des bélugas du Saint-Laurent.

2. Mesures de protection et de conservation instaurées afin de protéger les bélugas du Saint-Laurent

a) réglementation

⌘ Le Règlement sur les mammifères marins de la Loi sur les pêches interdit d'importuner ou de chasser les bélugas dans le Saint-Laurent, sous peine de poursuites judiciaires. Il constitue le fondement juridique de l'application des mesures de gestion et de conservation du béluga.

⌘ Aucune loi ne contrôle la circulation maritime à l'avantage des mammifères marins dans le fleuve Saint-Laurent.

Le Règlement sur les activités en mer dans le Parc marin du Saguenay-Saint-Laurent a été élaboré par Parcs Canada en concertation avec les autres ministères fédéraux, le gouvernement du Québec, les milieux scientifiques et les intervenants touristiques, économiques et sociaux. Il permet de mieux protéger les baleines du dérangement causé par les activités d'observation en mer dans le parc marin qui s'étend sur plus de 1100 km². Il énonce les conditions de délivrance d'un permis et dicte les comportements à suivre en présence des mammifères marins. Il exclut les bélugas des activités d'observation, impose des limites concernant les distances d'approche à respecter (400 m pour les espèces en voie de disparition comme les bélugas de l'ESL) ainsi que les diverses règles d'approche respectueuses des animaux, la vitesse des embarcations et le temps d'observation.

Ailleurs dans le Saint-Laurent, c'est le Code d'éthique qui est en vigueur, élaboré par le ministère des Pêches et des Océans du Canada, et qui suggère des limites de distance, de vitesse, d'angle d'approche et de concentration de bateaux. Ce Code d'éthique est un ensemble de conventions respectées de façon volontaire.

⌘ La Loi sur les océans permet la création de zones de protection marines (ZPM), outil de gestion pour mieux encadrer les activités humaines dont certains aspects peuvent représenter une menace. Ces ZPM font partie de programmes fédéraux de création d'aires marines protégées et visent à rehausser le niveau de protection des espèces et des habitats marins dans le respect des jurisdictions existantes. Le but du projet ZPM Estuaire du Saint-Laurent est d'assurer la conservation et la protection à long terme des mammifères marins qui y vivent (bélugas, phoques communs) ou y transitent, de leurs habitats et de leurs ressources alimentaires. Les illustrations sont données en annexe n° 2.

⌘ La Loi sur les pêches, la Loi sur la marine marchande et la Loi sur la protection de l'environnement sont les principaux mécanismes législatifs contrôlant le déversement de substances toxiques dans les habitats aquatiques.

b) acquisition des connaissances

⌘ Un inventaire aérien standard permettant d'évaluer le nombre d'individus, de suivre la taille et la tendance de la population, est réalisé tous les 3 ans, depuis 1988 par Pêches et Océans Canada.

⌘ Pêches et Océans Canada réalise un suivi de la présence de contaminants chez le béluga et collabore avec l'institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent (INESL)

et Parcs Canada à un programme de récupération des carcasses, en vue de déterminer les causes de mortalité. Il collabore également avec la faculté de médecine vétérinaire (FMV) de Saint-Hyacinthe à l'étude des maladies du béluga du Saint-Laurent.

❖ Pêches et Océans Canada, avec le groupe de recherche et d'éducation sur le milieu marin (GREMM) et Parcs Canada, mène une étude qui permettra de caractériser le niveau de bruit dans l'habitat du béluga ainsi que de ses réactions comportementales face à cette source de dérangement. De plus, en collaboration avec l'université Dalhousie et l'université Laval, Pêches et Océans Canada termine une étude sur la diète du béluga du Saint-Laurent. Ces informations permettront une meilleure compréhension de certains phénomènes, tels que la compétition pour les stocks de nourriture, les sources de contamination, et l'impact du dérangement sur l'alimentation.

c) sensibilisation

❖ En mer, les croisiéristes et les plaisanciers sont encouragés à suivre le Code d'éthique pour l'observation en mer des mammifères marins, valable dans tout l'estuaire du Saint-Laurent, et le Règlement sur les activités en mer dans le parc marin Saguenay-Saint-Laurent. Chaque année, le parc marin organise une croisière-école à l'intention des bateliers et des naturalistes, afin de les familiariser avec les bonnes pratiques d'approche des cétacés. Le parc marin effectue aussi une tournée de sensibilisation dans les marinas afin de sensibiliser les plaisanciers à la réglementation.

❖ Des projets visant à diminuer le risque de dérangement et de collision avec les navires ont été financés, dans le cadre du programme fédéral d'intendance des habitats des espèces en péril, avec:

- ¤ mise sur pied, par le comité zone d'intervention prioritaire (ZIP) Rive-Nord de l'estuaire, d'un réseau d'interprétation et d'observation des cétacés à partir des berges
- ¤ instauration, par le réseau d'observation des mammifères marins (ROMM), d'un projet de sensibilisation visant à inciter les employés et les dirigeants de cette industrie à repenser les croisières d'observation des baleines
- ¤ publication d'un bulletin *Portrait de baleines*, pendant toute la saison d'observation des baleines par le GREMM. Destiné aux capitaines et naturalistes de l'industrie d'observation en mer, le bulletin fait le point sur les projets de recherche en cours et sur les actions pour protéger les baleines du Saint-Laurent.

L'information et l'éducation occupent une place prépondérante dans les démarches de gestion puisque la conservation des ressources et de leur habitat nécessite l'implication de tous.

Deuxième partie

Les lésions provoquées par les vers pulmonaires
(Nématodes Metastrongyloidae : Pseudaliidés),
affectant les odontocètes

I. Caractères généraux

Les nématodes sont des helminthes, métazoaires triblastiques dépourvus de cœlome véritable, mais possédant une cavité générale (pseudo-cœlomates). Ces vers ronds non segmentés présentent une séparation des sexes, un tube digestif complet, une épaisse cuticule, et un développement avec mues larvaires.

A. Anatomie des nématodes

Voir les figures n° 19 et 20, d'après GARDINER et POYNTON (1999), dans lesquelles sont représentés des Metastrongyloïdæ en section.

1. La structure externe: l'enveloppe tégumento-musculaire

La cuticule externe, est ferme, élastique et transparente, à partie fibrillaire en partie profonde, et de constitution chimique voisine de celle de la chitine. La cuticule est généralement lisse, et peut aussi présenter une enveloppe cuticulaire lâche épineuse. La sous-cuticule ou hypoderme, est granuleuse, syncytiale ou cellulaire. Elle présente deux bourrelets longitudinaux ou cordes latérales caractéristiques des nématodes Phasmides. Des cordes hypodermiques accessoires se projetant dans le pseudo-coelome caractérisent les Metastrongyloïdæ. Des cordes nerveuses sont retrouvées associées à l'hypoderme. La couche musculaire est formée de cellules musculaires lisses fusiformes orientées longitudinalement. Chaque cellule comporte une partie cytoplasmique, renfermant le noyau, des mitochondries, des réserves de glycogène et de lipides, et une partie contractile, parcourue par des myofibrilles. La musculature des Metastrongyloïdæ est de type coelomyaire polymyaire.

2. La structure interne

a) la cavité générale emplie de liquide

La cavité générale (pseudo-coelome) n'est pas bordée de cellules. Le liquide cavitaire, donnant au corps sa forme, contient des substances antigéniques ou toxiques pour l'hôte.

b) l'appareil digestif: un tube rectiligne ouvert à ses deux extrémités

La bouche, située à l'extrémité antérieure, est parfois entourée de lèvres. Une capsule buccale, faisant immédiatement suite à la bouche, peut exister chez certaines espèces. L'œsophage est un organe musculaire en trois parties: corps, isthme et bulbe. Ce dernier peut comporter un appareil valvulaire formé de trois valves sclérfifiées. La paroi de l'œsophage contient des glandes oesophagiennes. L'intestin est un simple tube bordé d'une rangée de cellules cylindriques. Un intestin large, constitué d'une faible quantité de cellules multi-nucléées caractérise les Metastrongyloïdæ. Il se termine par un court rectum qui s'ouvre chez les femelles par un anus ventral, et chez les mâles dans un cloaque, commun avec l'appareil génital. La queue est définie comme la partie comprise entre l'orifice anal ou cloacal, et l'extrémité postérieure.

c) l'appareil génital

❖ Chez le mâle, l'appareil génital est constitué d'un cordon comportant successivement: un testicule très allongé, un canal déférent avec une vésicule séminale, un

canal éjaculateur débouchant dans le cloaque. Les mâles possèdent un appareil copulateur externe constitué de deux pièces sclérifiées, les spicules, situées dans une poche spiculaire débouchant dans le cloaque, d'un gubernaculum correspondant à l'épaississement sclérfié de la paroi dorsale de la poche spiculaire, et de deux ailes caudales avec plusieurs paires de papilles. Chez les membres de l'ordre des Strongylida, les ailes caudales sont très développées et soutenues par des côtes musculeuses, constituant la bourse copulatrice.

¶ Chez la femelle, l'appareil génital est formé de deux cordons portant chacun un ovaire, un oviducte et un utérus. Les deux utérus se rejoignent en un vagin qui s'ouvre à l'extérieur par une vulve. La femelle a généralement une taille plus grande que le mâle.

d) l'appareil excréteur

L'appareil excréteur est typiquement constitué de deux grandes cellules glandulaires dont le produit s'élimine par deux canaux excréteurs se réunissant en un canal unique. Celui-ci s'ouvre à l'extérieur par un pore excréteur situé ventralement en région oesophagienne.

e) le système nerveux et les organes des sens

Le système nerveux comprend un collier nerveux péri œsophagien, des filets nerveux, partant du collier, vers l'avant et vers l'arrière. Les organes des sens comprennent des papilles tactiles céphaliques, cervicales, et caudales chez les mâles, des organes chimiorécepteurs en forme de sac avec un petit pore externe: deux amphides près de la bouche, et deux phasmides près de l'extrémité postérieure.

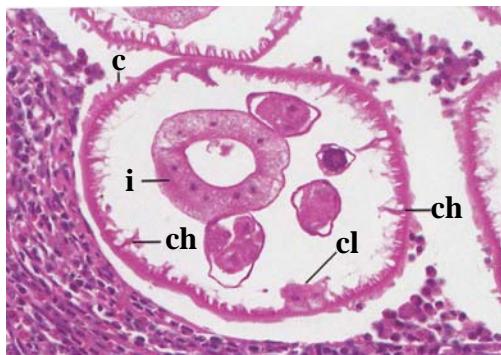


Figure 19: Section histologique de Metastrongyloïde, ver pulmonaire d'un marsouin de Dall, en coloration HES, d'après GARDINER et POYNTON (1999). Une cuticule lâche (c) entoure le parasite. Les cordes latérales (cl) sont visibles, ainsi que les cordes hypodermiques accessoires (ch) caractérisant les Metastrongyloïde. La musculature est de type coelomyaire. Au sein de la cavité générale, se situe un intestin large, noté (i), constitué de quelques cellules multinucléées.



Figure 20: Sections histologiques de Metastrongyloïde, *Parastrongyloïde* sp. ver pulmonaire d'un lion de mer, en coloration HES, d'après GARDINER et POYNTON (1999). Dans la section de droite, les larves en développement (l) remplissent la majeure partie de la cavité générale. Dans la section de gauche, sont présentés les ovaires (o) et le sperme (s) chez une femelle, après accouplement.

B. Cycle évolutif des nématodes Metastrongyloidae

1. Fécondation et ponte

L'accouplement se déroule chez l'hôte définitif. La formation de nombreux oeufs non volumineux, a lieu dans les voies génitales femelles. La femelle pond des oeufs embryonnés (espèce ovo-vivipare) qui éclosent chez l'hôte, avant leur arrivée dans le milieu extérieur.

2. Développement exogène

Les larves L1 effectuent une première mue, donnant les larves L2 de deuxième stade larvaire. Une deuxième mue s'opère en donnant le troisième stade larvaire. Le développement exogène s'arrête à ce stade L3 qui est la larve infestante. Pour les nématodes homoxènes, le passage se fait à l'état libre dans le milieu extérieur, tandis que pour les nématodes hétéroxènes, le passage se fait chez un animal hôte intermédiaire obligatoire qui s'infecte en avalant la larve L1.

3. Développement endogène

L'infection se fait à partir de la larve L3 par pénétration passive du parasite, ingéré avec la nourriture ou l'eau de boisson, ou bien par pénétration active à travers le placenta. La larve L3 va subir deux mues et migrer jusqu'à atteindre la localisation définitive. La troisième mue donnant L4, et la quatrième mue donnant un stade pré-adulte ou L5 immature qui acquiert sa maturité sexuelle sans nouvelle mue. Le stade adulte est alors atteint. Les mâles adultes sont toujours plus petits que les femelles adultes. Les nématodes continuent leur croissance, même après avoir atteint la maturité sexuelle.

4. Chez les mammifères terrestres

La transmission des Metastrongyloidae des hôtes définitifs terrestres implique des hôtes intermédiaires obligatoires, invertébrés, comme les gastéropodes et les oligochètes (familles des Métastrongylidés, Protostrongylidés, Angiostrongilidés, Crénosomatidés), sauf pour quelques espèces pour lesquelles un hôte intermédiaire n'est pas nécessaire (développement exogène homoxène dans la famille des Filaroididés avec *Filaroides hirthi* et *Oslerus osleri*).

Les invertébrés tels les gastéropodes ou les crustacés ne semblent pas être requis comme hôtes intermédiaires pour les pinnipèdes. Par contre, les hôtes intermédiaires obligatoires vertébrés, comme les poissons, sont impliqués dans la transmission des vers pulmonaires des pinnipèdes hôtes définitifs (famille des Crénosomatidés: *Otostrongylus circumlitus*; famille des Filaroididés: *Parafilaroides gymnurus*, *Parafilaroides decorus*), d'après MEASURES (2001).

C. Classification des Pseudaliidés

Le tableau n° 5 résume la position systématique des Pseudaliidés dans la classification animale. Certains critères majeurs de différentiation sont précisés dans chaque catégorie. La famille des Pseudaliidés comporte huit genres, dont sept sont retrouvés chez les odontocètes. Le genre *Stenuroides* sp. (Gerichter, 1951) est retrouvé dans les sinus frontaux d'une mangouste (*Herpestes ichneumon*).

Tableau 5: Résumé de la classification des Pseudaliidés

Classe	Secernentea	- présence de phasmides - appareil excréteur normalement développé - papilles caudales du mâle nombreuses
Ordre	Strongylida	- absence de lèvres - oesophage des adultes dépourvu de bulbe et d'appareil valvulaire - appareil génital femelle normalement développé - mâles pourvus d'une bourse copulatrice soutenue par des côtes muscleuses
Super-famille	Metastrongyloidae (Leiper, 1909)	- capsule buccale absente ou très rudimentaire - bourse copulatrice peu développée - cycle généralement hétéroxène - musculature de type coelomyaire - intestin large, constitué de quelques cellules multinucléées
Famille	Pseudaliidés (Railliet, 1916)	- chez les cétacés odontocètes

II. Les Pseudaliidés présents chez les odontocètes, et les lésions associées

A. Description

1. Les genres et espèces de vers pulmonaires affectant les odontocètes

Le tableau n° 6 présente les données bibliographiques publiées sur les vers pulmonaires d'odontocètes. Les différentes espèces sont nommées, les hôtes définitifs sont précisés, ainsi que la localisation des vers chez l'hôte et la localisation géographique.

Tableau 6: Présentation des différentes espèces de Pseudaliidés chez les odontocètes

Espèces	Synonymes	Localisation dans l'hôte	Hôtes définitifs (références bibliographiques)	Localisation géographique
genre <i>Pseudalius</i> selon Dujardin, 1845:				
<i>P. inflexus</i> (Rudolphi, 1808) Schneider, 1866	= <i>Strongylus inflexus</i> Rudolphi, 1808 = <i>Strongylus inflexus major</i> (Rudolphi) Raspail 1829 = <i>Strongylus major</i> Raspail, 1829 = <i>Pseudalius filum</i> Dujardin, 1845 = <i>Prosthecosacter inflexus</i> (Rudolphi) Diesing, 1851 = <i>Prosthecosacter convolutus</i> Cobbold, 1879	poumons, trachée, cœur, vaisseaux sanguins pulmonaires	<i>Phocoena phocoena</i> (1,3,4,8,9,21,48,57,96,101,107, 127) <i>Phocoena spinipinnis</i> (26,117)	Atlantique NO et NE, mer du Nord, mer Baltique (Canada, France, Belgique, Allemagne, Danemark, Pays-Bas, Norvège, Angleterre, Pays de Galles) Atlantique SO (Argentine), Pacifique SE (Pérou)
genre <i>Pharurus</i> selon Leuckart, 1848:				
<i>P. alatus</i> (Leuckart, 1848) Stiles et Hassall, 1905	= <i>Prosthecosacter alatus</i> Diesing, 1851 = <i>Strongylus alatus</i> Diesing, 1851 = <i>Pseudalius alatus</i> Von Linstow, 1888 = <i>Torynurus alatus</i>	sinus crâniens	<i>Monodon monoceros</i> (4)	Atlantique NO (Canada: Baffin)
<i>P. pallasi</i> (Van Beneden, 1870) Arnold et Gaskin, 1975	= <i>Strongylus pallasi</i> Van Beneden, 1870 = <i>Strongylus arcticus</i> Cobb, 1888 = <i>Pseudalius arcticus</i> (Cobb) Von Linstow, 1900 = <i>Stenurus arcticus</i> (Cobb) Baylis et Daubney, 1925 = <i>Otophocoenurus Dougherty</i> , 1943 = <i>Otophocoenurus oserskoi</i> Skrjabin, 1942 = <i>Stenurus pallasi</i> (Van Beneden) Dougherty, 1943 = <i>Pharurus oserskiae</i> (Skrjabin) Dougherty, 1951	sinus crâniens, oreille moyenne (bulles tympaniques, espace péri-bullaire), lumières de l'évent, poumons	<i>Delphinapterus leucas</i> (4,5,53,54,60,78,79,83,123)	Atlantique NO, Océan Arctique (Alaska, Canada: Fundy, Manitoba, Territoires du Nord, fleuve St-Laurent)
<i>P. oserskiae</i> Skrjabin, 1942				
<i>P. asiaorientalis</i> Petter et Pilleri, 1982		pharynx, oreille moyenne (espace péri-bullaire), sinus veineux des méninges	<i>Neophocoena asiaeorientalis</i> (93)	rivière Yangtze en Chine
ancien genre <i>Pseudostenurus</i> (Yamaguti, 1951); synonyme de <i>Pharurus</i>:				
<i>Pseudostenurus sunameri</i> Yamaguti, 1951				

genre <i>Stenurus</i> selon Dujardin, 1845:				
<i>S. auditivus</i> Hsu et Hoepli, 1933	sinus, oreille moyenne (cavité tympanique)	<i>Pseudorca crassidens</i> (128) <i>Neomeris phocaenoides</i> (55)	Atlantique O (USA: Floride) Chine	
<i>S. arctomarinus</i> Delyamure et Kleinenberg, 1958	poumons, trachée, artère pulmonaire, bouche	<i>Delphinapterus leucas</i> (4,83,114)	Atlantique NO (Canada: Fundy, fleuve St-Laurent)	
<i>S. minor</i> (Kuhn, 1829) Baylis et Daubney, 1925	= <i>Strongylus minor</i> Kuhn, 1829 = <i>Stenurus inflexus</i> Dujardin, 1845 = <i>Prosthecosacter minor</i> Diesing, 1851 = <i>Prosthecosacter stenurus minor</i> Diesing, 1861 = <i>Pseudalium minor</i> Schneider, 1866 = <i>Pharurus minor</i> Cobbald, 1879	poumons, sinus, oreille moyenne (cavités tympaniques, espaces péri-bullaires, trompes d'Eustache), larynx, évent	<i>Phocoena phocoena</i> (4,8,21,31,40,48,61,96,101,107, 113,127) <i>Phocoenoides dalli</i> (32,58) <i>Phocoena spinipinnis</i> (26)	Mer Noire, Atlantique NO et NE, mer du Nord, mer Baltique (France, Belgique, Allemagne, Angleterre, Pays de Galles, Pologne, Canada: Fundy, fleuve St-Laurent), Océan Arctique (Groenland), Pacifique (USA: Oregon) Pacifique (USA: Californie) Atlantique SO (Argentine)
<i>S. globicephala</i> Baylis et Daubney, 1925	sinus, oreille moyenne (cavités tympaniques), oreille externe (conduits auditifs), trachée, poumons, intestin (?)	<i>Globicephala melaena</i> (2,4,28,48,96) <i>Grampus griseus</i> (4,41) <i>Lagenorhynchus acutus</i> (4) <i>Globicephala macrorhyncha</i> (4,86) <i>Peponocephala electra</i> (23,62,86) <i>Feresa attenuata</i> (43) <i>Pseudorca crassidens</i> (129)	Atlantique NE et NO (France, Espagne, Angleterre, Pays de Galles, Canada: Fundy) Atlantique NO (Canada: Fundy), Mer Méditerranée Atlantique NO (USA) Mer des Caraïbes, Petites Antilles Pacifique (Japon, Australie), Mer des Caraïbes Atlantique O (USA: Floride) Atlantique SO (Uruguay)	

<i>S. ovatus</i> (Linstow, 1910) Baylis et Daubney, 1925	= <i>Pseudalius ovatus</i> Von Linstow, 1910	œsophage et estomac (?), évent, larynx, trachée, poumons	<i>Tursiops truncatus</i> (11,17) <i>Lagenodelphis osei</i> (81)	Pacifique (Australie, Nouvelle-Zélande)
<i>S.truei</i> Machida, 1974		sinus, oreille moyenne (cavités tympaniques)	<i>Phocoenoides dalli</i> (67) <i>Phocoenoides truei</i> (73)	Pacifique N (Japon) Pacifique N (Japon), Mer de Béring
<i>S. nanjingensis</i> Tao, 1983				
<i>S. yamaguti</i> Kuramochi, Araki et Machida, 1990		sinus	<i>Phocoenoides dalli</i> (67)	Pacifique N (Japon), Mer de Béring
<i>S. australis</i> Tantalean et Sarmiento, 1991		sinus, oreille externe (conduits auditifs)	<i>Phocoena spinipinnis</i> (117,118)	Pacifique SE (Pérou, Chili)

genre *Torynurus* selon Baylis et Daubney, 1925:

<i>T. convolutus</i> (Kuhn, 1829) Baylis et Daubney, 1925	= <i>Strongylus convolutus</i> Kuhn 1829 = <i>Strongylus vagans</i> Eschricht 1841 = <i>Prosthecosacter convolutus</i> (Kuhn) Diesing, 1851 = <i>Pseudalius convolutus</i> (Kuhn) Schneider, 1866 = <i>Pseudalius bicostatus</i> Von Linstow 1906 = <i>Torynurus bicostatus</i> (Von Linstow) Schmidt-Ries, 1939 = <i>Pharurus convolutus</i> (Kuhn) Dougherty, 1943	évent, pharynx, larynx, trachée, poumons, œsophage, vaisseaux sanguins pulmonaires, sinus des oreilles	<i>Globicephala melaena</i> <i>Phocoena phocoena</i> (1,4,8,9,21,31,40,57,96,101,107 ,127)	Atlantique NE, Mer du Nord, Mer Baltique (Canada: Fundy, fleuve St-Laurent, France, Pays-bas, Angleterre, Pays de Galles, Belgique, Allemagne, Norvège), Pacifique NE (USA: Orégon)
<i>T. dalli</i> (Yamaguti 1951) Delyamure, 1972	= <i>Pharurus dalli</i>	sinus, oreille moyenne (cavités tympaniques)	<i>Phocoenoides dalli</i> (4,29,32) <i>Phocoenoides truei</i> (73)	Pacifique E (USA: Californie) Pacifique NO (Japon)

genre *Halocercus* selon Baylis et Daubney, 1925:

<i>H. invaginatus</i> (Quekett, 1841) Dougherty, 1943	= <i>Strongylus invaginatus</i> Quekett, 1841 = <i>Filaria inflexocaudata</i> Von Siebold, 1842 = <i>Pseudalius tumidus</i> Schneider, 1866 = <i>Halocercus inflexocaudatus</i> (Von Siebold) Baylis et Daubney, 1925 = <i>Halocercus ponticus</i> (Delyamure, 1946)	poumons	<i>Phocoena phocoena</i> (2,3,4,8,9,31,48,87,101,113)	Atlantique NE et NO, Mer Baltique (Espagne, Angleterre, Pays de Galles, Danemark, Norvège, Canada: Fundy), Pacifique E (USA: Orégon, Californie)
---	---	---------	--	---

<i>H. dalli</i> Yamaguti, 1951	poumons	<i>Phocoenoides truei</i> (73)	Pacifique NO (Japon)	
		<i>Phocoenoides dalli</i> (25)	Pacifique NO	
<i>H. delphini</i> Baylis et Daubney, 1925		<i>Delphinus delphis</i> (2,7,48,96)	Atlantique NE (Espagne, France, Angleterre, Pays de Galles)	
		<i>Tursiops truncatus</i> (2,7,37)	Atlantique NE (Espagne, Angleterre), mer Adriatique et Mer Méditerranée (Italie)	
		<i>Stenella coeruleoalba</i> (7,120)	Mer Méditerranée, Atlantique NE (Angleterre)	
		<i>Stenella longirostris</i> (30)	Pacifique tropical E	
		<i>Stenella graffmani</i> (30)	Pacifique tropical E	
		<i>Stenella plagiodon</i> (128)	Atlantique O (USA:Floride), Golfe du Mexique	
<i>H. lagenorhynchi</i> Baylis et Daubney, 1925	poumons, sacs nasaux de l'évent	<i>Lagenorhynchus albirostris</i>		
		<i>Tursiops truncatus</i> (33,50,59,114,128)	Pacifique (Australie), Atlantique O (USA:Floride), Golfe du Mexique, Mer Adriatique	
		<i>Delphinus delphis</i> (114)		
		<i>Stenella coeruleoalba</i> (48)	Atlantique NE (Angleterre, Pays de Galles)	
<i>H. taurica</i> Delyamure, 1942	= <i>Halocercus inflexocaudatus</i> (Schmidt-Ries, 1939)	évent, trachée, poumons, ventricules du cœur	<i>Phocoena phocoena</i> (4,48,83)	Atlantique NE et NO (Angleterre, Pays de Galles, Canada: Fundy), Russie (Mer Noire, Mer d'Azov)
			<i>Delphinapterus leucas</i> (83)	Atlantique NO (Canada: fleuve St-Laurent)
<i>H. monoceris</i> Webster, Neufeld, MacNeill, 1973		évent, trachée, poumons, ventricules du cœur	<i>Monodon monoceros</i> (74,124)	Océan Arctique, Atlantique NO (Canada)
			<i>Delphinapterus leucas</i> (83)	Atlantique NO (Canada: fleuve St-Laurent)

<i>H. brasiliensis</i> Baylis et Daubney, 1925	trachée, poumons	<i>Sotalia brasiliensis</i> = <i>S.guianensis</i> (73) <i>Cephalorhynchus commersoni</i> (51) <i>Sotalia fluviatilis</i> (102)	Atlantique SO (Brésil)
<i>H. pingi</i> Wu, 1929	poumons	<i>Neomeris phocaenoides</i> (126) <i>Neophocoena phocoenoides</i> (89,90,91) <i>Sousa chinensis</i> (90,91)	Chine, Hong Kong Chine, Hong Kong Hong Kong
<i>H. sunameri</i> yamaguti, 1951			
<i>H. kirbyi</i> Dougherty, 1944		<i>Phocoenoides dalli</i> (39)	Pacifique E (USA: Californie)
<i>H. kleinenbergi</i> Delyamure, 1951			
<i>H. hyperoodoni</i> (Gubanov, 1952) Anderson, 1978		<i>Hyperoodon ampullatus</i>	

genre *Skrjabinalius* selon Delyamure, 1942:

<i>Skrjabinalius guevarai</i> Gallego et Selva, 1979	poumons	<i>Tursiops truncatus</i> (44,95) <i>Delphinus delphis</i> (95) <i>Stenella coeruleoalba</i> (95,96)	Mer Adriatique, Mer Méditerranée Mer Méditerranée Mer Méditerranée
<i>Skrjabinalius cryptocephalus</i> Delyamure, 1942	poumons	<i>Delphinus delphis</i> <i>Tursiops truncatus</i> (17)	Pacifique (Nouvelle-Zélande)

2. Les hôtes définitifs

D'après la littérature, les Pseudaliidés sont rapportés partout dans le monde, chez des cétacés appartenant au sous-ordre des Odontocètes, incluant principalement les Phocoenidés (marsouins), les Delphinidés (dauphins), et les Monodontidés (bélugas, narvals). Toutefois, la plupart des données viennent de l'hémisphère nord, sur des populations côtières où cette faune est la plus connue. En effet, les données manquent pour les populations de pleine mer qui sont plus difficiles d'accès pour l'étude. Toutes les espèces de Pseudaliidés montrent une remarquable spécificité d'hôte (MEASURES, 2001).

3. La localisation des vers pulmonaires chez l'hôte définitif

Les espèces du genre *Halocercus* sp. sont retrouvées au sein du parenchyme pulmonaire. *Pseudalius inflexius*, les espèces du genre *Skrjabinalius* sp., quelques espèces appartenant au genre *Stenurus* sp., et *Torynurus convolutus* sont trouvés dans les voies respiratoires basses: bronches et bronchioles. Les espèces du genre *Pharurus* sp., la plupart des espèces du genre *Stenurus* sp., et occasionnellement *Torynurus convolutus*, sont rencontrés dans l'oreille moyenne, et les sinus crâniens.

Les Pseudaliidés retrouvés dans le cœur, les vaisseaux sanguins pulmonaires, l'évent ou la trachée, sont probablement en migration vers les poumons. Des localisations aberrantes de parasites dans l'estomac ou l'intestin ont été rapportées, probablement suite à une ingestion accidentelle (VAN WAEREBEEK *et al.*, 1993; FERNANDEZ *et al.*, 2003). La migration peut être post-mortem. Des larves, dont il est toujours difficile d'en distinguer l'espèce d'origine, ont été retrouvées dans l'évent (ZAM *et al.*, 1971; GREENWOOD et TAYLOR, 1978).

Certains Pseudaliidés enfouissent leur extrémité céphalique, souvent enroulée, dans le parenchyme pulmonaire ou la paroi des bronches et bronchioles (comme par exemple *Halocercus delphini* (DAILEY et PERRIN, 1973), *H. taurica* (GIBSON *et al.*, 1998), *Stenurus arctomarinus* (ARNOLD et GASKIN, 1975), en ne laissant que leur extrémité postérieure libre dans les voies respiratoires, et d'autres entrelacent leurs extrémités postérieures dans le parenchyme en formant des nœuds complexes qui deviennent encapsulés par le tissu hôte (exemple avec *Skrjabinalius spp.*, décrit par BOWIE (1984) et RAGA *et al.* (1987a)). Ces diverses adaptations permettent aux vers pulmonaires de faire face à l'expiration explosive caractéristique des cétacés, afin d'éviter leur expulsion des poumons (GIBSON *et al.*, 1998).

B. Les cycles de développement des Pseudaliidés d'odontocètes

Il y a peu de données sur les cycles de vie et les modes de transmission des Pseudaliidés. Les scientifiques ne savent pas s'ils utilisent un hôte intermédiaire pour le cycle de développement, comme s'est le cas avec la plupart des vers pulmonaires de mammifères terrestres et de pinnipèdes, ou bien si le passage se fait directement d'un hôte définitif à un autre.

1. Transmission horizontale

⌘ Dans les études impliquant des échantillons d'Odontocètes de tous les âges, les données suggèrent que les Pseudaliidés sont acquis après la lactation, quand les juvéniles commencent à se nourrir de proies invertébrées ou vertébrées. Chez la plupart des Pseudaliidés, excepté pour le genre *Halicercus* spp., les nouveaux-nés et les jeunes de l'année ne semblent généralement pas être infectés par les vers pulmonaires et la prévalence d'infection augmenterait avec l'âge (MEASURES, 2001). FAULKNER *et al.* (1998); COWAN (1967); HOUDE *et al.* (2003b) constatent la présence respectivement de *Stenurus minor*, *S. globicephlae* et *Pharurus pallasii* uniquement chez les adultes et les jeunes. La non infection des fœtus, des nouveaux-nés et des jeunes de l'année encore en lactation laisse penser que les infections seraient acquises lorsque les jeunes animaux commencent à manger des proies infectées. La transmission serait alors horizontale, à travers la chaîne alimentaire. HOUDE *et al.* (2003a) ont réalisé une infection expérimentale. Une variété d'organismes marins tels que des poissons, des crustacés, et des mollusques ont été exposés en laboratoire aux larves de premier stade L1 provenant d'utérus de femelles *P. pallasii* gravides prélevées sur un béluga mort depuis peu. Chez les invertébrés, aucun développement du premier stade larvaire n'a été observé. La première mue de *P. pallasii* a été observée dans la paroi intestinale de plies canadiennes (*Hippoglossoides platessoides*) et de chabotisseaux arctiques (*Myoxocephalus scorpioides*) respectivement 45 et 78 jours après l'exposition. Le troisième stade larvaire L3, infectieux pour l'hôte final, n'a pas été observé au cours des 14 mois de l'expérience. Aucune réaction cellulaire inflammatoire ou encapsulation des larves n'a été observée dans les coupes histologiques de l'intestin d'une plie canadienne 268 jours après l'exposition. La survie et le développement des larves de *P. pallasii* jusqu'au 2e stade laissent croire que le poisson est probablement un hôte intermédiaire adéquat dans le cycle vital de *P. pallasii*. Le rôle des invertébrés dans le transport des larves (comme hôte paraténique) au cours du cycle vital de *P. pallasii* ne doit pas être écarté.

⌘ La contamination directe, par la larve de premier stade L1 expulsée de l'évent et passée dans le milieu extérieur peut être envisagée, même si les larves sont facilement dispersées et perdues dans l'environnement marin. Le passage peut se faire par l'eau contaminée ou les aérosols (inhalation d'un air infecté, ou d'évent à événement) si les animaux sont suffisamment proches. CALDWELL *et al.* (1968) évoquent ce mode de transmission pour expliquer l'infection d'un grand dauphin (*Tursiops truncatus*) de 21 ans, né en captivité, et probablement en contact avec des dauphins infectés. Des écouvillons ont été réalisés dans tous le tractus respiratoire à différents sites, et ont révélé la présence d'œufs et de larves. L'absence d'hôte intermédiaire ne semble pas compromettre la transmission des vers pulmonaires. D'après WOODARD (1968), le cycle est probablement direct à cause de l'utilisation de cuivre dans l'eau d'aquarium qui tue les invertébrés pouvant servir d'hôtes intermédiaires. Mais l'infection des animaux nouveau-nés laisse penser à une transmission trans-placentaire ou trans-mammaire.

2. Transmission verticale

La transmission verticale, par le placenta ou le lait, représente une possibilité de contamination directe. DAILEY *et al.* (1991) donnent la preuve convaincante d'une transmission placentaire chez le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), avec *Halocercus lagenorhynchi*. Ceci est renforcé par la présence, et dans certains cas la grande prévalence, de *Halocercus* spp. chez les jeunes marsouins et dauphins (CONLOGUE *et al.*, 1985; CALDWELL *et al.*, 1968). PARSONS *et al.* (1999) notent qu'un très jeune marsouin a été lourdement infecté par *Halocercus pingi*, faisant penser que l'animal n'a sûrement pas eu assez de temps pour acquérir une telle charge parasitaire post-partum. BALBUENA *et al.* (1993) observent que les jeunes marsouins de l'année sont infectés par les mêmes espèces de vers pulmonaires que les adultes. Il semble que lors de cette étude, l'intensité d'infection soit corrélée avec l'âge des hôtes définitifs, ce qui suggère que le cycle d'évolution pourrait être hétéroxène et lié à l'alimentation.

C. Etude des lésions provoquées par les nématodes pulmonaires chez les odontocètes

1. Sinus et oreille

Les Pseudaliidés comme *S. minor*, *S. globicephalae*, et *P. pallasii*, souvent localisés en grand nombre dans les sinus crâniens ou les oreilles moyennes, ne semblent pas provoquer de réactions ou de lésions chez leurs hôtes, ni d'avoir d'effets apparents sur la condition corporelle des animaux, évaluée d'après le pourcentage de gras sur la carcasse (CORCUERA *et al.*, 1995; JOHNSTON et RIDGWAY, 1969; BROSENS *et al.*, 1996; STROUD et ROFFE, 1979; CANNON, 1977; FAULKNER *et al.*, 1998; HOUDE *et al.*, 2003b).

Néanmoins, certaines lésions ont tout de même été décrites. Des nématodes du genre *Stenurus* sp. ont provoqué de légères inflammations des muqueuses, et de rares sinusites purulentes (GERACI et ST-AUBIN, 1986). L'inflammation aiguë à chronique de l'oreille moyenne (otites aiguës et chroniques) des marsouins infectés par *S. minor* résulterait, selon KIJEWSKA *et al.* (2003), de l'irritation induite par les parasites. La présence physique des nématodes dans les cavités, en grand nombre, provoquerait une gêne qui n'interfèrerait pas nécessairement avec l'orientation, la perception des sons ou l'écholocation, tant que l'oreille interne n'est pas touchée. FAULKNER *et al.* (1998) suggèrent de réaliser des études expérimentales pour examiner les signes cliniques induits par les désagréments auditifs associés à la présence de *S. minor* dans les oreilles. Aucune lésion de pénétration dans la boîte crânienne n'a été observée (DAILEY et STROUD, 1978; FAULKNER *et al.*, 1998). Par contre, des lésions osseuses ont été rapportées. ZYLBER *et al.* (2002) relatent la présence en nombre élevé de *S. globicephalae* dans les sinus crâniens d'un faux orque (*Pseudorca crassidens*) échoué, ainsi qu'une perte de masse osseuse maxillaire. Les importantes lésions de l'organe de réception acoustique amènent les auteurs à envisager que la sténurose a probablement provoqué la désorientation et l'échouage.

2. Poumons

Les Pseudaliidés retrouvés au sein du parenchyme pulmonaire, incluent les espèces telles que *Halocercus* sp. (*H. brasiliensis*, *H. dalli*, *H. monoceris*, *H. delphini*, *H. invaginatus*, *H. pingi*, *H. lagenorhynchi*), *Pseudalium inflexius* et *Torynurus convolutus*, *Pharurus pallasii*, *Stenurus ovatus*, *S. globicephala*, *S. minor*, et *Skrjabinalius* spp. Certaines espèces comme celles appartenant au genre *Halocercus* sp. sont particulièrement pathogènes. Les lésions associées avec ces vers pulmonaires sont résumées ici.

a) les voies respiratoires basses

Il se peut que la présence des nématodes dans les voies respiratoires ne provoque pas de changements notoires. COWAN (1966); COWAN (1967); BAKER et MARTIN (1992) observent que les vers ne produisent pas de réactions significatives dans les bronches, apparaissant libres dans la lumière ou baignant dans un film de mucus.

D'autres observations ont montré que la présence de vers adultes dans les voies respiratoires basses entraînait souvent des lésions. Il est rapporté dans la littérature que *Halocercus* sp., *Pseudalium inflexius* souvent associé à *Torynurus convolutus*, et *S.globicephala* provoquent des bronchites et des bronchiolites pouvant être sévères (MIGAKI *et al.*, 1971; JEPSON *et al.*, 2000; COWAN, 1966). Les lésions de l'épithélium bronchique et bronchiolaire incluent: une desquamation et une minéralisation (MIGAKI *et al.*, 1971), une hyperplasie ou une métaplasie squameuse (JEPSON *et al.*, 2000; MCCOLL et OBENDORF, 1982), parfois une érosion (MCCOLL et OBENDORF, 1982; WU, 1929). Il peut y avoir également hyperplasie des glandes muqueuses avec exsudat (MCCOLL et OBENDORF, 1982; JEPSON *et al.*, 2000). BAKER et MARTIN (1992) notent une hyperplasie très marquée de la muqueuse bronchique, infiltrée par des cellules inflammatoires. Une infiltration leucocytaire péri-bronchique (éosinophiles, lymphocytes, et macrophages) a été rapportée (MARTINEAU *et al.*, 1986; MIGAKI *et al.*, 1971; JEPSON *et al.*, 2000), ainsi qu'une agrégation lymphoïde (BAKER et MARTIN, 1992; MCCOLL et OBENDORF, 1982). Peuvent aussi survenir une fibrose de la sous-muqueuse des petites bronches et des bronchioles (JEPSON *et al.*, 2000), l'hypertrophie des sphincters musculaires présents au niveau des bronchioles terminales et des muscles lisses péri-bronchiques, causant une occlusion progressive (CONLOGUE *et al.*, 1985; MACHIDA, 1974; MCCOLL et OBENDORF, 1982). Une lésion d'hémorragie pulmonaire aiguë survenue dans l'arbre bronchique a été rapportée par JEPSON *et al.* (2000).

MIGAKI *et al.* (1971) suggère que les odontocètes n'ayant pas développé de réflexe de toux, les exsudats bronchiques, contenant les nématodes *Halocercus* sp. descendant vers les alvéoles et entraînent des granulomes histiocytaires.

b) le parenchyme pulmonaire

Des nématodes adultes intacts sont retrouvés dans les cavités du parenchyme pulmonaire, initiant peu ou pas de réponse inflammatoire périphérique. Il semble que les changements les plus sévères localisés dans le parenchyme pulmonaire, soient induits par les vers pulmonaires morts et dégénérés (COWAN, 1966; JEPSON *et al.*, 2000). Il s'agit d'une inflammation granulomateuse plus ou moins marquée, avec formation de nombreux nodules

denses, dispersées sous la surface pleurale et dans le parenchyme pulmonaire, et renfermant des vers encapsulés qui meurent et dégénèrent: *S. minor* (d'après JOHNSTON et RIDGWAY, 1969), *P. palasii* (d'après MARTINEAU *et al.*, 1986; KENYON et KENYON, 1977), *Halocercus* sp. (d'après MIGAKI *et al.*, 1971; DAILEY et STROUD, 1978; CONLOGUE *et al.*, 1985; MACNEILL *et al.*, 1975). L'examen histologique montre que les foyers des lésions granulomateuses sont centrés sur des sections de nématodes ou de masses dégénérées, des débris minéralisés de nématodes. MCCOLL et OBENDORF (1982) et BOWIE (1984) décrivent les nématodes *S. ovatus* et *Skrjabinalius* sp. comme étant souvent enroulés en formant des bouchons mucopurulents. RAGA *et al.* (1987a) rapportent avec *Skrjabinalius guevarai* que la réaction tissulaire de l'hôte donne lieu à une encapsulation de la partie céphalique du parasite, alors que le reste du corps reste libre dans la lumière des bronches et des bronchioles. La capsule, composant la périphérie des granulomes, est formée de tissu conjonctif fibreux dense. Ce tissu est infiltré par des cellules inflammatoires. Le foyer inflammatoire intra-capsulaire est constitué de différentes cellules telles que des monocytes: macrophages et histiocytes (MIGAKI *et al.*, 1971; MACHIDA, 1974; RAGA *et al.*, 1987a; MARTINEAU *et al.*, 1986; JOHNSTON et RIDGWAY, 1969), des cellules géantes multinucléées, de type corps étranger (JEPSON *et al.*, 2000; MACHIDA, 1974; WUNSCHMANN *et al.*, 2001; JOHNSTON et RIDGWAY, 1969), des granulocytes: neutrophiles, éosinophiles (RAGA *et al.*, 1987a; MACHIDA, 1974; JOHNSTON et RIDGWAY, 1969), et des lymphocytes (PARSONS *et al.*, 1999; PARSONS et JEFFERSON, 2000; BAKER et MARTIN, 1992; JOHNSTON et RIDGWAY, 1969; MARTINEAU *et al.*, 1986). Des cas de pneumonies granulomateuses, ou pyogranulomateuses sont alors décrits, comme avec WUNSCHMANN *et al.* (2001).

Diverses lésions peuvent être observées en fonction du degré d'intervention des différentes cellules. RAGA *et al.* (1987a) décrivent, dans le tissu pulmonaire, des alvéoles remplies par un exsudat muqueux ou mucopurulent, avec des macrophages et une intense infiltration de granulocytes, particulièrement des neutrophiles, correspondant à des lésions d'alvéolites suppurées. Cela rejoint les descriptions des lésions faites par WOODARD (1968) avec une broncho-pneumonie suppurative, par DI GUARDO *et al.* (1995) avec une broncho-pneumonie purulente, et par SIEBERT *et al.* (2001) avec une pneumonie catarrhale-suppurative et suppurative-nécrotique. Des pneumonies interstitielles sont évoquées par MACNEILL *et al.* (1975); PARSONS *et al.* (1999); BROSENS *et al.* (1996); SIEBERT *et al.* (2001), associées à la présence de Pseudaliidés dans le parenchyme pulmonaire. Il y a alors épaisseissement du septum alvéolaire avec l'hyperplasie des pneumocytes de type II, et parfois fibrose des parois alvéolaires. Il y a aussi une hypercellularité du septum avec la présence de leucocytes: granulocytes, éosinophiles, et monocytes (histiocytes, macrophages intra-alvéolaires), selon JEPSON *et al.* (2000). Si des granulomes sont remarqués, la pneumonie est décrite comme étant interstitielle granulomateuse multifocale, subaiguë à chronique.

Sont également rapportées des lésions: d'œdème alvéolaire et interstitiel (WOODARD, 1968), d'emphysème et d'atélectasie (WOODARD, 1968; MACHIDA, 1974; MACNEILL *et al.*, 1975; JEPSON *et al.*, 2000; PARSONS *et al.*, 2001), et de congestion pulmonaire (MACNEILL *et al.*, 1975), en association avec l'infection par les Pseudaliidés.

c) les réactions aux larves

Quelques Pseudaliidés adultes, comme *Torynurus convolutus*, *Stenurus minor*, *Stenurus globicephalae*, et *Pharurus pallasii* ne stimulent pas ou peu de réaction dans les bronches et les bronchioles. Par contre, les larves, libres dans les alvéoles ou les bronchioles, induisent une réponse inflammatoire focale (exsudation avec amas de macrophages et de neutrophiles autour des larves), pouvant être sévère, provoquant une pneumonie purulente avec oedème (BROSENS *et al.*, 1996; JEPSON *et al.*, 2000; DAILEY et STROUD, 1978; MARTINEAU *et al.*, 1986).

3. Obstruction des voies respiratoires

Les Pseudaliidés tels *Halocercus delphini*, *H.dalli*, *Pseudalius inflexius*, *Torynurus convolutus*, *Stenurus ovatus*, et *Skrjabinalius* spp. peuvent causer une obstruction presque totale des voies respiratoires, bronches et des bronchioles, par leur simple présence physique (VIALE, 1981; CONLOGUE *et al.*, 1985; MCCOLL et OBENDORF, 1982; BAKER et MARTIN, 1992; BROSENS *et al.*, 1996; WOODARD, 1968; GIBSON *et al.*, 1998; SIEBERT *et al.*, 2001). La présence massive de ces espèces dans l'appareil pulmonaire peut entraîner une gêne respiratoire importante chez ces animaux marins.

4. Système circulatoire

Pseudalius inflexius peut se distribuer dans le cœur et les vaisseaux sanguins pulmonaires d'odontocètes (d'après BAKER et MARTIN, 1992; BROSENS *et al.*, 1996; JEPSON *et al.*, 2000). Des lésions dues à une occlusion partielle ou complète et à l'inflammation des vaisseaux sanguins pulmonaires sont rapportées: thrombose chronique légère à modérée (WUNSCHMANN *et al.*, 2001), thrombo-vasculite occlusive ou purulente (JEPSON *et al.*, 2000), thrombo-vasculite nécrotique (GIBSON *et al.*, 1998), vasculite (BAKER et MARTIN, 1992), artérite proliférative (JEPSON *et al.*, 2000), hyperplasie de degré variable du muscle lisse des artères pulmonaires, fibrose intime ou médiale des artères et veines pulmonaires (JEPSON *et al.*, 2000; MARTINEAU *et al.*, 1986), anévrisme artériel pulmonaire (GIBSON *et al.*, 1998). JEPSON *et al.* (2000) rapportent un cas d'hémorragie pulmonaire aiguë fatale, un nématode adulte avait rompu une artère pulmonaire et une petite bronche ou bronchiole. Une rupture d'anévrisme disséquant du tronc pulmonaire chez un béluga a pu être causé par des vers pulmonaires, selon MARTINEAU *et al.* (1986).

Les échanges gazeux au niveau du tissu pulmonaire sont diminués et la résistance dans le circuit pulmonaire est augmentée, ce qui a des répercussions au niveau du cœur. Chez les odontocètes, la partie droite du cœur peut être détendue comme résultat de l'accroissement des résistances dans le circuit sang pulmonaire (ANDERSEN, 1974).

5. Infections secondaires

L'infection par les Pseudaliidés prédisposerait les hôtes à de sévères infections secondaires, bactériennes ou virales, pouvant mener à l'inflammation, la formation d'abcès ou à une septicémie (MACNEILL *et al.*, 1975; GREENWOOD et TAYLOR, 1979; MCCOLL et

OBENDORF, 1982; RAGA *et al.*, 1987a; BAKER et MARTIN, 1992; STROUD et ROFFE, 1979; JEPSON *et al.*, 2000). Cependant le rôle des vers pulmonaires n'est pas complètement connu. DI GUARDO *et al.* (1995) suggèrent que les parasites pourraient servir de transport pour des bactéries pyogènes.

6. L'impact dans la population et pathogénicité probable

Les lésions d'obstruction, de broncho-pneumonie parasitaire, et les pneumonies infectieuses secondaires, peuvent avoir un impact significatif sur la santé des animaux, leurs capacités respiratoires, et même causer la mort dans de nombreux cas (MCCOLL et OBENDORF, 1982; SWEENEY et RIDGWAY, 1975; BAKER et MARTIN, 1992; BROSENS *et al.*, 1996).

L'effet pathogénique des Pseudaliidés n'est pas vraiment connu. Il est sûrement lié à l'espèce infestante, son intensité, sa localisation dans les poumons (bronches, bronchioles, parenchyme), et son stade de développement (larves ou adultes). Il devrait dépendre aussi de facteurs variés concernant l'hôte (espèce, âge, statut immunitaire), ainsi que de la présence concomitante d'autres agents infectieux (MEASURES, 2001). Pour ZAM *et al.* (1971), un hôte en santé et fort peut être capable de contrôler le parasite, mais chez un très jeune animal ou un animal d'un âge quelconque affaibli ou malade, le parasite peut se multiplier en excès et contribuer de façon probablement significative à la mort de l'animal.

L'attachement des vers pulmonaires du genre *Halocercus* sp. au parenchyme pulmonaire est tel qu'à leur mort, les débris sont très difficilement expulsés et peuvent provoquer des réactions allergiques aux protéines des nématodes (GREENWOOD et TAYLOR, 1978). COWAN (1967) suggère que seuls les vers *Stenurus globicephalae* morts qui atteignent les alvéoles, provoquent une réponse inflammatoire importante.

III. Les Pseudaliidés retrouvés chez les bélugas

A. Le protocole de récupération des vers pulmonaires, d'après Lena Measures

Les poumons de béluga sont retirés du congélateur pour être placés au réfrigérateur ou sur la table d'autopsie afin de décongeler, pendant 2 à 4 jours.

La première étape consiste à peser les poumons ensemble dans leur sac plastique d'origine. Puis, il faut déposer les poumons dans un grand plateau, et séparer le poumon droit (deux bronches issues de la trachée) du poumon gauche (une seule bronche issue de la trachée) en coupant là où la trachée rejoint les bronches. Chaque poumon est pesé séparément. Tous les sacs dans lesquels ont transité les poumons sont rincés avec de la saline (mélange eau de mer-eau douce, isotonique pour les vers) et le produit de rinçage passe dans un tamis 250µm où les éventuels vers pulmonaires sont récupérés, et déposés dans un bol de saline. La

trachée est ouverte et rincée à la saline. L'extérieur de chaque poumon est également rincé à la saline. Le liquide de rinçage est passé dans le tamis.

Les poumons sont déposés sur leur face ventrale et certaines mesures sont effectuées: longueur et largeur maximales, circonférence longitudinale, circonférence maximale. Les anomalies présentes sur la plèvre sont décrites.

Chaque poumon est placé dans un grand plateau et les grandes voies respiratoires (bronches, bronchioles) sont toutes ouvertes à l'aide d'un couteau. Les vers pulmonaires visibles sont alors retirés délicatement à l'aide d'un crochet de manipulation et déposés dans le bol. La localisation de ces vers est précisée.



Photo: B.WYRZYKOWSKI

Figure 21: Découverte de nématodes du genre *Stenurus* sp. à l'ouverture de la bronche principale du poumon droit d'un béluga du Saint-Laurent échoué en 2003, et autopsié à la FMV

Les voies respiratoires ouvertes sont ensuite rincées avec de la saline, dans le plateau. Le poumon est alors découpé en tranches transversales aussi fines que possible (environ 5 mm), de l'extrémité crâniale à l'extrémité caudale. Les tranches sont déposées dans un seau de saline et agitées vigoureusement afin de faire tomber les vers contenus dans le parenchyme pulmonaire. Les tranches sont ensuite rincées une à une, à l'aide d'une pissette de saline, au-dessus du seau. Le contenu du seau est ensuite passé dans le tamis. Le contenu du tamis est placé dans le bol. Un bol, identifié, est utilisé par poumon. Lorsque tout le parenchyme a été coupé, le plateau est rincé à la saline et le liquide est passé dans le tamis. La même opération est effectuée sur l'autre poumon.

Les bols de saline sont nettoyés sous microscope de dissection, les vers pulmonaires sont séparés des débris tissulaires et recueillis dans une boîte de pétri. Ils sont placés dans un mélange chaud de glycérine (10%) et d'alcool, qui clarifie les vers et les conserve.

Les têtes et les queues sont isolées des morceaux de vers non identifiés. Seules les queues permettent l'identification des espèces de nématodes pulmonaires, ainsi que le dénombrement. Les têtes, assez semblables pour les espèces ne sont pas utilisées.

La standardisation du protocole est très importante, car les résultats obtenus par des gestes identiques de manipulation permettront d'effectuer des comparaisons entre les individus. Le travail de comptage des vers est extrêmement minutieux. Cette méthode ne permet d'accéder qu'à une sous-estimation du nombre de parasites présents dans les poumons. En appliquant cette méthode standardisée de quantification des nématodes pulmonaires, les résultats renseignent alors sur l'intensité d'infection chez les hôtes.

B. Les quatre espèces de Pseudaliidés retrouvées chez les bélugas

Il y a quatre espèces potentielles de nématodes Pseudaliidés présentes chez les bélugas, qui appartiennent à trois genres. *Pharurus pallasii* est retrouvé dans l'oreille moyenne et les sinus crâniens, *Stenurus arctomarinus* a été retrouvé dans les poumons et quelques spécimens ont été récupérés dans l'artère pulmonaire, la trachée, et plus rarement dans la gueule, *Halocercus monoceris* et plus rarement *Halocercus taurica* sont trouvés dans les poumons et en moindre mesure dans le cœur, la trachée et l'évent (MEASURES *et al.*, 1995). Les vers pulmonaires présents en grande majorité sont *Halocercus monoceris* (le petit vers pulmonaire) et *Stenurus arctomarinus* (le grand vers pulmonaire). Ces espèces ont été récupérées sur des carcasses de bélugas échouées et autopsiées à la faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal à Saint-Hyacinthe.

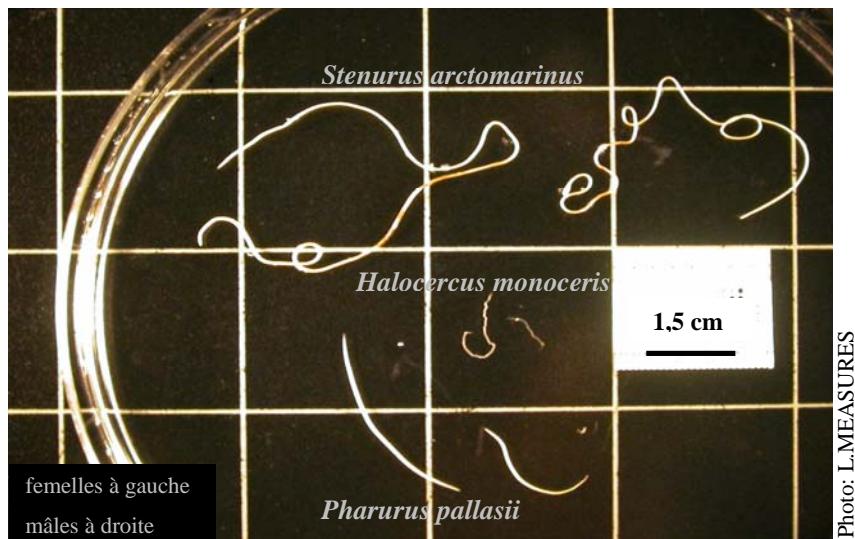


Photo: L. MEASURES

Figure 22: Les trois espèces de Pseudaliidés retrouvés le plus fréquemment chez les bélugas du Saint-Laurent

KONTRIMAVICHUS *et al.* (1976) ont fait une description morphologique des nématodes pulmonaires de bélugas. Les tailles (longueur corporelle) des parasites sont relatées ici:

Halocercus monoceris: mâles: 7,5-8,2 mm; femelles: 11-15 mm

Stenurus arctomarinus: mâles: 67-110 mm; femelles: 72-142 mm

Les bélugas peuvent avoir des larves de troisième stade avancé, de quatrième stade, ou bien des stades sous-adultes et adultes dans les poumons, le cœur ou dans d'autres tissus. Des données expérimentales suggèrent que les vers pulmonaires sont de jeunes adultes quand ils arrivent dans les poumons. Les femelles sont ovovivipares et les larves de premier stade sont passées dans les voies respiratoires de premier et second ordre, et peuvent également être trouvées dans les alvéoles du parenchyme pulmonaire, le mucus de la trachée et du pharynx, l'évent et probablement les fèces. Si un invertébré ou un poisson était un hôte intermédiaire obligatoire (*Stenurus* sp., *Pharurus* sp.), les larves de deuxième et de troisième stade précoce ne seraient observés que dans ces hôtes, mais les larves de troisième stade tardif ingérées avec le poisson pourraient pénétrer l'estomac ou la paroi intestinale du béluga et migrer jusqu'aux poumons par les voies lymphatique ou circulatoire, en empruntant peut-être le système porte hépatique. Différents tissus devraient être examinés de façon approfondie pour trouver des nématodes en migration. Pour ces vers pulmonaires qui se transmettent peut-être de façon trans-placentaire ou trans-mammaire (*Halocercus* spp.) un examen approfondi et systématique de coupes de tissu mammaire et de placenta en utilisant un microscope à dissection pourrait être utile pour localiser les stades. Les larves en migration vers le placenta peuvent aussi être retrouvées dans le système lymphatique ou circulatoire, d'après Lena Measures (communication personnelle).

De nombreuses inconnues persistent sur le cycle de développement de ces espèces, ainsi que sur les données de prévalence, d'intensité et de pathogénicité.

D'après GOSSELIN et MEASURES (2002), près de 90% des bélugas trouvés échoués sur les rives de l'Estuaire et autopsiés sont infectés par le ver pulmonaire du parenchyme, *Halocercus monoceris*. Un examen histologique a révélé que certains individus étaient très sévèrement infectés, et souffraient de broncho-pneumonie vermineuse. Cet examen systématique sur des bélugas échoués venant de l'Estuaire du Saint-Laurent et des bélugas de l'Arctique chassés, a permis d'établir une fourchette de prévalence aux taux de 29-88% pour *Halocercus monoceris* et 44-71% pour *Stenurus arctomarinus*. Les auteurs ont pu également estimer l'intensité parasitaire chez certains individus avec jusqu'à 12500 nématodes *Halocercus monoceris* dans leurs poumons (Lena MEASURES, données non publiées, dans MEASURES, 2001).

L'étude que nous réalisons à la faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal à Saint-Hyacinthe permettra de compléter les données relatives à l'infection par les vers pulmonaires de bélugas de l'Estuaire du Saint-Laurent, et d'en réaliser une évaluation pathologique.

Troisième partie

Etude rétrospective des cas de pneumonies
vermineuses rencontrés chez les bélugas de l'ESL
examinés à la Faculté de médecine vétérinaire de
l'Université de Montréal à Saint-Hyacinthe

L'évaluation pathologique et épidémiologique de la pneumonie vermineuse chez les bélugas (*Delphinapterus leucas*) du fleuve Saint-Laurent est une étude rétrospective, faite à partir de cas d'animaux échoués relevés depuis 1982, date initiale du programme d'examen post-mortem des carcasses de bélugas échoués sur les rives du Saint-Laurent. En vertu de son statut protégé, ce mammifère marin a fait l'objet d'une attention particulière, illustrées en annexe n° 3, et un nombre important d'autopsies ont été pratiquées sur des individus échoués de cette espèce, comme le rapportent les pathologistes (MARTINEAU *et al.*, 1988).

I. Animaux, matériel et méthodes de l'étude

A. Source du matériel utilisé

Au cours des vingt dernières années, de nombreux bélugas ont été signalés échoués sur les berges de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent dans le cadre du programme de récupération des carcasses, initié par le Centre de recherche en écologie des pêches de Rimouski (CREP) et la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal en 1982. Le programme intensif n'a vraiment débuté qu'en 1983, mais quelques échouages de bélugas ont tout de même été notés en 1982. Pour la réalisation de ce programme, un réseau d'information a été créé (BELAND *et al.*, 1987), afin que les carcasses soient rapportées rapidement.

Le réseau implique la participation de nombreux intervenants: promeneurs, riverains sur l'ensemble du territoire, bénévoles et volontaires de divers organismes et personnel régulier du CREP. Ce programme est maintenu grâce à la collaboration de différentes organisations gouvernementales et non-gouvernementales telles que la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal (FMV), l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent (INESL), le Ministère des Pêches et des Océans (MPO), le Groupe de recherche et éducation sur le milieu marin (GREMM) et Parcs Canada. Pour chacun des échouages de bélugas signalés, un observateur du réseau se rend sur le terrain afin d'évaluer l'état de conservation de la carcasse ainsi que son accessibilité pour permettre sa récupération. Les bélugas échoués en un lieu possible d'accès pour un camion léger muni d'un treuil et présentant un niveau de conservation jugé acceptable (codes conservation 1 à 3 d'après l'échelle de GERACI et LOUNSBURY (1993) présentée dans l'annexe n° 4) sont par la suite transportés par la route jusqu'à la FMV située à Saint-hyacinthe pour y être autopsiés.

Dès la réception de la carcasse en salle d'autopsie, un examen post-mortem standard est effectué, selon un protocole adapté de BELAND *et al.* (1987), après avoir réalisé le relevé des mesures standardisées de mensurations de l'animal.

B. Examen des rapports d'autopsie

Pour chaque béluga échoué, arrivé en salle de nécropsie à la FMV, un rapport d'autopsie compilant toutes les données connues sur l'individu a été rédigé. Les animaux autopsiés ont été identifiés par un numéro de pathologie. Afin de récupérer l'ensemble des informations utiles concernant les bélugas autopsiés, nous avons consulté tous les rapports de nécropsie,

archivés au service de diagnostic de la FMV. Ces dossiers nous renseignent notamment sur l'ensemble des données individuelles concernant les animaux autopsiés (voir l'annexe n° 5 pour la liste détaillée). Nous pouvons ainsi connaître la date et le lieu d'échouage, le sexe de l'individu autopsié, la cause probable de l'échouage, déterminée à partir du tableau des lésions retrouvées, l'âge des animaux autopsiés, déterminé en comptant les couches de dentine sur des sections longitudinales de dents, en adoptant le critère de deux couches de dentine par année, selon SERGEANT (1973).

Dans le cadre du projet d'étude, les animaux échoués ont été regroupés selon cinq catégories d'âge. La répartition des animaux est illustrée dans le tableau n° 7:

Tableau 7: Répartition des animaux selon les cinq catégories d'âge

Animaux	Catégories d'âge
nouveaux-nés et jeunes de l'année	de la naissance à moins d' 1 an
juvéniles	de 1 an à 6 ans
jeunes adultes	de 6 ans à 17 ans (bornes exclues)
adultes	de 17 ans à 22 ans
adultes âgés	plus de 22 ans

Pour l'étude, nous nous sommes intéressés à différentes données morphologiques sur les animaux, extraites directement des rapports de nécropsie. La mise en oeuvre des procédés standardisés pour l'obtention des mesures est ainsi décrite pour les données concernées dans notre projet:

⌘ la longueur totale de l'individu a été obtenue en mesurant la distance, en cm, allant du rostre à l'encoche de la nageoire caudale (voir la figure n° 23)

⌘ la masse totale a été calculée à l'aide d'une balance à crochet indiquant le poids, en kg, de la carcasse entière entourée du filet qui la retient, après retrait du poids du filet pris une fois la carcasse déposée sur la table d'autopsie

⌘ la masse du tissu adipeux sous-cutané des animaux a été une valeur estimée selon la technique suivante. On a tout d'abord procédé à l'enlèvement du pannicule adipeux (comprenant la peau et le tissu adipeux) d'une moitié latérale de la carcasse en faisant une incision dans le gras au niveau de la ligne ventrale ainsi que le long de la crête dorsale, et à sa pesée en kg. Un échantillon de ce demi-pannicule, appelé le placard mesurant environ 15 cm sur 15 cm, a ensuite été coupé, et pesé. La peau en a été séparée du tissu adipeux et les deux ont été pesés individuellement. Cette opération a permis d'établir un rapport entre la masse de peau et la masse de tissu adipeux. Enfin, la masse de tissu adipeux sous-cutané pour le demi-pannicule a été calculée à partir de ce ratio. En doublant la valeur obtenue, on a pu avoir une estimation de la masse totale de tissu adipeux sous-cutané

⌘ la masse des muscles épaxiaux a été estimée en doublant le poids, en kg, du muscle épaxial prélevé d'un côté de la carcasse, entre les vertèbres lombaires L1 et L12

☒ la masse du foie a été récoltée après pesée, en kg, de l'organe prélevé

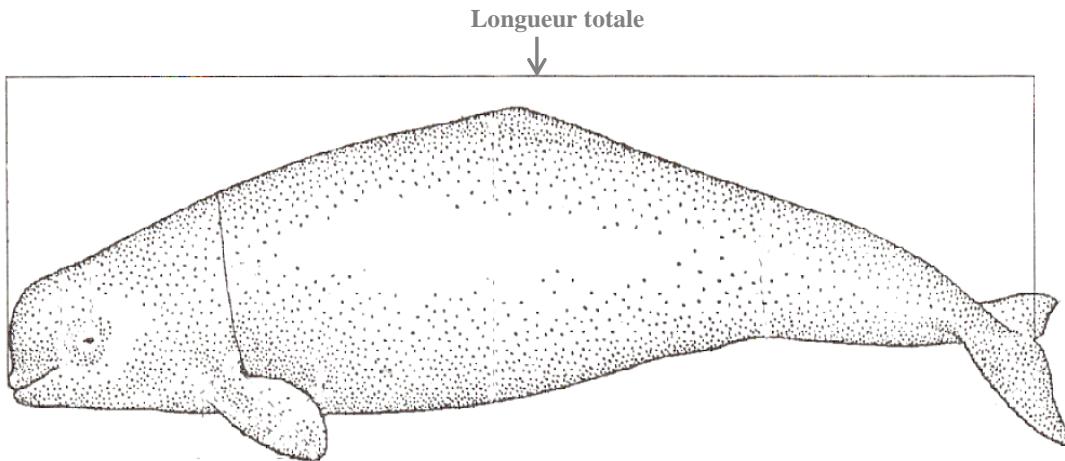


Figure 23: Représentation schématique de la mesure de longueur totale

Les rapports d'autopsie nous apportent également le compte-rendu des lésions macroscopiques concernant les poumons, fait par un vétérinaire pathologiste lors de l'autopsie. A cette occasion, les poumons sont décrits en terme de position, rapports anatomiques, taille et forme, couleur, et consistance à la palpation. Cette observation externe permet de rendre compte de caractéristiques éventuellement anormales ou de signaler dans le dossier certaines lésions pulmonaires. La trachée et les bronches principales ont été incisées, et le parenchyme pulmonaire a également été observé en coupe.

C. Examen des lames histologiques de poumon

Toutes les lames histologiques de bélugas autopsiés à la faculté depuis 1982 sont entreposées aux archives du Service de diagnostic de la FMV. Les lames correspondant aux sections de poumons ont été récupérées et rassemblées pour l'étude de la pneumonie vermineuse. Les échantillons de tissu pulmonaire soumis à l'étude microscopique ont été pris à partir des sections de parenchyme pulmonaire, effectuées de façon transversale, sur toute la grande longueur de chacun des poumons droit et gauche, de façon régulière, de la partie crâniale à l'extrémité caudale de l'organe. Différentes méthodes d'échantillonnage ont été décrites au cours des années. La localisation du prélèvement n'a pas toujours pu être établie avec certitude, et quelques cas de l'étude dont le nombre de lames histologiques est inférieur ou égal à 18, font état de ce type de prélèvement que nous qualifions d'aléatoire. Par contre, un grand nombre d'autres cas présentaient pour les poumons un échantillonnage standardisé fournissant systématiquement 18 lames histologiques, soit 9 par poumon.

Ce prélèvement systématique s'est fait, au cours du temps, selon deux procédés un peu distincts:

⌘ la méthode dite "SMP" pour Superficiel, Moyen, Profond a été utilisée depuis le début du programme des autopsies de bélugas à la FMV et jusqu'à la fin de l'année 1999. Elle consiste à prélever trois morceaux de poumon en région superficielle (S), moyenne (M) et profonde (P), à partir de chacune des trois tranches de poumon localisées en parties crâniale, moyenne et caudale, pour chaque poumon droit et gauche.

⌘ La méthode dite "DMV" pour Dorsal, Moyen, Ventral a été établie à partir de l'an 2000 et jusqu'en 2003. Cette méthode actuelle consiste à prélever trois morceaux de poumon en région dorsale (D), moyenne (M) et ventrale (V), à partir de chacune des trois tranches de poumon prises en parties crâniale, moyenne et caudale, pour chaque poumon droit et gauche.

Le schéma présenté en figure n° 24 illustre ces deux procédés d'échantillonnage.

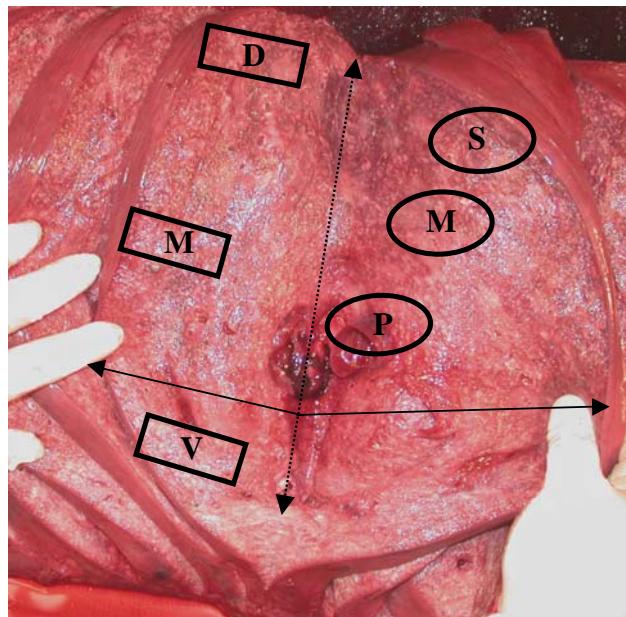


Figure 24: Représentation schématique sur deux tranches de poumon des deux méthodes d'échantillonnage employées: DMV et SMP

Suite aux prélèvements de tissu pulmonaire, les lames histologiques ont été préparées. Les échantillons de tissu pulmonaire retiré ont été fixés dans du formol tamponné à 10 %, puis conditionnés dans des cassettes pour être inclus dans la paraffine, coupés en sections de 3 µm, et colorés à l'hématoxyline-[éosine-phloxine]-safran (H.[E.-P.]S.).

D. Sélection des cas

Dans le cadre de l'étude, nous avons retenu les cas présentant un nombre de lames histologiques pulmonaires compris entre dix et dix-huit, et éliminé les cas pour lesquels l'état d'autolyse du poumon, évalué à l'examen microscopique des lames, était trop avancé pour pouvoir en retirer une information. Les critères utilisés pour l'évaluation de l'état d'autolyse sont les suivants:

⌘ code 1: l'état de conservation des structures pulmonaires est très bon à bon, l'évaluation des changements cellulaires est aisée car la plupart des cellules pulmonaires et inflammatoires sont bien conservées.

⌘ code 2: l'état de conservation des structures pulmonaires est mauvais, l'évaluation des changements cellulaires est difficile en raison des changements post-mortem, mais les structures parasitaires sont, par contre, faciles à discerner.

⌘ code 3: les structures pulmonaires sont en très mauvais état de conservation, il est très difficile de discerner les structures parasitaires.

Les codes 3 ne sont pas inclus dans l'étude. Seuls sont pris en considération les animaux avec un code 1 et 2. Nous dénombrons ainsi un total de 117 cas retenus.

E. Evaluation des lames histologiques

⌘ Les lames histologiques de poumon ont été regardées par le même observateur (B.Wyrzykowski) tout au long de l'étude, afin de conserver la même objectivité des résultats. Nous avons observé sur les lames des sections de parasites. L'examen de sections transverses de nématode ne permet pas d'identifier avec certitude l'espèce exacte. La littérature sur les vers pulmonaires chez les mammifères marins relate la présence dans les poumons de bélugas de nématodes qui appartiennent le plus souvent aux genres *Halocercus* et *Stenurus* et on retrouve particulièrement les espèces suivantes: *Halocercus monoceris* et *Stenurus arctomarinus* (MEASURES *et al.*, 1995). En conséquence, nos observations de nématodes dans les poumons des bélugas du fleuve Saint-Laurent reposent sur les deux genres: *Halocercus* sp. et *Stenurus* sp.

⌘ L'identification de ces vers pulmonaires et la classification des parasites nématodes a été basée sur la morphologie et la taille des sections. Des critères de dimension ont été utilisés afin de pouvoir décrire les sections de nématodes observées: les coupes de diamètre minimum supérieur à 200 µm sont très probablement associées avec *Stenurus* sp. qui est le nématode le plus grand des deux; si le diamètre minimum de la section est inférieur à 200 µm, alors il s'agit sûrement du nématode *Halocercus* sp.; les larves se distinguent par leurs très petits diamètres, inférieures à 50 µm. Afin de valider ce critère de classification, nous avons mesuré, à partir des sections de nématodes observées sur des lames histologiques prises au hasard, un total de 184 *Halocercus* sp. et de 12 *Stenurus* sp. en coupe (dont le détail des mesures est donnée en annexe n° 5). Les résultats obtenus sont relatés dans le graphique suivant. *Halocercus* sp. présente un diamètre moyen de 124 µm, avec un minimum trouvé de 59 µm et un maximum de 198 µm. La moyenne du diamètre mesuré pour *Stenurus* sp. est

établie à $344 \mu\text{m}$, avec un minimum trouvé de $267 \mu\text{m}$ et un maximum de $491 \mu\text{m}$. Pour les larves de parasites, dont il n'est pas possible de définir l'origine spécifique, le diamètre moyen évalué sur 6 exemplaires est de $37 \mu\text{m}$, avec un minimum de $31 \mu\text{m}$ et un maximum atteint de $45 \mu\text{m}$. Ces résultats sont illustrés sur la figure n° 25.

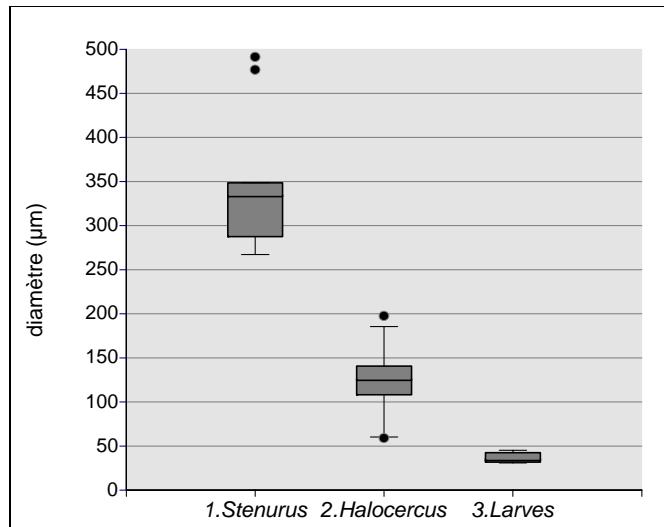


Figure 25: Distribution du diamètre (en μm) des sections de nématodes en coupe

❖ Les nématodes pulmonaires sont présents sur les lames histologiques sous deux états. Ils peuvent être soit intacts et dans ce cas la section entière de parasite montre une cuticule bien visible délimitant le nématode, ou bien dégénérés c'est-à-dire qu'ils sont altérés, ils correspondent à des portions de parasite mal définies, dénaturées avec perte de l'architecture.

❖ La quantification du nombre de nématodes dans le tissu pulmonaire examiné a été réalisé en utilisant deux méthodes d'évaluation:

¤ premièrement, pour chacune des sections de poumons examinées, nous avons compté le nombre d'amas de nématodes. Un amas parasitaire est défini comme un groupe de sections de nématodes de la même espèce situées à proximité l'une de l'autre, et présentes dans la même structure anatomique (bronches, bronchioles ou alvéoles).

¤ en deuxième lieu, nous avons compté le nombre total de sections d'*Halocercus* sp. et de *Stenurus* sp. présentes sur chacune des lames histologiques. Seules les sections intactes ont pu être comptées.

❖ La localisation des nématodes a été notée (alvéoles, bronchioles et bronches).

⌘ La présence des amas de nématodes dans les poumons a pu être souvent associée avec une réaction inflammatoire que nous avons divisée en trois classes selon le type d'infiltrat prédominant.

⌘ réaction suppurée sous forme d'un infiltrat à prédominance de polynucléaires entourant la section de parasite. Ces cellules inflammatoires, composées à la fois de neutrophiles et d'éosinophiles, sont fréquemment dégénérées.

⌘ pyogranulome: présence d'une accumulation de nombreux éosinophiles et neutrophiles habituellement dégénérés formant ainsi une zone nécrotique entourant le parasite. Cette zone est entourée de plusieurs couches de macrophages et de cellules géantes. Des lymphocytes et plasmocytes sont aussi observés en pourtour du pyogranulome.

⌘ granulome: présence de cellules mononucléées histiocytaires centrés sur la section de parasite. Ces cellules sont surtout composées de macrophages. Une capsule de tissu fibreux plus ou moins développée entoure cet amas histiocytaire. Cette capsule est infiltrée par un nombre variable de lymphocytes et de plasmocytes. Le centre du granulome peut être minéralisé.

Certaines sections de nématodes pulmonaires n'étaient associées à aucune réaction inflammatoire. Les cellules de l'inflammation étaient alors absentes autour des vers.

⌘ Les surfaces de toutes les sections de tissu pulmonaire examiné histologiquement ont été calculées, afin de garantir un résultat uniforme par unité de mesure (en cm²); les prélèvements étant de taille variable. La surface totale de tissu examiné a ainsi pu être déterminée grâce au logiciel "Image Tool" version 3.00, obtenu de University of Texas Health Science Centre à San Antonio (UTHSCSA). Ce même logiciel a servi à la détermination des mesures de diamètres (en µm) des nématodes.

F. Les analyses statistiques

Un modèle de régression linéaire simple a été utilisé entre le nombre en log d'amas et le nombre en log de sections parasitaires (la distribution de ces valeurs n'étant pas normale). Le test du chi-deux exact nous a servi pour indiquer une éventuelle association statistiquement significative.

Des modèles de régression logistique, avec la distribution anatomique traitée comme facteur répété, ont été utilisé afin de déterminer si les parasites étaient distribués aléatoirement dans les poumons. Le test du chi-deux exact a été utilisé pour évaluer l'association entre les différentes catégories d'âge, le sexe et la prévalence.

La régression logistique a été utilisée pour chacune des variables continues afin de prédire la prévalence. Un des objectifs de cette étude était d'évaluer les associations possible entre les indices d'infection (densité d'amas parasitaire) et différentes variables, tels la saison d'échouage, le sexe, l'année, l'âges et plusieurs données morphométriques. Pour ce faire, toutes les variables indépendantes ont été testées une à une, et ce pour chaque indice de sévérité d'infection, avec une régression logistique restreinte aux bélugas de la classe d'âge 1 ou plus (puisque le risque n'est présent en fait que chez ces individus). Les variables

significatives au seuil de 0,15 ont été par la suite testées dans un modèle de régression logistique multiple et ce pour chaque indice de sévérité d'infection.

Des différences avec $p<0,05$ étaient acceptées comme statistiquement significatives pour tous les tests réalisés.

II. Résultats de l'étude

Au total, 158 carcasses de bélugas relativement bien préservées, c'est-à-dire présentant des codes de conservation allant de 1 à 3 correspondant à des animaux échoués vivants et euthanasiés, ou bien échoués morts et encore frais ou légèrement putréfiés, ont été retrouvées sur les rives, et transportées pour être autopsiées à la FMV, depuis le début du programme de récupération des carcasses en 1982 et jusqu'au courant de l'année 2003.

Notre population d'étude de la pneumonie vermineuse en est un sous-échantillon. Elle est constituée de 117 animaux représentant le total des cas de l'étude. N'ont été retenus que les cas qui présentaient une autolyse des poumons légère à modérée, à l'évaluation histologique, ainsi qu'un nombre de lames histologiques de poumon supérieur ou égal à 10. Finalement, 41 animaux qui ne répondaient pas à ces critères ont été enlevés de la population initiale des 158 bélugas autopsiés à la FMV.

A. Description de la population d'étude

1. Répartition temporelle

Les figures n° 26 et n° 27 nous présentent la répartition temporelle, annuelle et saisonnière, des échouages correspondant aux 117 bélugas inclus dans l'étude. Les graphiques donnent en même temps la distribution au cours des années et des saisons des échouages relevés pour la population initiale des 158 bélugas autopsiés à la FMV.

» Toutes les années sont représentées ici, avec des effectifs plus ou moins élevés, sauf l'année 1982, date d'initialisation du programme, durant laquelle très peu d'animaux ont été autopsiés.

Tableau 8: Répartition des bélugas échoués et autopsiés à la FMV, en fonction de leur année d'échouage

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Nombre d'animaux autopsiés à la FMV et évincés de l'étude	3	5	3	2	1	2	3	2	2	1	3	0	1	1	0	2	0	2	0	1	4	3
Nombre d'animaux autopsiés à la FMV et inclus dans l'étude	0	2	6	1	5	1	7	6	4	5	4	9	6	11	9	5	9	7	5	6	5	4

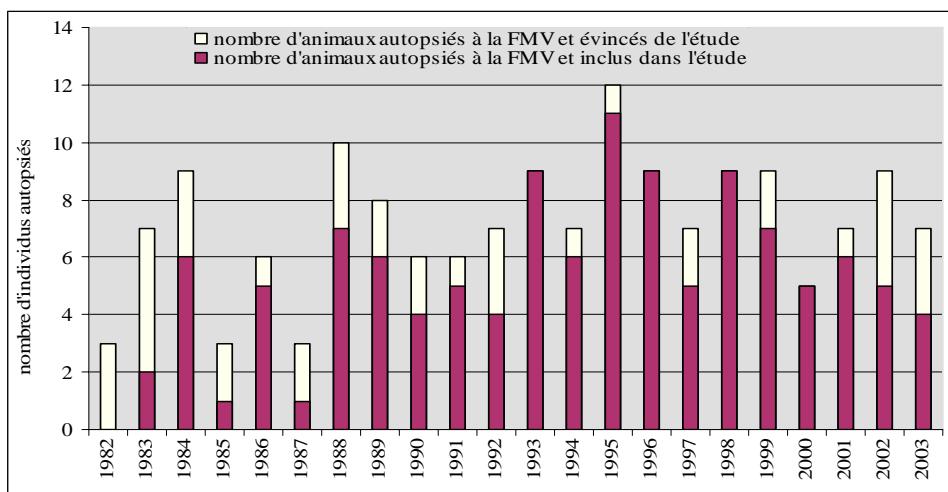


Figure 26: Répartition des bélugas échoués et autopsiés à la FMV, en fonction de leur année d'échouage

❖ Les bélugas autopsiés inclus dans l'étude ont été retrouvés échoués en plus grand nombre pendant les mois d'été: juin, juillet, août. Pour les mois correspondant aux saisons voisines du printemps et de l'automne, le nombre d'échouages est un peu plus bas. Enfin, les animaux autopsiés de l'étude n'ont presque pas été rapportés échoués pendant les trois mois d'hiver: décembre, janvier, février.

Tableau 9: Répartition des bélugas échoués et autopsiés à la FMV, en fonction du mois de leur échouage

	printemps			été			automne			hiver		
	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	janvier	février
Nombre d'animaux autopsiés à la FMV et évincés de l'étude	2	0	4	4	9	8	5	4	4	3	0	0
Nombre d'animaux autopsiés à la FMV et inclus dans l'étude	1	10	15	18	18	18	8	18	7	3	1	0

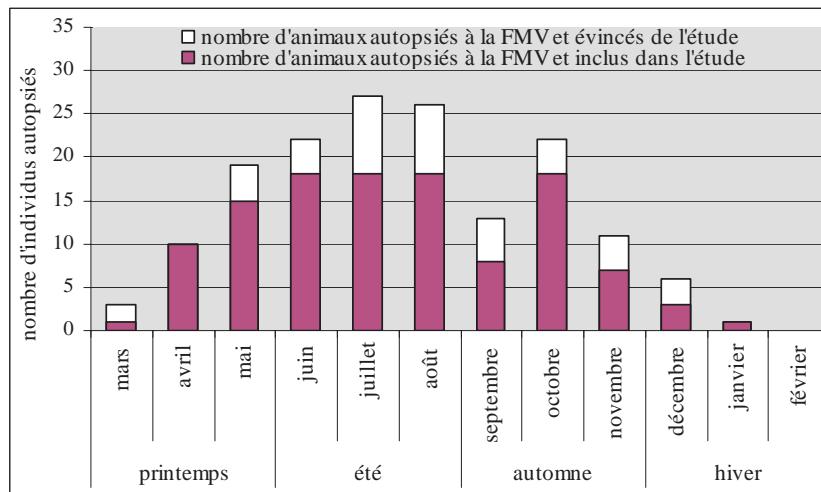


Figure 27: Répartition des bélugas échoués et autopsiés à la FMV, en fonction du mois de leur échouage

2. Répartition par sexe

La répartition de la population des bélugas de l'étude en terme de sexe-ratio est relativement équilibrée. Nous avons compté 59 mâles, 57 femelles, et 1 individu hermaphrodite. Les résultats sont présentés en figure n° 28. La population totale des bélugas échoués et autopsiés à la FMV était composée de 82 mâles, 75 femelles et de l'individu hermaphrodite. Ainsi, par la sélection des cas pour l'étude, nous avons retenu 72 % des mâles et 76 % des femelles échoués et autopsiés à la FMV, ainsi que l'individu hermaphrodite.

Tableau 10: Répartition des bélugas échoués et autopsiés à la FMV, en fonction de leur sexe

	mâles	femelles	hermaphrodite
Population initiale des bélugas autopsiés à la FMV	82	75	1
Population de bélugas de l'étude	59	57	1

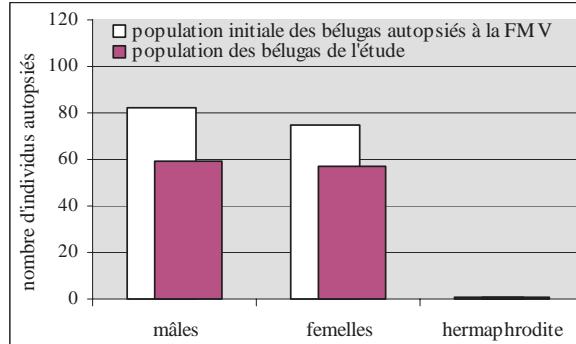


Figure 28: Répartition des bélugas échoués et autopsiés à la FMV, en fonction de leur sexe

3. Répartition par âge

L'âge des bélugas étudiés était disponible pour 110 d'entre eux. Les valeurs d'âge obtenues dans la population d'étude sont présentées dans la figure n° 29, avec une répartition des animaux par sexe et par catégorie d'âge. Les données s'échelonnent de 0 à 31,5 ans, avec une moyenne d'âge établie à l'âge adulte de 16 ans.

Aux vues des résultats présentés dans le tableau n° 11 et la figure n° 29, les animaux dont l'effectif est le plus élevé sont les adultes, c'est à dire les animaux âgés de plus de 6 ans, notamment les adultes âgés de 17 à plus de 22 ans. Les jeunes adultes sont également représentés en grand nombre. Les juvéniles forment une petite catégorie d'une quinzaine d'animaux, tandis que les jeunes de l'année sont les moins représentés.

L'âge a été évalué pour 56 mâles et 53 femelles sur les 59 mâles et les 57 femelles de l'étude. Dans les différentes catégories d'âge, le ratio mâle/femelle est relativement équilibré. Les femelles juvéniles sont cependant plus nombreuses que les mâles juvéniles. Les mâles âgés de plus de 22 ans sont présents en plus grand nombre que les femelles de plus de 22 ans.

La population initiale totale des bélugas échoués et autopsiés à la FMV est également représentée sur le graphique sous la forme d'une ligne brisée (figure n° 29). Ces données nous donnent les éléments de comparaison pour rendre compte de la sélection des cas de l'étude: la majorité des animaux qui ont été retirés de la population totale initiale font partie des adultes les plus âgés.

Le choix de la population d'étude a permis de retenir 10 nouveaux-nés sur 12, 14 juvéniles sur 18, 25 jeunes adultes sur 30, 30 adultes sur 39, et enfin 30 adultes âgés sur 48.

Tableau 11: Répartition des bélugas de l'étude, en fonction de leur sexe et de leur âge et comparaison avec les effectifs de la population initiale des animaux échoués et autopsiés à la FMV

	Jeunes de l'année < 1 an	Juvéniles 1 à 6 ans	Adultes		
			6 à 17 ans (bornes exclues)	17 à 22 ans	> 22 ans
Nombre de femelles incluses dans l'étude	4	9	13	16	11
Nombre de mâles inclus dans l'étude	6	5	12	14	19
Nombre d'animaux inclus dans l'étude	10	14	25	30	30
Total des animaux autopsiés à la FMV	12	18	30	39	48

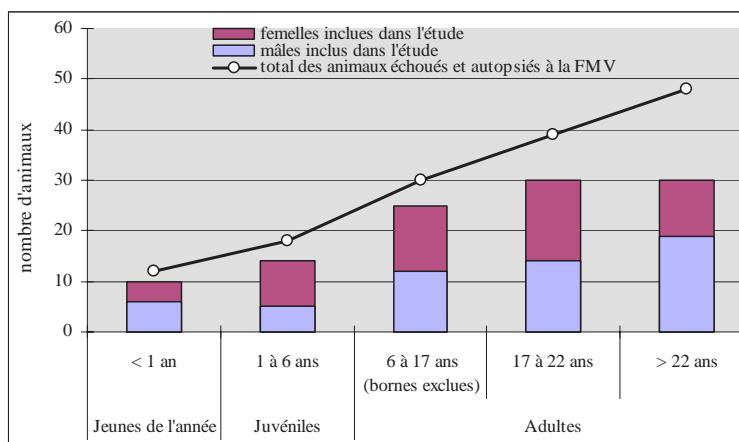


Figure 29: Répartition des bélugas de l'étude, en fonction de leur sexe et de leur âge et comparaison avec les effectifs de la population initiale des animaux échoués et autopsiés à la FMV

La maturité sexuelle est établie en moyenne à 6 ans, pour les deux sexes confondus. Considérant les mâles et les femelles séparément, l'âge de maturité sexuelle est fixé à 5 ans pour les femelles, qui sont plus précoces, et à 7 ans pour les mâles, d'après les données de BRODIE (1971). La population comporte 88 animaux matures répartis en 45 mâles, 42 femelles, et 1 hermaphrodite, et 22 animaux immatures composés de 11 mâles et de 11 femelles.

4. Données morphologiques

Les données morphologiques sur les bélugas n'ont pas pu être établies pour tous les animaux du projet-étude. Le tableau n° 12 nous précise le nombre d'animaux pour lequel les chiffres étaient disponibles. Des indices corporels ont été calculés en divisant certaines de ces données morphologiques par la longueur totale de l'individu (en cm). L'annexe n° 6 contient le détail des données particulières à chaque animal.

Tableau 12: Nombre de cas de l'étude pour lesquels les valeurs de mesures morphologiques sont disponibles

Mesures morphométriques	Nombre d'animaux pour lequel les valeurs étaient accessibles dans les rapports d'autopsie
longueur des animaux	116 cas
masse totale des animaux	101 cas
masse de gras sous-cutané	66 cas
masse des muscles épaxiaux	55 cas
masse du foie	56 cas

B. Evaluation pathologique: les lésions associées au parasitisme pulmonaire

1. Examen macroscopique

La description macroscopique a été réalisée pour 113 bélugas autopsiés de l'étude. Certaines lésions décrites dans les rapports d'autopsie sont présentées ici, trouvant un lien avec la présence des parasites nématodes et la réaction inflammatoire qu'ils peuvent occasionner. Un total de 6 cas sur les 113 cas disponibles (soit 5,3 % des cas) font état d'irrégularités pleurales, 16 cas (soit 14,2 %) montrent des adhérences pleurales, 21 cas (soit 18,6 %) présentent des masses indurées nodulaires, et 11 cas (soit 9,7 %) relèvent la présence d'un exsudat purulent bronchiolaire. Les dossiers rapportent la présence des vers nématodes visibles dans les poumons: dans 23 cas sur 113 (soit 20,4 % des cas), des nématodes du genre *Stenurus*, très vraisemblablement, ont été vus; tandis que dans seulement 2 cas sur 113 (soit 1,8 %), ce sont très probablement des nématodes du genre *Halocercus* qui ont été aperçus (basé sur la dimension donnée). La corrélation entre la détection des deux genres de nématodes à l'examen macroscopique et à l'examen histologique est présentée dans les tableaux n° 13 et n° 14. Les figures n° 30 et 31 présentent l'observation macroscopique des nématodes *Stenurus* sp., tandis que la figure n° 32 illustre une masse nodulaire indurée dans le parenchyme.



Figure 30: béluga, n° pathologie 04-6285
Présence de nématodes du genre *Stenurus* sp. dans les bronches. Les poumons présentent une bronchite catarrhale aiguë.



Figure 31: béluga, n° pathologie 04-9120
Présence d'un exsudat muco-purulent aggloméré autour de nématodes enroulés du genre *Stenurus* sp. dans les bronches: bronchite muco-suppurée subaiguë.



Figure 32: béluga, n° pathologie 03-A019
Masse nodulaire indurée et pâle, présente dans le parenchyme pulmonaire, de taille environ 0,5 mm, et renfermant des nématodes du genre *Halocercus* sp.: pneumonie granulomateuse chronique

Tableau 13: Corrélation entre la détection de nématodes du genre *Stenurus* sp. à l'examen macroscopique et l'examen histologique (n = 113).

	Examen histologique		
	<i>Stenurus</i> détectés	<i>Stenurus</i> non détectés	total
Examen macroscopique	<i>Stenurus</i> détectés	4	19
	<i>Stenurus</i> non-détectés	4	86
	total	8	105
			113

Tableau 14: Corrélation entre la détection de nématodes du genre *Halocercus* sp. à l'examen macroscopique et l'examen histologique ($n = 113$).

		Examen histologique		
		<i>Halocercus</i> détectés	<i>Halocercus</i> non détectés	total
Examen macroscopique	<i>Halocercus</i> détectés	2	0	2
	<i>Halocercus</i> non-détectés	95	6	111
	total	97	6	113

Sur 23 cas d'infection par *Stenurus* sp. détectés à l'examen macroscopique par la présence des nématodes dans les voies respiratoires à l'ouverture de celles-ci, seulement 4 cas ont également été diagnostiqués à l'examen microscopique lors de la lecture des lames histologiques pulmonaires. A l'inverse, 4 cas d'infection par *Stenurus* sp. qui n'avaient pas été observés en macroscopique à l'autopsie, ont été détectés à l'examen histologique.

Très peu de carcasses de bélugas de l'ESL ont été vues avec la présence macroscopique des nématodes du genre *Halocercus* sp. avec 2 cas sur 113. Ces 2 cas d'infection ont également été observés à la lecture des lames histologiques de parenchyme pulmonaire.

2. Corrélation amas parasitaires et sections

Nous avons testé l'association entre les amas parasitaires d'*Halocercus* sp. et de *Stenurus* sp. dénombrés sur les lames histologiques de poumon et le nombre de sections de ces nématodes à l'examen microscopique. Les valeurs de l'étude étaient notées en nombre/cm², et n'étaient pas distribuées de façon normale. Ces données ont été transformées en log afin de les normaliser. La régression linéaire simple a été limitée aux valeurs autres que 0. Les résultats sont illustrés dans les graphiques suivants n° 33 et 34, pour les deux espèces de nématodes. L'annexe n° 7 présente en détail les données relatives à ces graphiques.

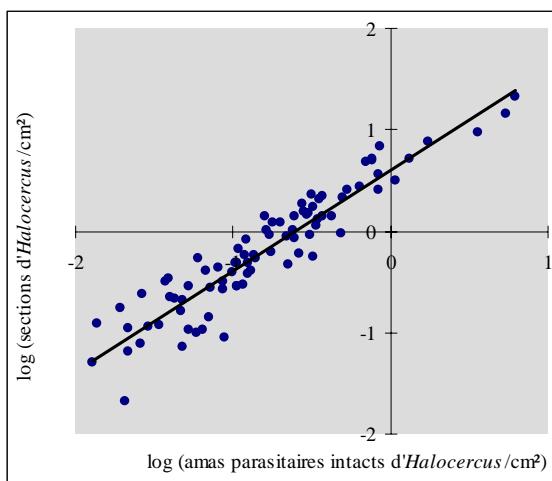


Figure 33: Corrélation entre les amas parasitaires intacts et les sections d'*Halocercus* sp.

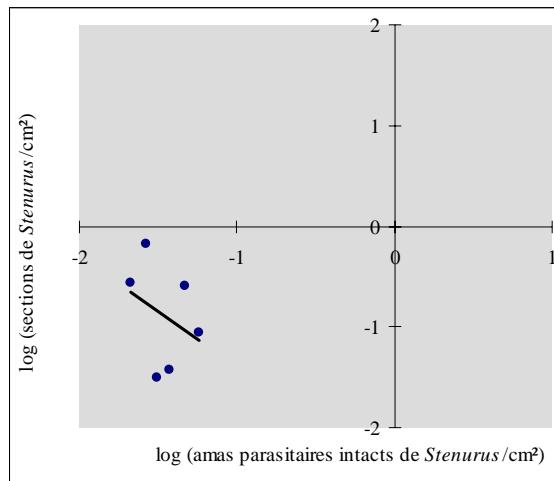


Figure 34: Corrélation entre les amas parasitaires intacts et les sections de *Stenurus* sp.

Pour *Halocercus* sp., la régression linéaire simple indique une relation linéaire positive et significative ($r^2 = 0,88$; $p<0,0001$) entre le nombre en log d'amas parasitaires intacts et le nombre en log de sections de parasites (88 % de la variation expliquée).

Pour *Stenurus* sp., la régression n'indique aucune relation linéaire entre le nombre en log d'amas parasitaires intacts et le nombre en log de sections de parasites ($r^2 = 0,11$; $p = 0,52$). Il faut tout de même noter la petite taille de l'échantillon de nématodes de l'espèce *Stenurus*.

3. Examen histologique

Les résultats de l'évaluation pathologique de la pneumonie vermineuse ont été obtenus à partir de l'observation des 1998 lames histologiques de poumons concernant l'ensemble des 117 bélugas de l'étude.

a) les réactions inflammatoires éventuelles associées à la présence des nématodes dans les poumons

Les deux genres de nématodes *Halocercus* sp. et *Stenurus* sp. adultes, ainsi que les larves libres, étaient présents dans les poumons aussi bien dans le parenchyme c'est-à-dire les alvéoles, que dans les voies respiratoires basses: les bronchioles et les bronches, où nous avons retrouvé des sections de parasites unitaires ou regroupées en amas. Certaines coupes de vers étaient présentes dans les poumons sans réaction apparente de la part de l'hôte, c'est-à-dire sans provoquer l'afflux des cellules inflammatoires. La présence de ces deux espèces de vers pulmonaires pouvaient également entraîner une réaction inflammatoire, plus ou moins développée chez les bélugas parasités. Nous avons observé des sections de parasites qui étaient entourées par un infiltrat suppurré, ou qui formaient des pyogranulomes, ou encore des granulomes dans les poumons, en divers endroits. Les figures suivantes sont une sélection de photographies de lames histologiques que nous avons prises, avec la coloration HPS. Les figures n° 35 à 38 représentent l'infection par *Stenurus* sp. adulte, les figures n° 39 à 48 illustrent l'infection par *Halocercus* sp. adulte, et les figures n° 49 et 50 montrent l'infection par les larves de ces vers pulmonaires.



Figure 35: béluga, n° pathologie: 00-B201
Stenurus sp. intact, sans réaction inflammatoire,
libre dans une bronche.



Figure 36: béluga, n° pathologie: 89-3809
Stenurus sp. sous forme intacte.

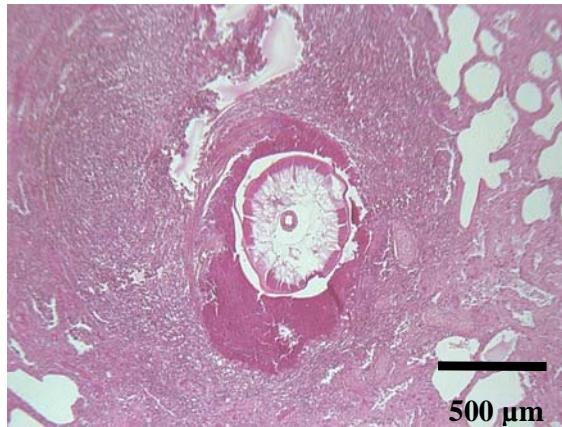


Figure 37: béluga, n° pathologie: 93-7158
Pyogranulome parasitaire à *Stenurus* sp.,
localisé dans le parenchyme pulmonaire.



Figure 38: béluga, n° pathologie: 89-3809
Amas parasitaire de *Stenurus* sp. présent dans la
lumière d'une bronche sans provoquer de réaction
inflammatoire.



Figure 39: béluga, n° pathologie: 96-8218
Amas d'*Halocercus* sp. intacts occupant tout
l'espace luminal d'une bronchiole terminale,
sans provoquer de réaction inflammatoire.



Figure 40: béluga, n° pathologie: 92-4426
Amas d'*Halocercus* sp. intacts, obstruant une
bronchiole sans engendrer de réaction
inflammatoire.

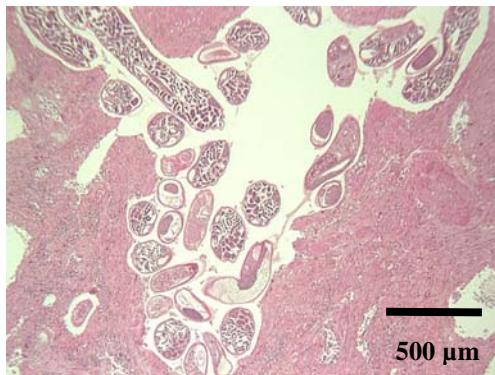


Figure 41: béluga, n° pathologie: 99-4438
Amas d'*Halocercus* sp. intacts dans le
parenchyme pulmonaire, sans réaction
inflammatoire.

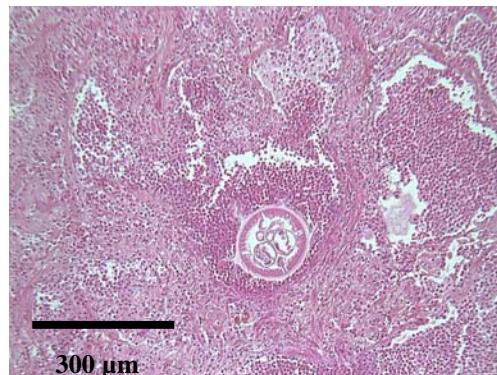


Figure 42: béluga, n° pathologie: 89-2057
Halocercus sp. intact présent dans une
alvéole et induisant une réaction suppurée
péphérique.



Figure 43: béluga, n° pathologie: 88-4465
Amas d'*Halocercus* sp. dans une bronchiole et
provoquant un afflux de cellules granulocytes
neutrophiles: la réaction est suppurée, diffuse,
marquée.

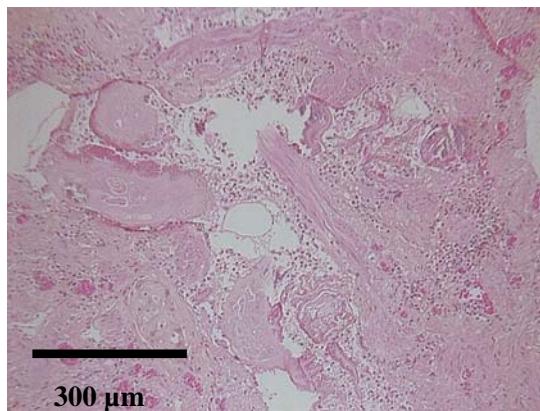


Figure 44: béluga, n° pathologie: 02-5218
Granulome parasitaire à *Halocercus* sp.
dégénérés, dans le parenchyme pulmonaire.

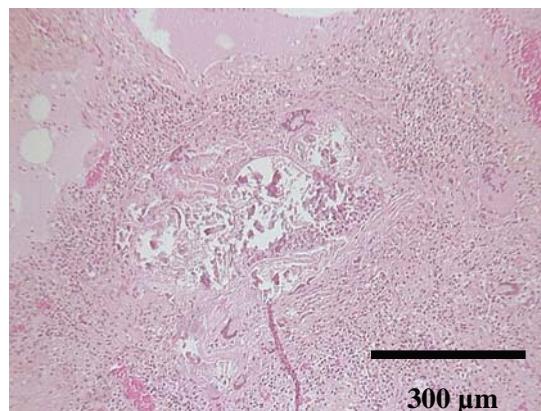


Figure 45: béluga, n° pathologie: 02-5218
Granulome parasitaire à *Halocercus* sp.
dans le parenchyme pulmonaire.

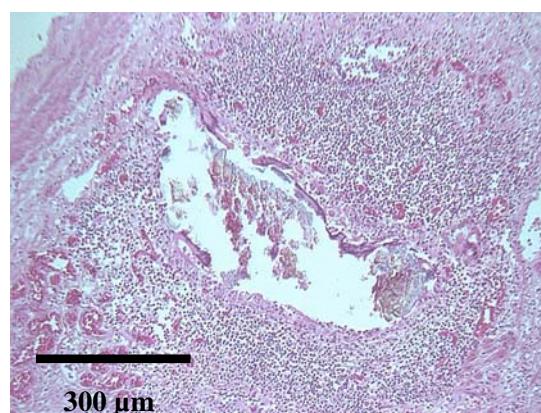


Figure 46: béluga, n° pathologie: 00-B201
Granulome parasitaire à *Halocercus* sp. dégénéré,
minéralisé, dans le parenchyme pulmonaire.

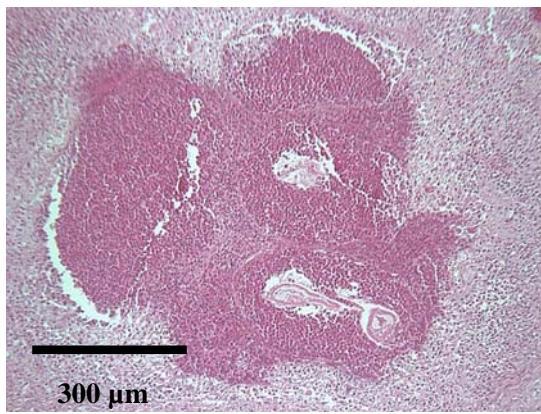


Figure 47: béluga, n° pathologie: 98-5151
Pyogranulome parasitaire à *Halocercus* sp.
dégénérés, dans une alvéole pulmonaire.

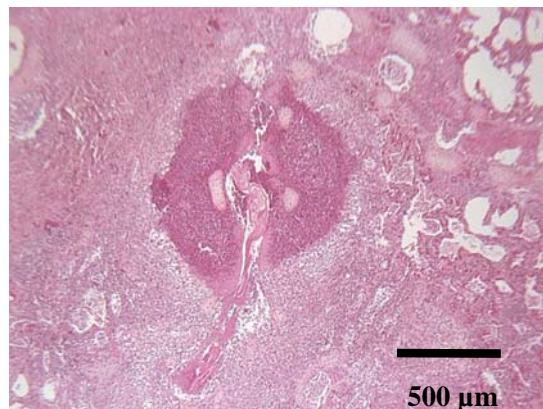


Figure 48: béluga, n° pathologie: 96-8218
Halocercus sp. dégénérés localisés dans
une bronchiole, engendrant la formation
d'un pyogranulome.

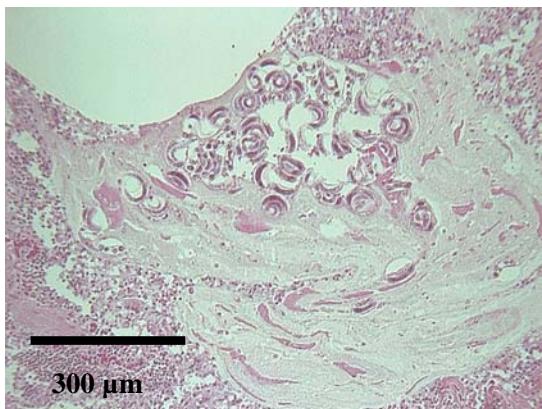


Figure 49: béluga, n° pathologie: 99-4438
Amas de larves de nématodes pulmonaires
présent dans le parenchyme pulmonaire et
provoquant une réaction suppurée.

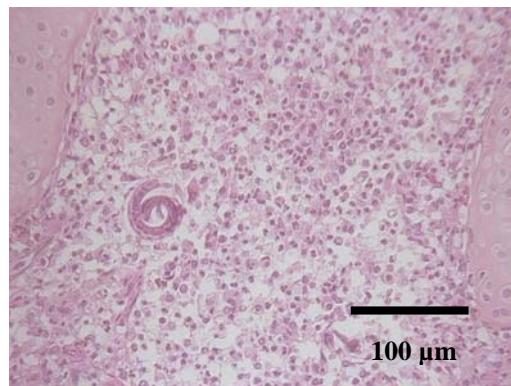


Figure 50: béluga, n° pathologie: 96-8218
Larve localisée dans une bronchiole et
déclenchant une réaction inflammatoire
suppurée et nécrosante.

Nous avons quantifié la réaction inflammatoire éventuelle en relevant le nombre d'amas parasitaires par unité de surface c'est-à-dire par cm². Les chiffres sont ensuite exprimés et donnés en pourcentages, regroupés dans les trois graphiques: figure n° 51 pour l'infection par *Halocercus* sp., figure n° 52 pour l'infection par *Stenurus* sp., et figure n° 53 pour la situation concernant les larves.

animaux infectés par *Halocercus* sp.:

Dans plus de trois quart des cas (77,1 %), la présence des amas parasitaires d'*Halocercus* sp. dans les poumons ne provoque pas de réaction inflammatoire. Dans cette situation, les amas sont retrouvés en grande majorité sous forme intacte, avec un pourcentage d'infection d'environ 65 %, localisés préférentiellement dans les bronchioles (41,3 %), à moitié moins dans les alvéoles (22,25 %) et quasiment pas dans les bronches (1,2 %). Dans le cas des 12,3% d'infection représentant les amas parasitaires dégénérés ne provoquant pas de réaction, la localisation est favorisée dans les alvéoles (7,7 %), puis dans les bronchioles (4,4 %), et enfin très rarement dans les bronches (0,2 %).

Dans 22,9 % des cas, les amas d'*Halocercus* sp. entraînent une réaction inflammatoire, surtout lorsqu'ils sont présents sous forme dégénérée (20,6 %). Dans cet état d'amas dégénérés, les vers provoquent les trois réactions inflammatoires décrites: infiltration suppurée (5,9 %) localisée dans les alvéoles (3,8 %) et dans les bronchioles (2,1 %), pyogranulomes (10 %) qui se forment plus fréquemment dans les alvéoles (6,2 %), puis dans les bronchioles (3,8 %), et granulomes (4,7 %) se développant majoritairement dans les alvéoles (4 %). Les amas vermineux intacts sont faiblement associés avec une réaction inflammatoire puisque le chiffre d'infection est de 2,2 %. Ils déclenchent dans 1,4% des cas une infiltration suppurée, et dans une moindre proportion (0,8 %) des pyogranulomes, dans les alvéoles et les bronchioles.

Que ce soit sous forme intacte ou dégénérée, les amas parasitaires sont très peu rencontrés dans les bronches.

Tableau 15: Infection par *Halocercus* sp.: localisation pulmonaire et caractérisation de la réaction inflammatoire, en fonction de l'état des amas parasitaires adultes

		pas de réaction	infiltrat suppuré	pyo-granulome	granulome	total	total (I + D)
Intacts (I)	alvéoles	22,3 %	0,8 %	0,4 %	0	23,5 %	45,2 %
	bronchioles	41,3 %	0,6 %	0,4 %	0	42,3 %	53,3 %
	bronches	1,2 %	0	0	0	1,2 %	1,4 %
total (I)		64,8 %	1,4 %	0,8 %	0	67 %	
Dégénérés (D)	alvéoles	7,7 %	3,8 %	6,2 %	4,0 %	21,7 %	
	bronchioles	4,4 %	2,1 %	3,8 %	0,7 %	11,0 %	
	bronches	0,2 %	0	0	0	0,2 %	
total (D)		12,3 %	5,9 %	10 %	4,7 %	32,9 %	
Total (I + D)		77,1 %	7,3 %	10,8 %	4,7 %		

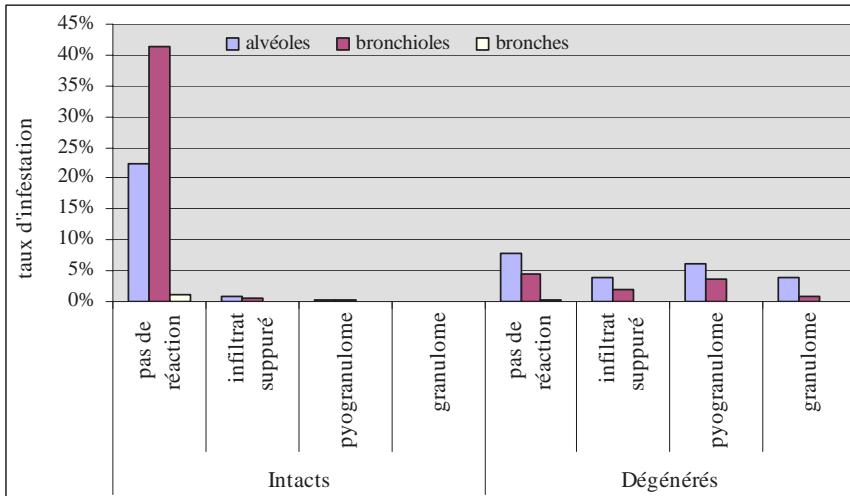


Figure 51: Infection par *Halocercus* sp.: localisation pulmonaire et caractérisation de la réaction inflammatoire, en fonction de l'état des amas parasitaires adultes

⌘ animaux infectés par *Stenurus* sp.:

Dans plus de la moitié des cas d'infection par *Stenurus* sp. (56 %), la présence des amas parasitaires dans les poumons ne provoque pas de réaction d'inflammation. Dans cette situation d'absence de réaction inflammatoire de la part de l'hôte, nous retrouvons la majorité des nématodes du genre *Stenurus* sp. sous forme intacte (45,4 %), contre 10,6 % des cas où les vers sont sous la forme dégénérée et intégralement localisés dans les bronchioles. Lorsque les amas sont intacts (74,6 %), ils sont principalement retrouvés dans les bronches (35,6 %) sans provoquer de réaction inflammatoire.

Dans 44 % des cas, les amas parasitaires déclenchent une réaction inflammatoire. Celle-ci ne s'exprime jamais sous forme de granulomes, mais principalement sous la forme de pyogranulomes (28,6 %). Les pyogranulomes de nématodes *Stenurus* sp. intacts (22,1 %) sont localisés dans les alvéoles (14,2 %), et à moitié moins fréquemment dans les bronchioles (7,9 %). Les amas intacts sont également retrouvés entourés par un infiltrat suppurré (7,1 %), exclusivement localisé dans les alvéoles. Sous forme dégénérée, les amas parasitaires entraînent une réaction d'infiltration suppurrée située dans les bronches (8,3 %), et une réaction pyogranulomateuse bronchiolaire (6,5 %).

Tableau 16: Infection par *Stenurus* sp.: localisation pulmonaire et caractérisation de la réaction inflammatoire, en fonction de l'état des amas parasitaires adultes

		pas de réaction	infiltrat suppurré	pyo-granulome	granulome	total	total (I + D)
Intacts (I)	alvéoles	0	7,1 %	14,2 %	0	21,3 %	21,3 %
	bronchioles	9,8 %	0	7,9 %	0	17,7 %	34,8 %
	bronches	35,6 %	0	0	0	35,6 %	43,9 %
total (I)		45,4 %	7,1 %	22,1 %	0	74,6 %	
Dégénérés (D)	alvéoles	0	0	0	0	0	
	bronchioles	10,6 %	0	6,5 %	0	17,1 %	
	bronches	0	8,3 %	0	0	8,3 %	
total (D)		10,6 %	8,3 %	6,5 %	0	25,4 %	
Total (I + D)		56,0 %	15,4 %	28,6 %	0		

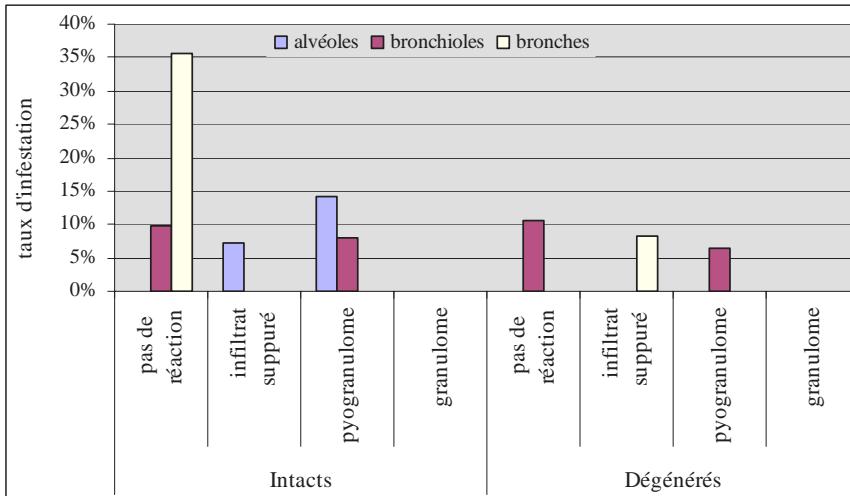


Figure 52: Infection par *Stenurus* sp.: localisation pulmonaire et caractérisation de la réaction inflammatoire, en fonction de l'état des amas parasitaires adultes

⌘ animaux infectés par les larves:

Les larves se retrouvent quasi exclusivement sous la forme intacte (99,4 %), entraînant la formation d'un infiltrat suppuré (89,3 %), situé de façon presque égale dans les alvéoles (44,4 %) et dans les bronchioles (42,8 %), et très peu dans les bronches (2,1 %). Les larves ont été très peu retrouvées sous la forme dégénérée (0,6 %) et entraînant une réaction suppurée (0,4 %) ou des pyogranulomes (0,2 %).

Lorsque les larves sont présentes à l'état intact, sans déclencher de réaction inflammatoire, la localisation est notée préférentiellement dans les alvéoles (7,2 %) que dans les bronchioles (2,7 %).

Tableau 17: Infection par les larves: localisation pulmonaire et caractérisation de la réaction inflammatoire, en fonction de l'état des amas parasitaires larvaires

		pas de réaction	infiltrat suppuré	pyo-granulome	granulome	total	total (I + D)
Intacts (I)	alvéoles	7,2 %	44,4 %	0	0	51,6 %	52,1 %
	bronchioles	2,7 %	42,8 %	0	0	45,5 %	45,6 %
	bronches	0,2 %	2,1 %	0	0	2,3 %	2,3 %
total (I)		10,1 %	89,3 %	0	0	99,4 %	
Dégénérés (D)	alvéoles	0	0,3 %	0,2 %	0	0,5 %	
	bronchioles	0	0,1 %	0	0	0,1 %	
	bronches	0	0	0	0	0	
total (D)		0	0,4 %	0,2 %	0	0,6 %	
Total (I + D)		10,1 %	89,7 %	0,2 %	0	0,6 %	

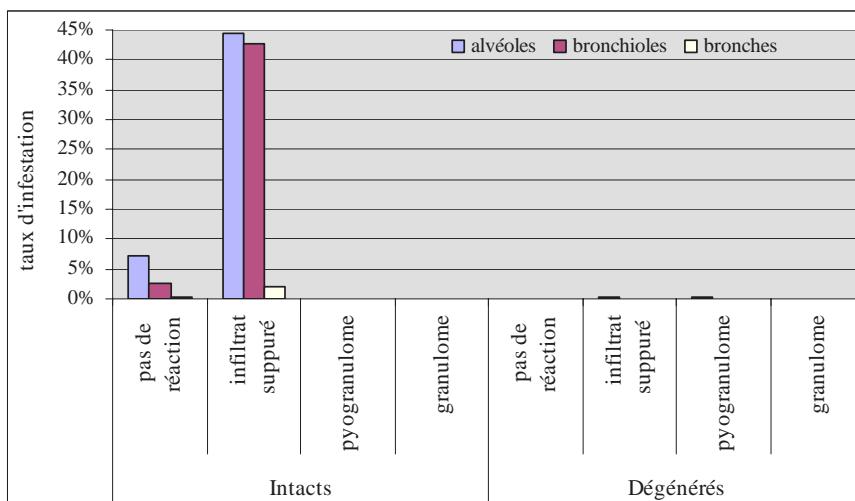


Figure 53: Infection par les larves: localisation pulmonaire et caractérisation de la réaction inflammatoire, en fonction de l'état des amas parasitaires larvaires

b) la localisation des nématodes dans les poumons

Les informations concernant la localisation pulmonaire, pour les différentes infections, furent disponibles pour les 100 bélugas autopsiés de l'étude dont les poumons ont été échantillonnés de façon systématique, par les méthodes SPM et DMV. Les valeurs rendant compte de la localisation géographique sont exprimées en pourcentages dans les tableaux n° 18, n° 19 et n° 20. Les chiffres sont calculés à partir du nombre d'amas parasitaires/cm² obtenus dans chaque situation d'infection.

Les taux d'infection par *Halocercus* sp. sont distribués de façon relativement équilibrée entre le poumon droit (53,2 % d'infection) et le poumon gauche (46,8 % d'infection). L'infection est localisée de façon assez égale entre les différentes parties des poumons: à droite, 19,4 % en tiers crânial, 15,4 % en tiers moyen et 18,4 % en tiers caudal; à gauche, 16,1 % en tiers crânial, 15,4 % en tiers moyen et 15,3 % en tiers caudal. En effectuant la somme des valeurs rencontrées dans les deux poumons droit et gauche, l'infection est répartie comme suit: 35,5 % en tiers crânial, 30,8 % en tiers moyen et 33,7 % en tiers caudal. L'étude statistique n'a montré aucune différence significative quant à la distribution des amas d'*Halocercus* sp./cm² en fonction de la localisation dans les poumons ($p=0,12$).

Tableau 18: Localisation pulmonaire de l'infection par le nématode du genre *Halocercus* sp.

	Crânia	Moyen	Caudal	Total
Poumon droit	19,4 %	15,4 %	18,4 %	53,2 %
Poumon gauche	16,1 %	15,4 %	15,3 %	46,8 %
Total	35,5 %	30,8 %	33,7 %	

⌘ Le déséquilibre dans les taux d'infection est très marqué pour *Stenurus* sp., avec 72,4 % de l'infection retrouvée localisée dans le poumon gauche et 27,6 % d'infection dans le poumon droit. Dans le poumon droit, l'infection par *Stenurus* sp. n'est localisée qu'au tiers moyen, avec le chiffre de 27,6 % d'infection. Dans le poumon gauche, nous retrouvons ces nématodes: 18,9 % d'infection en tiers crânial, 33,9 % en tiers moyen, 19,7 % en tiers caudal. En effectuant la somme des valeurs rencontrées dans les deux poumons droit et gauche, l'infection est répartie de la façon suivante: en majorité dans le tiers moyen avec 61,4 % d'infection, 18,9 % en tiers crânial, et 19,7 % en tiers caudal. L'étude histologique présente donc une différence dans la répartition des amas de *Stenurus* sp./cm² en fonction de la localisation dans les poumons. Mais l'étude statistique montre que cette différence n'est pas significative ($p=0,38$). Il faut toutefois noter la très petite taille de l'échantillon.

Tableau 19: Localisation pulmonaire de l'infection par le nématode du genre *Stenurus* sp.

	Crânial	Moyen	Caudal	Total
Poumon droit	0 %	27,6 %	0 %	27,6 %
Poumon gauche	18,9 %	33,9 %	19,7 %	72,4 %
Total	18,9 %	61,4 %	19,7 %	

⌘ En ce qui concerne l'infection par les larves, le poumon gauche est le plus atteint avec 54,5 % d'infection, contre 45,5 % d'infection pour le poumon droit. Les larves sont localisées de façon assez homogène. Le poumon droit présente 20,3 % d'infection dans le tiers crânial, 13,1 % dans le tiers moyen et 12 % dans le tiers caudal. Le poumon gauche est infecté de la façon suivante: à 18,5 % d'infection dans le tiers crânial, 17,9 % dans le tiers moyen, 18,1 % dans le tiers caudal. En effectuant la somme des valeurs rencontrées dans les deux poumons droit et gauche, l'infection est répartie de cette façon: 38,8 % en tiers crânial, 31,1 % en tiers moyen et 30,1 % en tiers caudal. Les statistiques n'ont indiqué aucune différence significative dans la localisation régionale des amas de larves/cm² ($p=0,48$).

Tableau 20: Localisation pulmonaire de l'infection par les larves

	Crânial	Moyen	Caudal	Total
Poumon droit	20,3 %	13,1 %	12,0 %	45,5 %
Poumon gauche	18,5 %	17,9 %	18,1 %	54,5 %
Total	38,8 %	31,1 %	30,1 %	

c) la répartition des parasites dans les différentes sections de tissu pulmonaire échantillonnés

Parmi les 100 animaux dont l'échantillonnage a été réalisé de façon systématique, 81 cas sont décrits par la méthode SMP et 19 cas le sont par la méthode DMV. La localisation pulmonaire des différents amas parasitaires est précisée pour les trois infections possibles selon ces deux méthodes dans les tableaux n° 21, n° 22, n° 23.

Tableau 21: Répartition des amas d'*Halocercus* sp. adultes en fonction de la méthode d'échantillonnage: SMP ou DMV

Localisation pulmonaire	Proportion des parasites	Valeurs de p
S superficiel	35,9 %	
M moyen	34,4 %	p = 0,97
P profond	29,7 %	
D dorsal	35,9 %	
M moyen	32,8 %	p = 0,16
V ventral	31,3 %	

Quelle que soit la méthode d'échantillonnage SMP ou DMV, la répartition des amas d'*Halocercus* sp. semble être homogène dans le parenchyme pulmonaire. Avec la méthode SMP, 35,9 % des amas sont localisés en partie superficielle, 34,4 % en partie moyenne, et 29,7 % en partie profonde; avec la méthode DMV, les chiffres sont 35,9 % en partie dorsale, 32,8 % en partie moyenne et 31,3 % en partie ventrale.

Tableau 22: Répartition des amas de *Stenurus* sp. adultes en fonction de la méthode d'échantillonnage: SPM ou DMV

Localisation pulmonaire	Proportion des parasites	Valeurs de p
S superficiel	11,2 %	
M moyen	68,6 %	p = 0,08
P profond	20,2 %	
D dorsal	0 %	
M moyen	0 %	n trop petit
V ventral	100 %	

Même si les différences ne sont pas statistiquement significatives, les amas de *Stenurus* sp. adultes ne semblent pas répartis de façon homogène dans le tissu pulmonaire. Avec la méthode SMP: la majorité (68.6 %) des *Stenurus* sp. est observée dans la partie moyenne des poumons. Avec la méthode DMV, l'ensemble des *Stenurus* sp. se retrouve dans les sections ventrales.

Tableau 23: Répartition des amas de larves, en fonction de la méthode d'échantillonnage: SMP ou DMV

Localisation pulmonaire		Proportion des larves	Valeurs de p
S	superficiel	31,7 %	
M	moyen	30,9 %	p = 0,69
P	profond	37,4 %	
D	dorsal	34,5 %	
M	moyen	21,2 %	p = 0,10
V	ventral	44,3 %	

Les larves semblent être distribuées de façon homogène dans le parenchyme pulmonaire.

Les deux figures suivantes n° 54 et n° 55 présentent sous forme de graphiques la répartition des parasites observée à l'histologie des poumons, en fonction de la méthode de prélèvement utilisée.

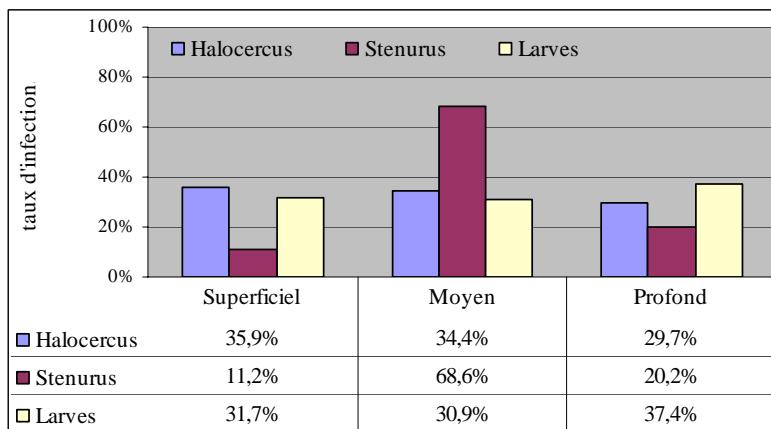


Figure 54: Localisation de l'infection dans les poumons: méthode d'échantillonnage SMP

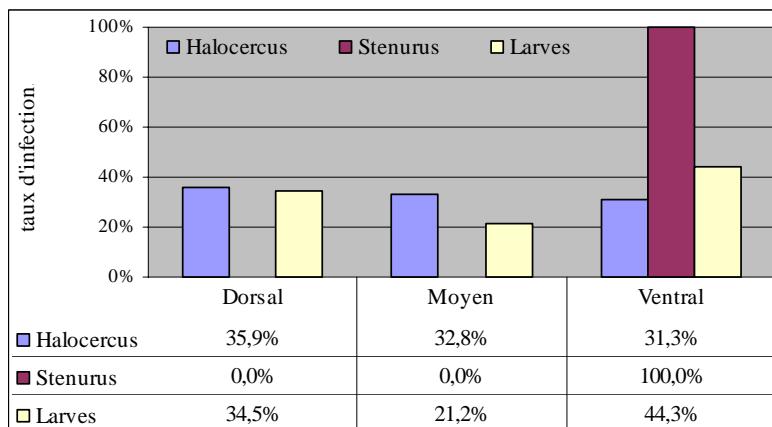


Figure 55: Localisation de l'infection dans les poumons: méthode d'échantillonnage DMV

Les tests statistiques effectués pour les différents cas d'infection nous montrent qu'il n'y a pas de différence significative dans la répartition des amas d'*Halocercus* sp./cm² en fonction de la profondeur de la localisation pulmonaire. En ce qui concerne *Stenurus* sp., les différences observées dans la répartition par profondeur des amas/cm² selon les deux méthodes d'échantillonnage ne sont pas significatives. Néanmoins, une tendance peut être remarquée, malgré le faible nombre d'individus infectés par *Stenurus* sp.. Nous retrouvons souvent les nématodes du genre *Stenurus* dans les grosses voies respiratoires qui sont plus profondes et plus ventrales. L'étude statistique montre qu'il n'y a pas de différence significative dans la répartition par profondeur des amas de larves/cm², quelle que soit la méthode de prélèvement.

C. Epidémiologie

1. Prévalence d'infection

La prévalence de l'infection est définie comme étant le rapport du nombre d'animaux infectés sur le nombre total d'animaux de l'étude, soit les 117 animaux. Il s'agit d'en établir une estimation à partir de l'examen histologique des lames de poumons. Les bélugas infectés sont ceux qui présentent au minimum un amas parasitaire à l'étude des lames histologiques de poumon. Nous avons dénombré 97 animaux qui étaient infectés par le nématode du genre *Halocercus*. La prévalence de l'infection par ce ver pulmonaire basée sur l'analyse histologique est donc de 97/117, soit de 82,9 %. Des nématodes du genre *Stenurus* ont été détectés à l'analyse microscopique des tissus que chez 8 individus, ce qui nous donne une prévalence apparente de 6,8 % (8/117). Si on tient compte de la description des nématodes pulmonaires des rapports de nécropsie, nous obtenons une prévalence de 20,4 %.

Commentaire [I2] : Les larves ne sont pas une espèce de parasite, pas besoin de donner la prévalence larve.

a) prévalence et répartition temporelle

A propos de la distribution temporelle des échouages correspondant aux bélugas autopsiés de l'étude, les graphiques suivants nous montrent la répartition des cas, en fonction des années depuis le début du programme de récupération des échouages pour les figures n° 56 et 57, et en fonction de la saison pour les figures n° 58 et 59.

❖ D'après la figure n° 56 et le tableau n° 24, la prévalence d'infection par *Halocercus* sp. en fonction des années diminue légèrement à partir de la valeur de 85,7 %, de façon un peu irrégulière, autour de la valeur de 80 % et termine à la valeur de 77,8 % en 1999-2003.

Tableau 24: Répartition de l'infection par *Halocercus* sp. en fonction des années de l'étude

Années d'étude	Nombre d'animaux infectés	Nombre d'animaux non infectés	Total	Prévalences
1983-1986	12	2	14	85,7 %
1987-1990	16	2	18	88,9 %
1991-1994	19	5	24	79,2 %
1995-1998	29	5	34	85,3 %
1999-2003	21	6	27	77,8 %

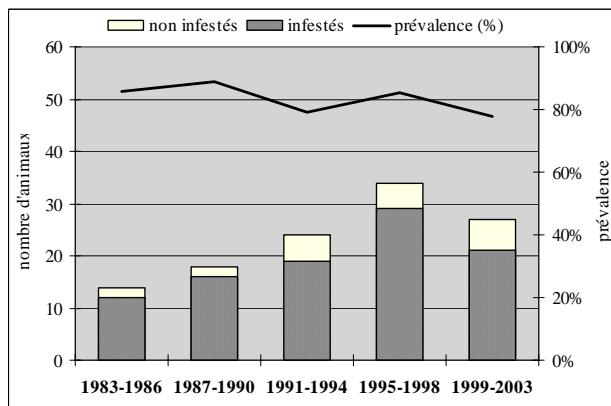


Figure 56: Répartition de l'infection par *Halocercus* sp. en fonction des années de l'étude ^{1 2}

¹ Les années de l'étude ont été regroupées en cinq périodes de quatre ans

Le graphique de la figure n° 57 et le tableau n° 25 présentent la prévalence d'infection par *Stenurus* sp. Ce taux est très bas, inférieur à 12 %, quelles que soient les années d'échouages, et atteint la valeur de 7,4 % en 1999-2003.

Tableau 25: Répartition de l'infection par *Stenurus* sp. en fonction des années de l'étude

Années d'étude	Nombre d'animaux infectés	Nombre d'animaux non infectés	Total	Prévalences
1983-1986	1	13	14	7,1 %
1987-1990	2	16	18	11,1 %
1991-1994	1	23	24	4,2 %
1995-1998	2	32	34	5,9 %
1999-2003	2	25	27	7,4 %

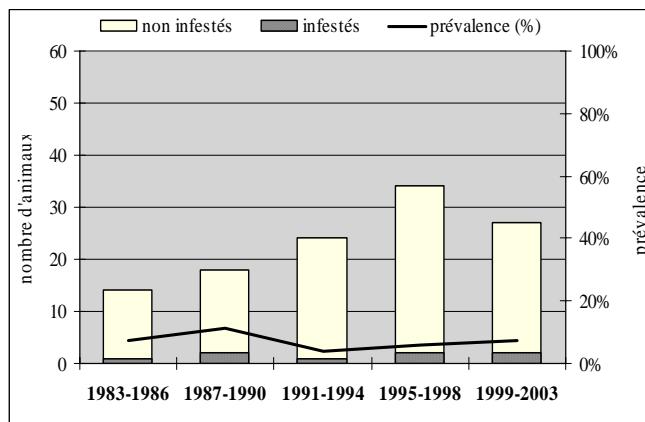


Figure 57: Répartition de l'infection par *Stenurus* sp. en fonction des années de l'étude

Les tests statistiques de régression logistique n'ont pas démontré d'association significative entre la prévalence et les années d'échouage, pour les deux possibilités d'infection envisagées.

❖ Beaucoup d'animaux sont infectés par le nématode du genre *Halocercus* sp. La prévalence est maximale au printemps avec un total de 24 animaux infectés sur 26 soit 92,3 %. Puis à la période de l'automne, 27 individus sur 33 ont été atteints soit un pourcentage également assez élevé de 81,8 %. A l'été, ne nombreux animaux ont été retrouvés mais le taux est un peu plus faible qu'au printemps et à l'automne avec 79,6 %. La saison hivernale correspond à la prévalence la plus basse avec 3 animaux sur 4 échoués en hiver soit un chiffre s'élevant à 75 %. Les résultats sont présentés dans le tableau n° 26 et le graphique n° 58.

Tableau 26: Répartition de l'infection par *Halocercus* sp. en fonction de la saison

Saisons d'étude	Nombre d'animaux infectés	Nombre d'animaux non infectés	Total	Prévalences
printemps	24	2	26	92,3 %
été	43	11	54	79,6 %
automne	27	6	33	81,8 %
hiver	3	1	4	75,0 %

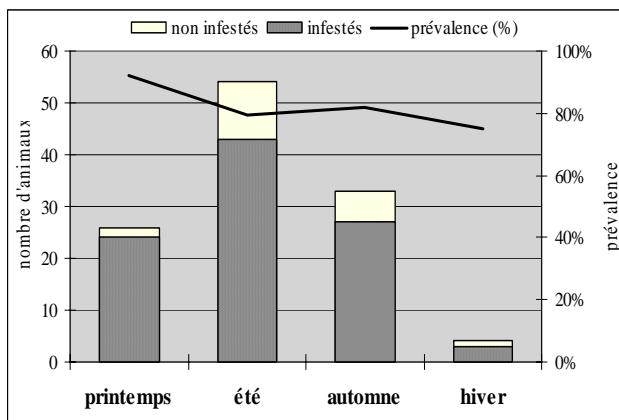


Figure 58: Répartition de l'infection par *Halocercus* sp. en fonction de la saison ^{2 1}

Un très faible nombre d'animaux sont infectés par *Stenurus* sp., comme le montre la figure n° 59. Les individus atteints sont retrouvés à la période d'été avec la prévalence la plus haute: 11,1 %, et en automne: 6,1 %. Les animaux échoués en hiver et au printemps n'étaient pas infectés par le nématode du genre *Stenurus* sp.

Tableau 27: Répartition de l'infection par *Stenurus* sp. en fonction de la saison

Saisons d'étude	Nombre d'animaux infectés	Nombre d'animaux non infectés	Total	Prévalences
printemps	0	26	26	0
été	6	48	54	11,1 %
automne	2	31	33	6,1 %
hiver	0	4	4	0

² les saisons ont été regroupées en quatre périodes de 3 mois: printemps (mars, avril, mai), été (juin, juillet, août), automne (septembre, octobre, novembre), et hiver (décembre, janvier, février).

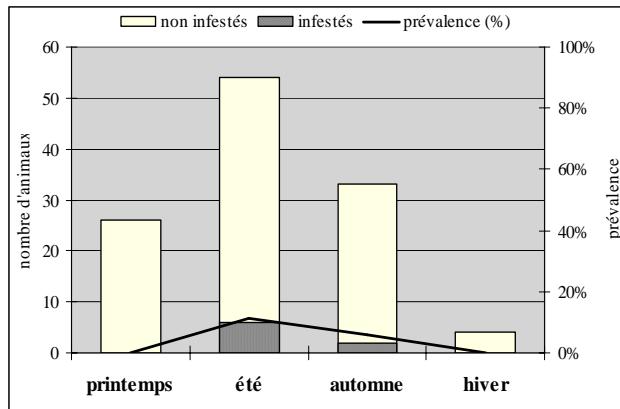


Figure 59: Répartition de l'infection par *Stenurus* sp. en fonction de la saison

Il n'a pas été prouvé de différence statistiquement significative entre la prévalence et les mois d'échouage.

b) prévalence et répartition par sexe

Les différentes infections peuvent être décrites en terme de sexe-ratio, à partir des prévalences obtenues. Sur les 97 animaux infectés par *Halocercus* sp., nous comptons 52 mâles soit 88,1 % des mâles de l'étude, 44 femelles soit 77,2 % des femelles de l'étude, et l'individu hermaphrodite. Pour l'infection par *Stenurus* sp., la population des infectés compte 2 mâles soit 3,4 % des mâles, et 6 femelles soit 10,5 % des femelles de l'étude. Les résultats sont illustrés en figure n° 60 et dans le tableau n° 28.

Tableau 28: Proportions d'animaux infectés par *Halocercus* sp., *Stenurus* sp., en fonction du sexe, et présentation des prévalences d'infection

	Sexe	Nombre d'animaux infectés	Nombre d'animaux non infectés	Total	Prévalences
<i>Halocercus</i> sp.	mâles	52	7	59	88,1 %
	femelles	44	13	57	77,2 %
<i>Stenurus</i> sp.	mâles	2	57	59	3,4 %
	femelles	6	51	57	10,5 %

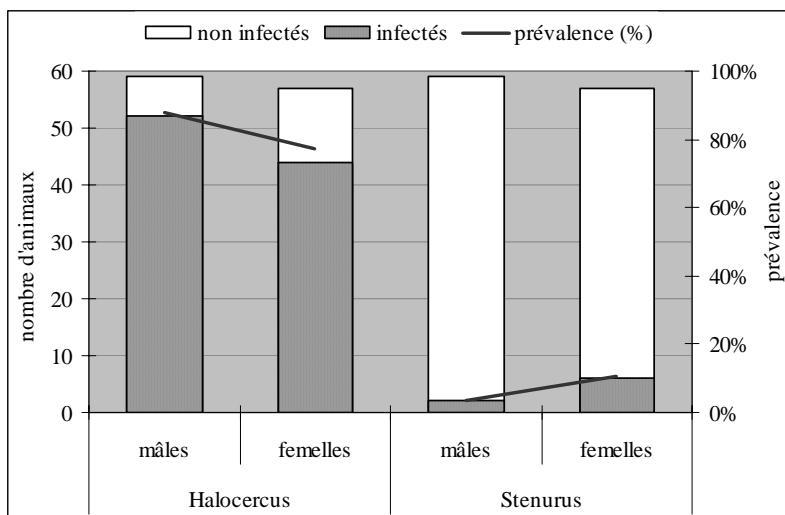


Figure 60: Proportions d'animaux infectés par *Halocercus* sp., *Stenurus* sp., en fonction du sexe, et présentation des prévalences d'infection

D'après l'étude statistique, la probabilité d'être infecté par *Halocercus* sp. varie en fonction du sexe, le risque étant plus élevé par un facteur de 5,4 chez les mâles que chez les femelles ($p=0,04$). Pour l'infection par *Stenurus* sp., les différences observées ne sont pas statistiquement significatives ($p>0,05$).

c) prévalence et répartition par âge

Pour la population de bélugas étudiée, il est également intéressant de décrire l'infection parasitaire en fonction des catégories d'âge des animaux et de leur statut de maturité sexuelle.

Catégories d'âge: tableaux n° 29-30 et figures n° 61-62

❖ Au sujet de l'infection par *Halocercus* sp., la classe d'âge la plus touchée est celle des jeunes adultes âgés de 6 à 17 ans, avec 24 animaux infectés, soit 96 % de l'effectif de cette catégorie, qui représente la prévalence maximale. La prévalence est également assez élevé pour les classes d'âge correspondant aux adultes âgés avec 27 animaux infectés soit 87,1 % d'infection, aux adultes âgés de 17 à 22 ans avec 26 animaux infectés soit 86,7 % d'infection, et aux juvéniles avec 12 animaux infectés soit 85,7 % d'infection. Seuls les nouveau-nés ou jeunes de l'année présentent un taux d'infection au plus bas avec 3 animaux infectés sur 10, soit 30 % de l'effectif. La prévalence est relativement basse chez les jeunes de l'année et augmente rapidement pour atteindre des valeurs supérieures à 80 % chez les juvéniles, et les adultes âgés de 6 à plus de 22 ans.

Tableau 29: Proportion des animaux infectés par *Halocercus* sp. par catégories d'âge et prévalence de l'infection

	Jeunes de l'année < 1 an	Juvéniles 1 à 6 ans	Adultes		
			6 à 17 ans (bornes exclues)	17 à 22 ans	> 22 ans
Nombre d'animaux infectés	3	12	24	26	27
Nombre d'animaux non infectés	7	2	1	4	4
Total	10	14	25	30	31
Prévalences	30,0 %	86,0 %	96,0 %	87,0 %	87,0 %

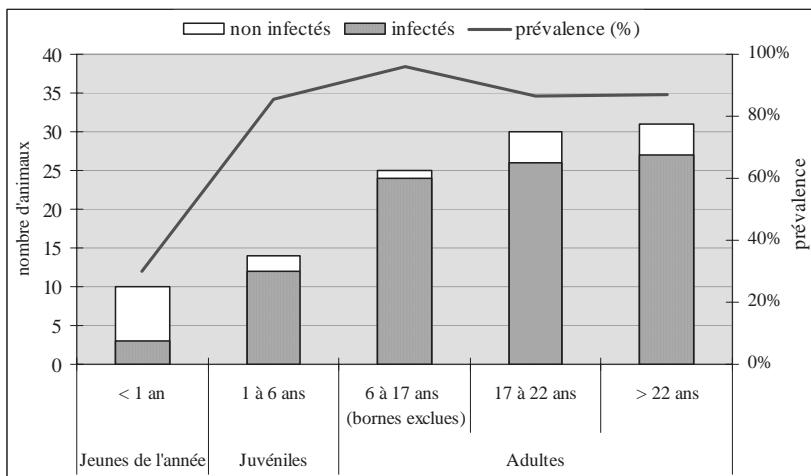


Figure 61: Proportion des animaux infectés par *Halocercus* sp. par catégories d'âge et prévalence de l'infection

Presque tous les cas d'*Halocercus* sp. (89 sur 92) étaient présents chez les individus juvéniles et adultes. Quelques rares cas d'infection par *Halocercus* sp. sont rencontrés chez les jeunes de l'année. Les tests statistiques indiquent une association significative ($p<0,0001$) entre la prévalence et la catégorie d'âge (jeunes de l'année versus les autres individus, non jeunes de l'année).

❖ Dans le cas des animaux infectés par *Stenurus* sp., les valeurs de prévalence sont assez basses, situées en-dessous des 15 %, très peu d'animaux sont atteints. La population des individus infectés comprend: 2 juvéniles soit 14,3 % de la population des juvéniles qui représente la prévalence la plus élevée, 2 jeunes adultes soit 8 % des adultes âgés de 6 à 17 ans, 1 adulte dont l'âge est compris entre 17 et 22 ans, soit 3,3 % des adultes de cette catégorie, et 2 adultes âgés de plus de 22 ans, soit 6,5 % des adultes âgés. La classe d'âge des nouveaux-nés, qui comprend aussi les jeunes de l'année, est totalement exempte d'infection.

Il n'a pas été montré d'association significative ($p>0,15$; valeur représentant le seuil des tests dans un modèle de régression logistique multiple) entre la prévalence et l'âge, autre que les jeunes de l'année.

Tableau 30: Proportion des animaux infectés par *Stenurus* sp. par catégories d'âge, et prévalence de l'infection

	Jeunes de l'année < 1 an	Juvéniles 1 à 6 ans	Adultes		
			6 à 17 ans (bornes exclues)	17 à 22 ans	> 22 ans
Nombre d'animaux infectés	0	2	2	1	2
Nombre d'animaux non infectés	10	12	23	29	29
Total	10	14	25	30	31
Prévalences	0	14,3 %	8,0 %	3,3 %	6,5 %

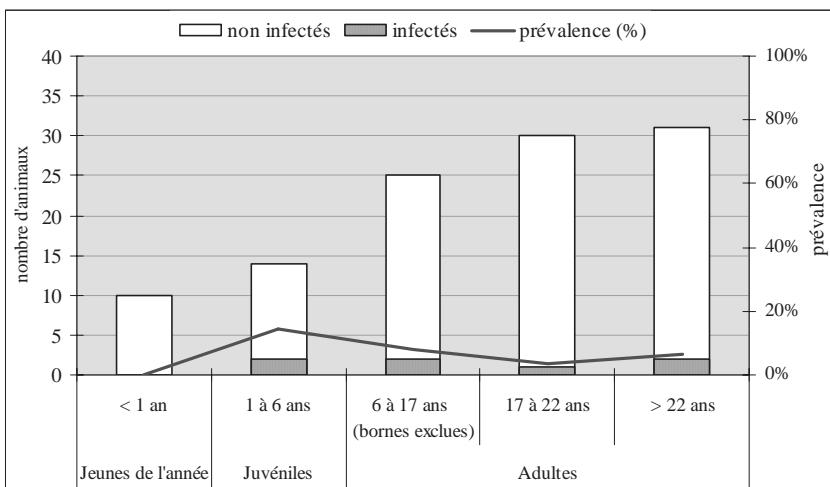


Figure 62: Proportion des animaux infectés par *Stenurus* sp. par catégories d'âge, et prévalence de l'infection

Statut de maturité sexuelle:

Les résultats d'infection en terme de maturité sexuelle sont relatés dans les tableaux n° 31 et n° 32. Etant donné le statut d'infection particulier des jeunes de l'année, trois catégories d'animaux sont présentées ici: les jeunes de moins de 1 an, les individus immatures âgés de 1 à 6 ans (bornes incluses) et les individus matures qui ont plus de 6 ans.

⌘ Les animaux matures sont les plus infectés par *Halocercus* sp. avec 95,6% de mâles matures infectés et 82,5 % de femelles matures infectées. La moyenne d'infection pour les animaux matures s'élève donc à 89,4 %.

Les animaux immatures sont très légèrement moins touchés par l'infection. Tous les mâles immatures sont infectés (5 sur 5 soit 100 %), et seulement 7 femelles immatures sont infectées sur 9 soit 77,8 %. Au total 12 animaux immatures sont infectés sur 14, c'est-à-dire 85,7 % des individus immatures.

Tableau 31: Répartition de l'infection par *Halocercus* sp., par sexe, parmi les groupes d'animaux matures et immatures

		Animaux infectés	Animaux non infectés	Total	% d'infection
Jeunes de l'année (<1 an)	mâles	2	4	6	33,3%
	femelles	1	3	4	25,0%
	total des animaux de moins de 1 an	3	7	10	30,0%
Animaux immatures (1 à 6 ans inclus)	mâles	5	0	5	100%
	femelles	7	2	9	77,8%
	total des animaux immatures	12	2	14	85,7%
Animaux matures (> 6 ans)	mâles	43	2	45	95,6%
	femelles	33	7	40	82,5%
	total des animaux matures	76	9	85	89,4%
Total des animaux		91	18	109	83,5%

⌘ Les taux d'infection par le nématode du genre *Stenurus* sont assez bas, pour les animaux matures comme pour les immatures.

Nous dénombrons 2 individus immatures infectés sur 14, ce qui représente 14,3 % de la population des immatures, avec une répartition non égale entre les mâles et les femelles: 1 individu de chaque sexe sur respectivement 5 et 9 individus, soit 20 % des mâles et 11,1 % des femelles immatures.

Seul 1 mâle mature sur 45 est infecté par *Stenurus* sp. soit 2,2 % des mâles matures, et 4 femelles matures sont atteintes sur un total de 40, soit 10 % de l'effectif des femelles matures. Le pourcentage moyen d'infection pour les animaux matures est donc de 5,9 %.

Tableau 32: Répartition de l'infection par *Stenurus* sp., par sexe, parmi les groupes d'animaux matures et immatures

		Animaux infectés	Animaux non infectés	Total	% d'infection
Jeunes de l'année (<1 an)	mâles	0	6	6	0
	femelles	0	4	4	0
	total des animaux de moins de 1 an	0	10	10	0
Animaux immatures (1 à 6 ans inclus)	mâles	1	4	5	20,0%
	femelles	1	8	9	11,1%
	total des animaux immatures	2	12	14	14,3%
Animaux matures (> 6 ans)	mâles	1	44	45	2,2%
	femelles	4	36	40	10,0%
	total des animaux matures	5	80	85	5,9%
Total des animaux		7	102	109	6,4%

d) prévalence et indices corporels

⌘ infection par *Halocercus* sp.:

Les figures n° 63 à 66 présentent la répartition des différents indices corporels chez les individus infectés et non infectés par *Halocercus* sp.

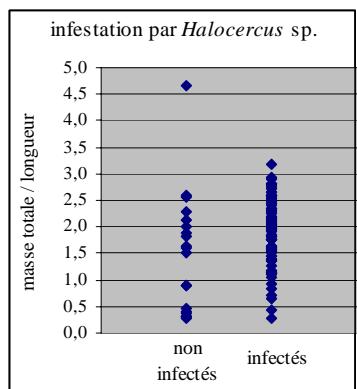


Figure 63: Infection par *Halocercus* sp. et indice de masse totale des individus

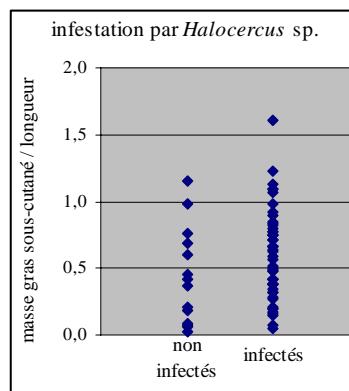


Figure 64: Infection par *Halocercus* sp. et indice de masse du tissu adipeux sous-cutané des individus

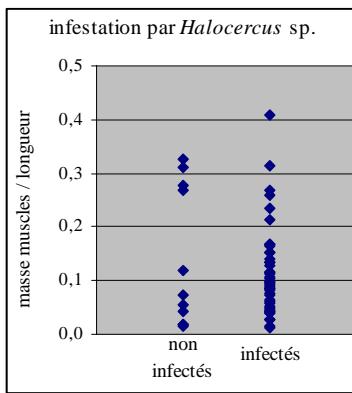


Figure 65: Infection par *Halocercus* sp. et indice de masse des muscles épaxiaux des individus

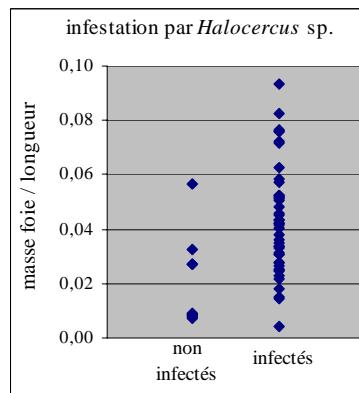


Figure 66: Infection par *Halocercus* sp. et indice de masse du foie des individus

Les indices corporels sont à proximativement répartis de la même façon chez les individus infectés et chez les non infectés, si l'on regarde les graphiques n° 63 à n° 66 ainsi que le tableau n° 33. Les individus infectés semblent avoir des indices de masse totale, de masse de tissu adipeux sous-cutané, et de masse de foie plus élevés que les individus non infectés.

Les différents indices corporels ont été testés dans un modèle de régression logistique. Il n'y a pas eu d'association statistiquement significative entre la prévalence d'infection par *Halocercus* sp. et les divers indices proposés.

Tableau 33: Etablissement des moyennes et médianes de chaque indice corporel chez les animaux non infectés et infectés par *Halocercus* sp.

		Masse totale / longueur	Masse tissu adipeux sous-cutané / longueur	Masse muscles épaxiaux / longueur	Masse foie / longueur
Animaux non infectés	moyenne	1,44	0,43	0,14	0,03
Animaux non infectés	médiane	1,55	0,39	0,07	0,02
Animaux infectés	moyenne	1,90	0,59	0,11	0,04
Animaux infectés	médiane	1,94	0,58	0,10	0,04

⌘ infection par *Stenurus* sp.:

Les figures n° 67 à 70 présentent la répartition des différents indices corporels chez les individus infectés et non infectés par *Stenurus* sp.

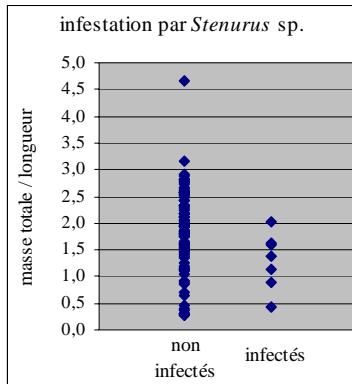


Figure 67: Infection par *Stenurus* sp. et indice de masse des individus

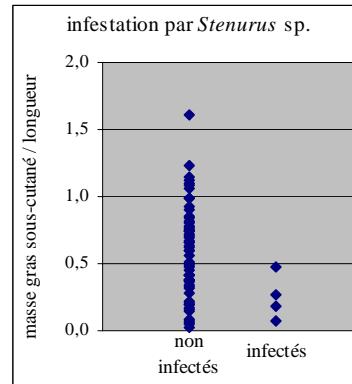


Figure 68: Infection par *Stenurus* sp. et indice de masse du tissu adipeux sous-cutané des individus

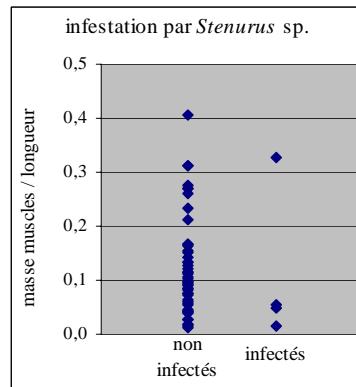


Figure 69: Infection par *Stenurus* sp. et indice de masse des muscles épaxiaux des individus

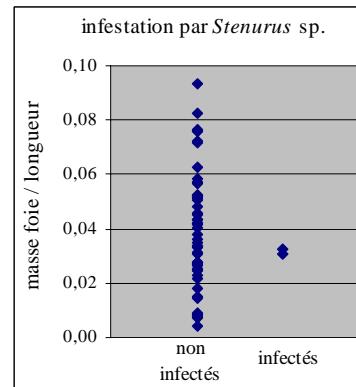


Figure 70: Infection par *Stenurus* sp. et indice de masse du foie des individus

Il y a très peu d'individus infectés (à l'observation histologique des poumons) par *Stenurus* sp. La répartition des différents indices corporels ne semble pas équivalente chez les infectés et les non infectés en ce qui concerne la masse totale, et la masse de tissu adipeux sous-cutané, qui paraissent plus basses chez les individus infectés.

Les divers indices, qui ont été testés dans un modèle de régression logistique, n'ont pas montré d'association statistiquement significative avec la prévalence d'infection par *Stenurus* sp., sauf pour la masse totale ($p = 0,017$) pour laquelle l'association est négative: les individus présentant un indice de masse totale faible ont une plus grande probabilité d'être infectés par *Stenurus* sp.

Tableau 34: Etablissement des moyennes et médianes de chaque indice corporel chez les animaux non infectés et infectés par *Stenurus* sp.

		Masse totale /longueur	Masse tissu adipeux sous-cutané /longueur	Masse muscles épaxiaux /longueur	Masse foie /longueur
Animaux non infectés	moyenne	1,85	0,58	0,12	0,04
	médiane	1,93	0,58	0,10	0,04
Animaux infectés	moyenne	1,30	0,25	0,11	0,03
	médiane	1,37	0,23	0,05	0,03

⌘ infection par les larves:

Les figures n° 71 à 74 présentent la répartition des différents indices corporels chez les individus infectés et non infectés par les larves.

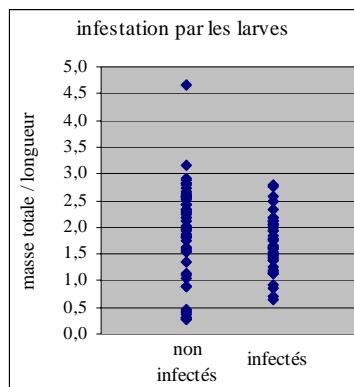


Figure 71: Infection par les larves et indice de masse des individus

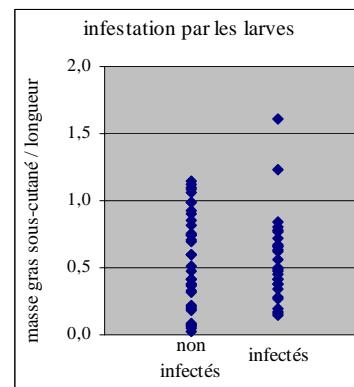


Figure 72: Infection par les larves et indice de masse du tissu adipeux sous-cutané des individus

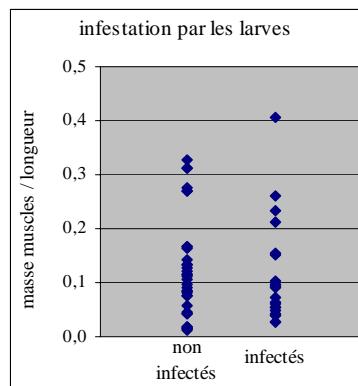


Figure 73: Infection par les larves et indice de masse des muscles épaxiaux des individus

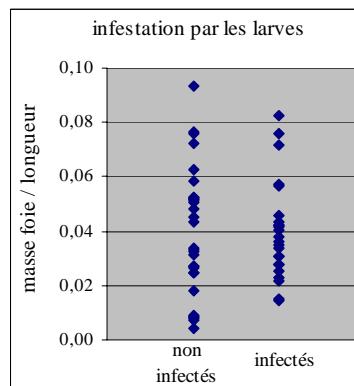


Figure 74: Infection par les larves et indice de masse du foie des individus

Les indices corporels sont à proximativement répartis de la même façon chez les individus infectés et chez les non infectés par les larves, sauf pour l'indice de masse totale qui semble plus bas chez les animaux infectés.

Les différents indices corporels ont été testés dans un modèle de régression logistique. Il n'y a pas eu d'association statistiquement significative entre la prévalence d'infection par les larves et les divers indices proposés, autre qu'une association négative concernant la masse totale ($p = 0,005$). Cela indique que la probabilité d'être infecté par les larves varie en fonction de la masse. La probabilité est moindre chez les individus plus gros.

Tableau 35: Etablissement des moyennes et médianes de chaque indice corporel chez les animaux non infectés et infectés par les larves

		Masses totales / longueur	Masses tissu adipeux sous-cutané / longueur	Masses muscles épaxiaux / longueur	Masses foie / longueur
Animaux non infectés	moyenne	1,90	0,56	0,12	0,04
	médiane	2,02	0,55	0,11	0,04
Animaux infectés	moyenne	1,69	0,56	0,11	0,04
	médiane	1,63	0,50	0,07	0,04

2. Sévérité de l'infection

Dans l'étude épidémiologique, la prévalence utilisée pour la présentation des résultats ne rend pas compte de la sévérité de l'infection. Il est intéressant de développer cet aspect ayant trait aux niveaux d'infection.

a) *Détermination d'indices de niveaux d'infection*

Les données d'infection pour chaque lame histologique sont présentées sous la forme suivante: nombre d'amas de parasites/cm². Afin d'évaluer le niveau et la sévérité d'infection des animaux, nous proposons deux indices:

⌘ le premier des deux indices du niveau d'infection est la somme de tous les amas de parasites adultes de chacune des deux espèces de nématodes et de larves, par unité de surface

⌘ le deuxième indice est quant à lui associé à l'observation d'une réaction inflammatoire. Il est la somme de tous les amas de parasites comprenant les adultes et les larves, par unité de surface, et causant de l'inflammation.

Les valeurs des indices de niveaux d'infection par *Halocercus* sp., *Stenurus* sp. et les larves sont donnés en annexe n° 8.

b) Evaluation de la présence de facteurs prédisposants

Plusieurs variables sont étudiées et mises en relation, sous forme de graphiques, avec les indices de niveau d'infection des animaux. Il s'agit du sexe, de l'âge, de la variation saisonnière, de la variation temporelle évaluée en années, et de la méthodologie c'est-à-dire le type d'échantillonnage utilisé. Le tableau n° 36 présente les moyennes et médianes des différentes sommes d'amas parasitaires par unité de surface, en fonction de ces facteurs prédisposants.

⌘ infection par *Halocercus* sp. (figures n° 75 à 82):

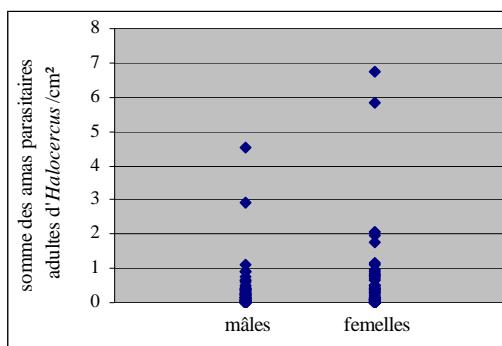


Figure 75: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. en fonction du sexe

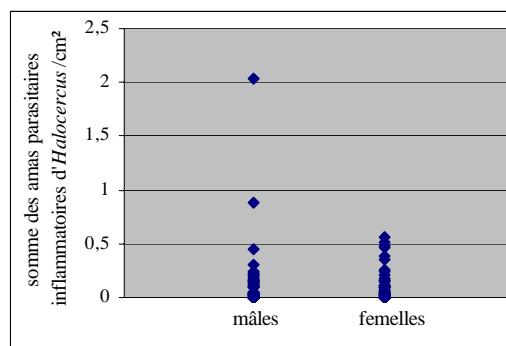


Figure 76: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. provoquant une inflammation, en fonction du sexe

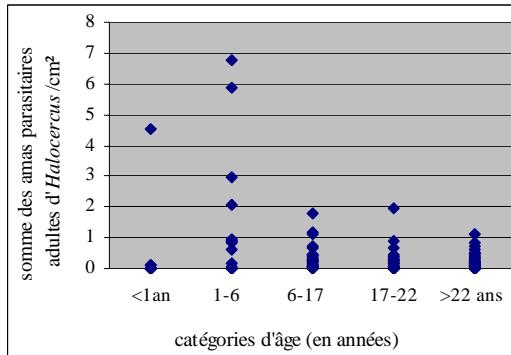


Figure 77: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. en fonction de la catégorie d'âge

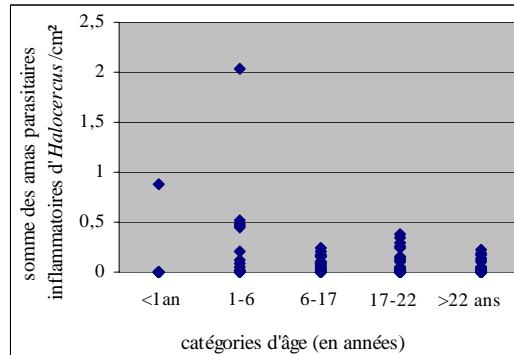


Figure 78: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. provoquant une inflammation, en fonction de la catégorie d'âge

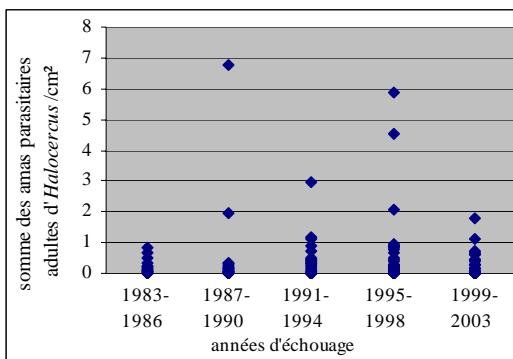


Figure 79: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. en fonction de l'année d'échouage

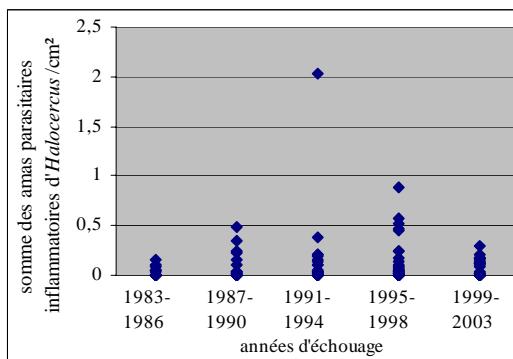


Figure 80: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. provoquant une inflammation, en fonction de l'année d'échouage

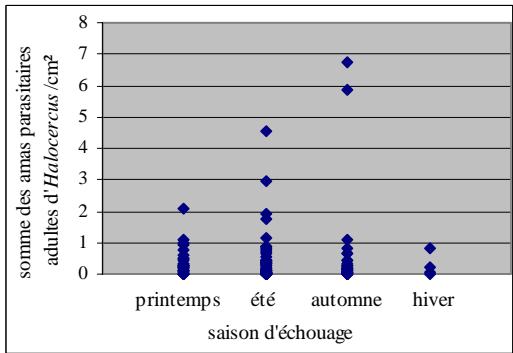


Figure 81: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. en fonction de la saison d'échouage

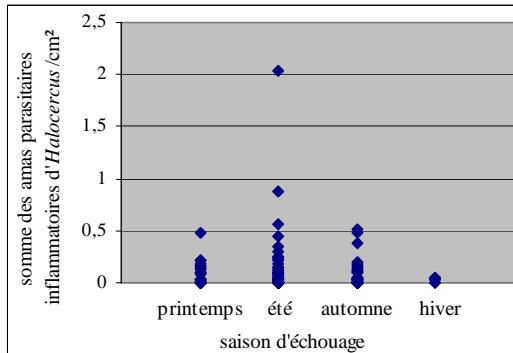


Figure 82: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. provoquant de l'inflammation, en fonction de la saison d'échouage

Aux vues des graphiques n° 75 à n° 82 et du tableau n° 36, les niveaux d'infection par *Halocercus* sp. en fonction des différents facteurs étudiés semblent montrer certaines tendances. Les femelles sont en moyenne plus infectées par les amas parasitaires adultes d'*Halocercus* sp. que les mâles de l'étude. L'inflammation semble être également répartie chez les individus des deux sexes. Les juvéniles, âgés de 1 à 6 ans, présentent des niveaux d'infection nettement plus élevés que les animaux appartenant aux autres catégories d'âge, y compris pour l'inflammation. Les trois catégories d'individus adultes montrent des taux d'infection en moyenne équivalents.

Le modèle de régression multiple indique que la probabilité que la somme des amas d'*Halocercus* sp. soit autre que 0 variait en fonction du mois ($p = 0.01$) et de l'âge ($p = 0.0002$). Le risque diminuait par un facteur de 0.88 par unité d'âge et était donc moindre chez les individus plus âgés. Le risque diminuait par un facteur de 0.244 (près de 4 fois moins) dans les six derniers mois de l'année par rapport aux six premiers mois.

⌘ infection par *Stenurus* sp. (figures n° 83 à 90):

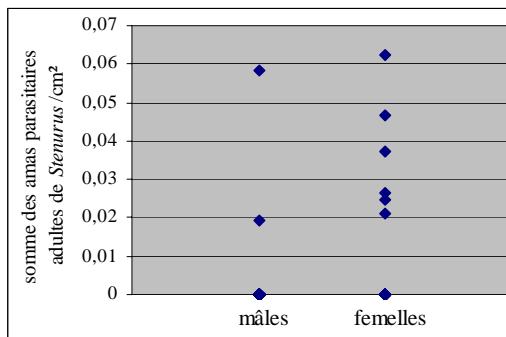


Figure 83: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. en fonction du sexe

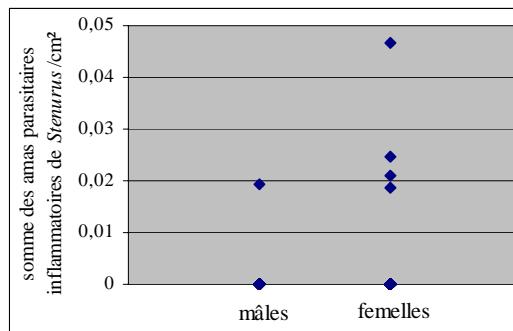


Figure 84: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. provoquant une inflammation, en fonction du sexe

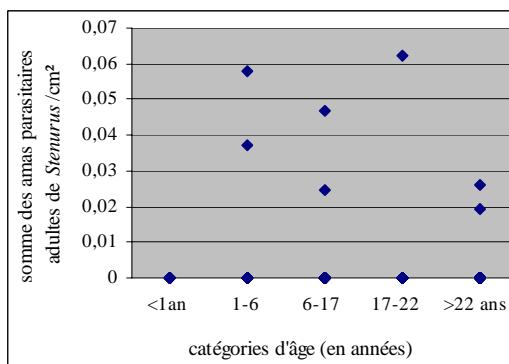


Figure 85: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. en fonction de la catégorie d'âge

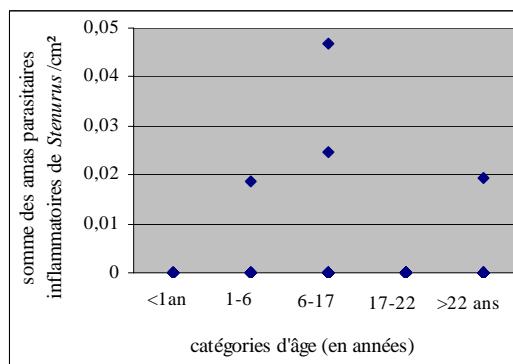


Figure 86: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. provoquant une inflammation, en fonction de la catégorie d'âge

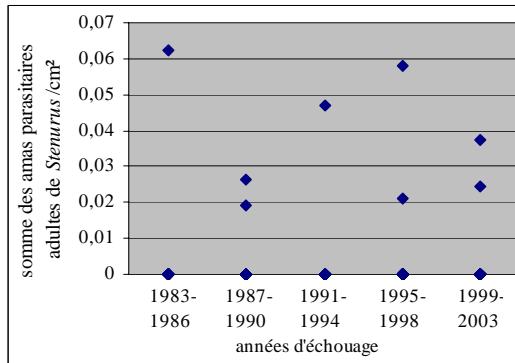


Figure 87: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. en fonction de l'année d'échouage

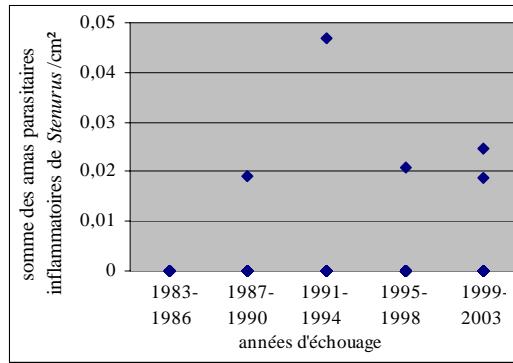


Figure 88: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. provoquant une inflammation, en fonction de l'année d'échouage

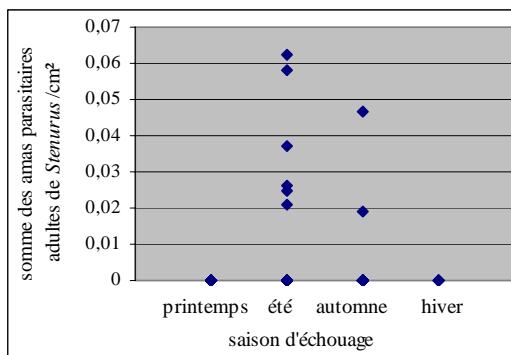


Figure 89: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. en fonction de la saison d'échouage

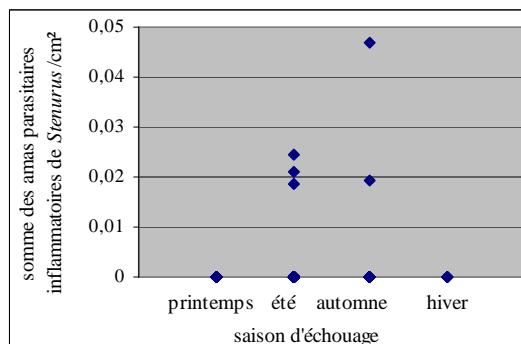


Figure 90: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. provoquant une inflammation, en fonction de la saison d'échouage

La prévalence d'infection par *Stenurus* sp. est faible (6,4 %). Les données relatives aux niveaux d'infection par *Stenurus* sp. n'étant pas très nombreuses, il est très difficile de voir apparaître certaines tendances pour les facteurs prédisposants proposés. Les niveaux d'infection sont globalement très bas. Les nombres sont donnés avec deux chiffres décimaux et les moyennes d'infection sont de 0,00, hormis pour les juvéniles qui présentent une valeur numérique moyenne de 0,01. Les médianes données dans le tableau n° 36 sont également centrées autour de cette même valeur.

Le modèle de régression multiple indique que la probabilité que la somme des amas de *Stenurus* sp. soit autre que 0 ne variait pas en fonction des facteurs étudiés.

※ infection par les larves (figures n° 91 à 98):

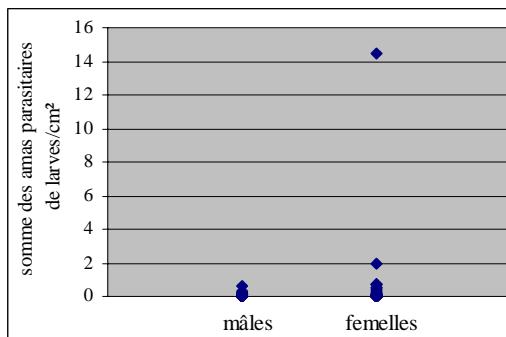


Figure 91: Niveaux d'infection par les larves en fonction du sexe

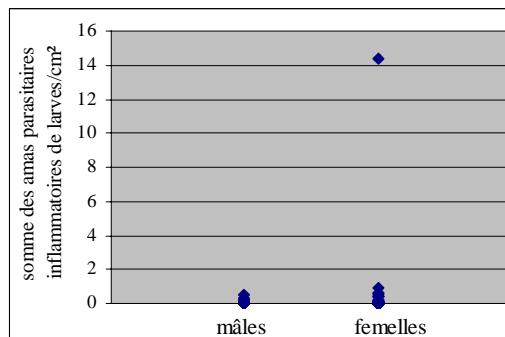


Figure 92: Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, en fonction du sexe

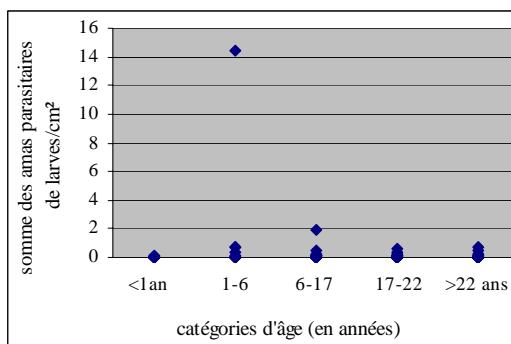


Figure 93: Niveaux d'infection par les larves en fonction de la catégorie d'âge

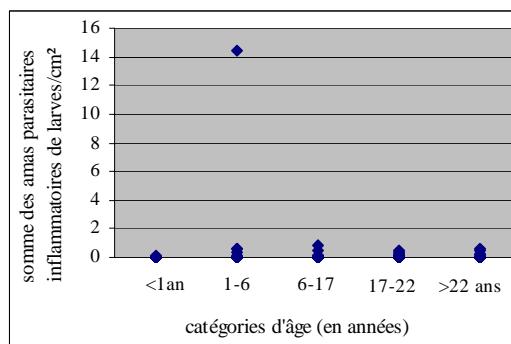


Figure 94: Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, en fonction de la catégorie d'âge

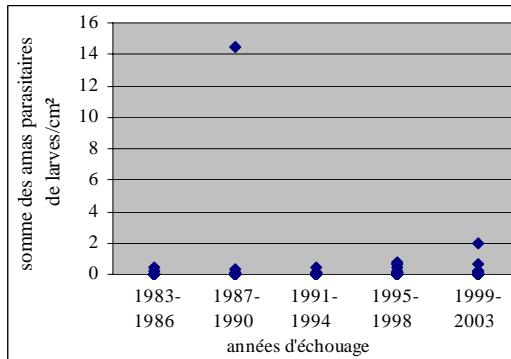


Figure 95: Niveaux d'infection par les larves en fonction de l'année d'échouage

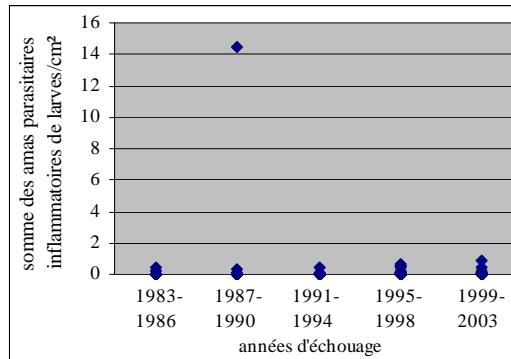


Figure 96: Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, en fonction de l'année d'échouage

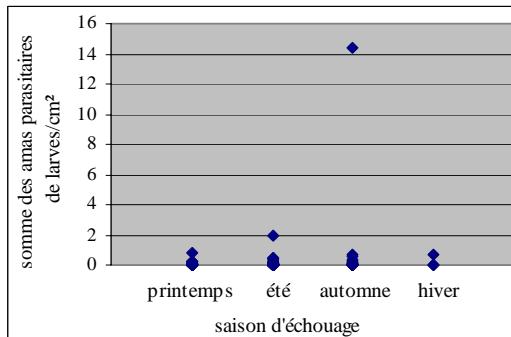


Figure 97: Niveaux d'infection par les larves en fonction de la saison d'échouage

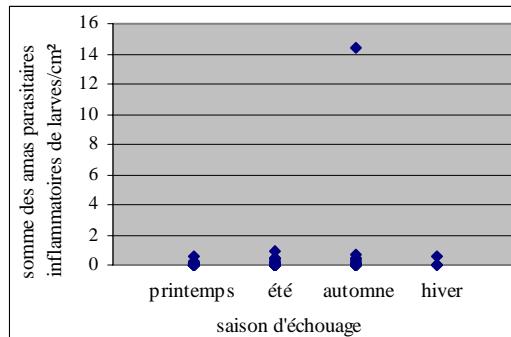


Figure 98: Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, en fonction de la saison d'échouage

Les niveaux d'infection par les larves sont relativement bas. Certaines tendances sont suggérées. Les données relatives aux amas parasitaires larvaires avec inflammation sont très proches de celles des amas parasitaires larvaires totaux. Les femelles de l'étude montrent des niveaux d'infection beaucoup plus élevés que les mâles. Les juvéniles sont plus infectés par les larves que les animaux des autres catégories d'âge. En ce qui concerne la répartition temporelle saisonnière de l'infection, les niveaux sont en moyenne plus élevés pour les animaux retrouvés échoués à l'automne puis en hiver, par rapport au printemps et à l'été.

Le modèle de régression multiple indique que la probabilité que la somme des amas de larves soit autre que 0 ne variait pas en fonction des facteurs étudiés.

Tableau 36: Etablissement des moyennes et médianes des différentes sommes d'amas parasitaires par unité de surface, en fonction de chaque facteur prédisposant

		Somme amas parasitaires adultes <i>Halocercus</i> sp. / cm ²	Somme amas parasitaires inflammation <i>Halocercus</i> sp. / cm ²	Somme amas parasitaires larves / cm ²	Somme amas parasitaires inflammation larves / cm ²	Somme amas parasitaires adultes <i>Stenurus</i> sp. / cm ²	Somme amas parasitaires inflammation <i>Stenurus</i> sp. / cm ²
Sexe	mâles	moyenne 0,36	0,12	0,04	0,03	0,00	0,00
		médiane 0,16	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
	femelles	moyenne 0,58	0,10	0,38	0,34	0,00	0,00
		médiane 0,15	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Catégories d'âge	jeunes de l'année	moyenne 0,47	0,09	0,01	0,01	0,00	0,00
		médiane 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	juvéniles	moyenne 1,58	0,32	1,18	1,16	0,01	0,00
		médiane 0,87	0,10	0,03	0,03	0,00	0,00
	jeunes adultes	moyenne 0,38	0,08	0,13	0,07	0,00	0,00
		médiane 0,26	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00
	adultes	moyenne 0,25	0,08	0,06	0,05	0,00	0,00
		médiane 0,15	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
	adultes âgés	moyenne 0,27	0,05	0,05	0,04	0,00	0,00
		médiane 0,20	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Années d'échouage	1983-1986	moyenne 0,23	0,03	0,05	0,05	0,00	0,00
		médiane 0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1987-1990	moyenne 0,60	0,09	0,83	0,83	0,00	0,00
		médiane 0,14	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
	1991-1994	moyenne 0,44	0,16	0,04	0,03	0,00	0,00
		médiane 0,30	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
	1995-1998	moyenne 0,62	0,13	0,11	0,09	0,00	0,00
		médiane 0,22	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
	1999-2003	moyenne 0,31	0,08	0,12	0,07	0,00	0,00
		médiane 0,16	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Saisons d'échouage	printemps	moyenne 0,40	0,09	0,07	0,05	0,00	0,00
		médiane 0,26	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00
	été	moyenne 0,43	0,13	0,08	0,05	0,00	0,00
		médiane 0,14	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
	automne	moyenne 0,60	0,09	0,51	0,50	0,00	0,00
		médiane 0,15	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
	hiver	moyenne 0,26	0,03	0,18	0,14	0,00	0,00
		médiane 0,12	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
Méthodes d'échantillonnage	SMP	moyenne 0,55	0,13	0,27	0,24	0,00	0,00
		médiane 0,20	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
	DMV	moyenne 0,25	0,07	0,07	0,05	0,00	0,00
		médiane 0,15	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00

c) Corrélation avec les indicateurs de l'état de chair de l'animal

Les différentes variables, indicatrices de l'état de chair de l'animal, sont les suivantes: masse totale, masse de tissu adipeux sous-cutané, masse des muscles épaxiaux, masse du foie. Il est intéressant de voir si l'intensité de l'infection des bélugas de l'étude est corrélée avec les indicateurs de l'état de chair des animaux.

Les données sont représentées graphiquement des figures n° 99 à n° 106 pour l'infection par *Halocercus* sp., des figures n° 107 à n° 114 pour l'infection par *Stenurus* sp., et des figures n° 115 à n° 122 pour l'infection par les larves.

⌘ Infection par *Halocercus* sp. :

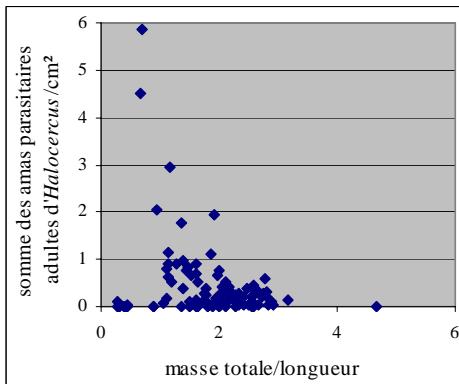


Figure 99: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. et indice de masse totale des individus

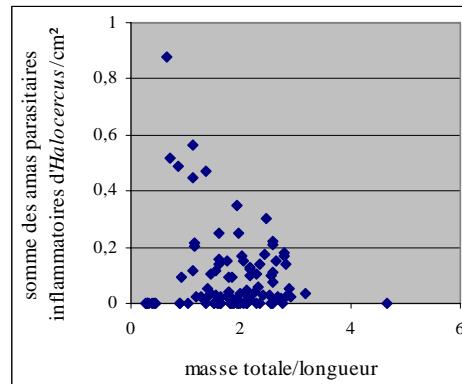


Figure 100: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. provoquant une inflammation, et indice de masse totale des individus

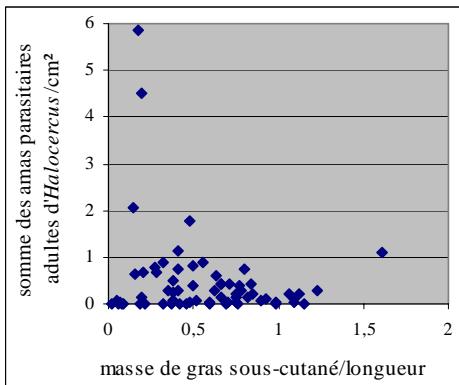


Figure 101: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. et indice de masse de tissu adipeux sous-cutané des individus

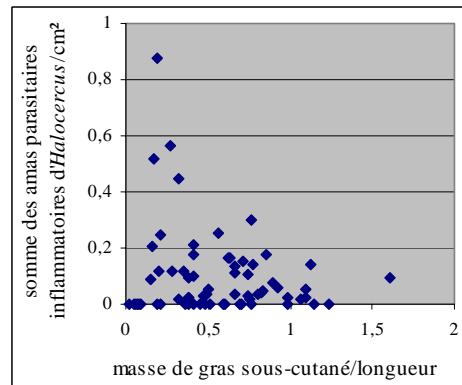


Figure 102: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. provoquant une inflammation, et indice de masse de tissu adipeux sous-cutané des individus

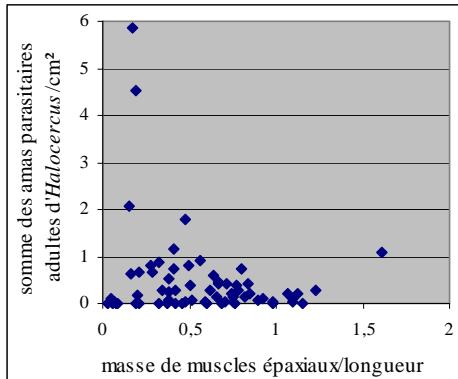


Figure 103: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. et indice de masse des muscles épaxiaux des individus

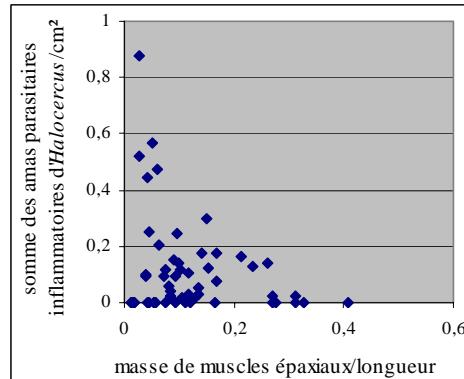


Figure 104: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. provoquant une inflammation, et indice de masse des muscles épaxiaux des individus

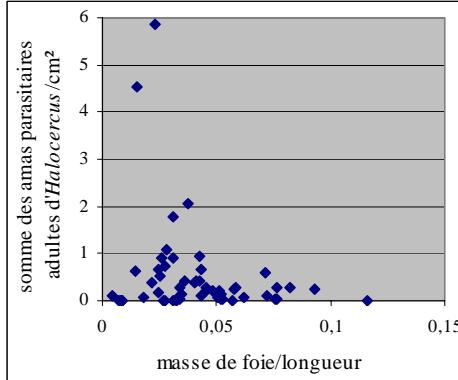


Figure 105: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. et indice de masse du foie des individus

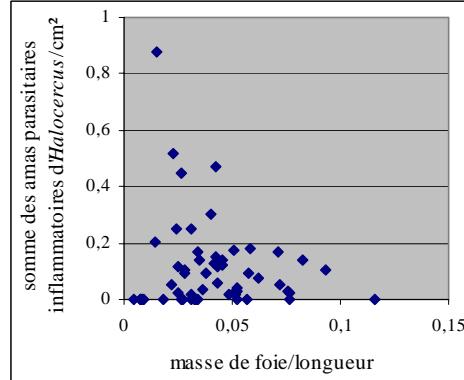


Figure 106: Niveaux d'infection par *Halocercus* sp. provoquant une inflammation, et indice de masse du foie des individus

La régression logistique a été utilisée pour évaluer la relation entre la somme des amas d'*Halocercus* sp. et les différents indices corporels. Les résultats sont présentés dans le tableau n° 37. Une association négative existe entre la sévérité de l'infection par *Halocercus* sp. et les ratios: muscles épaxiaux/longueur, foie/longueur, et masse totale/longueur.

Tableau 37: Association entre la somme des amas d'*Halocercus* sp. (totaux et associés à une réaction inflammatoire) et les différents indices corporels

Indices corporels	Amas d' <i>Halocercus</i> sp. association (valeur de p)	
	totaux	avec inflammation
masse totale / long (kg/cm)	négative (p = 0,007)	(p = 0,93)
tissu adipeux / long (kg/cm)	(p = 0,34)	(p = 0,93)
muscles épaxiaux / long (kg/cm)	négative (p = 0,004)	(p = 0,09)
foie / long (g/cm)	négative (p = 0,004)	(p = 0,26)

⌘ Infection par *Stenurus* sp. :

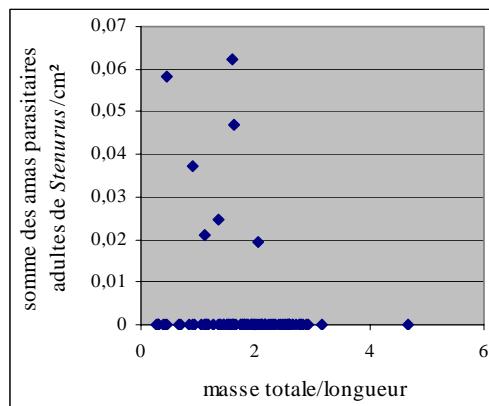


Figure 107: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. et indice de masse totale des individus

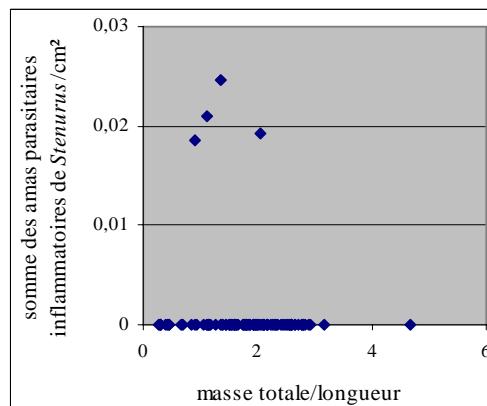


Figure 108: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. provoquant une inflammation, et indice de masse totale des individus

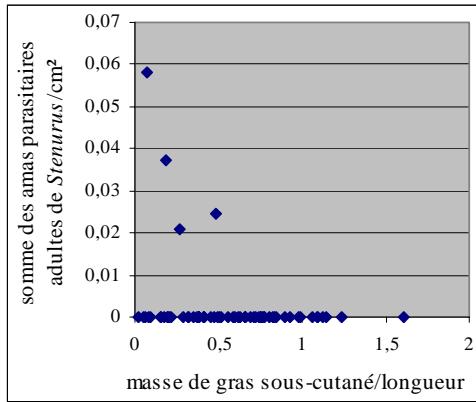


Figure 109: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. et indice de masse de tissu adipeux sous-cutané des individus

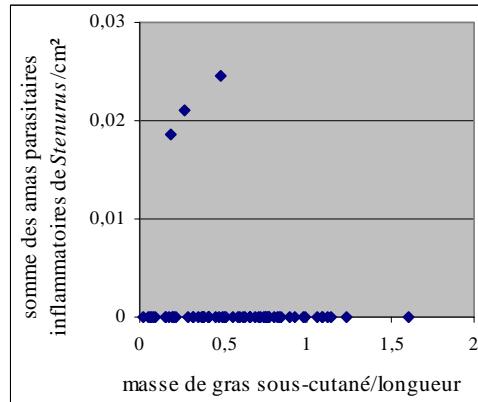


Figure 110: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. provoquant une inflammation, et indice de masse de tissu adipeux sous-cutané des individus

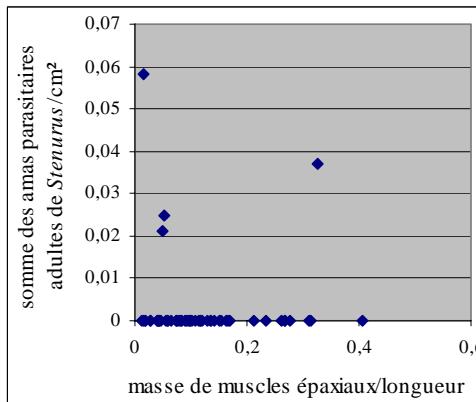


Figure 111: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. et indice de masse des muscles épaxiaux des individus

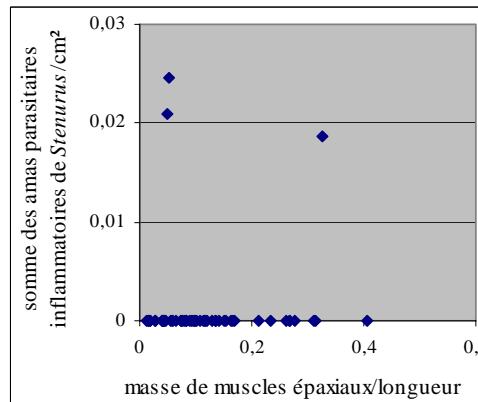


Figure 112: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. provoquant une inflammation, et indice de masse des muscles épaxiaux des individus

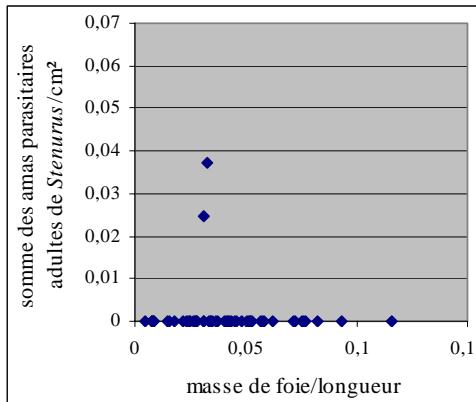


Figure 113: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. et indice de masse du foie des individus

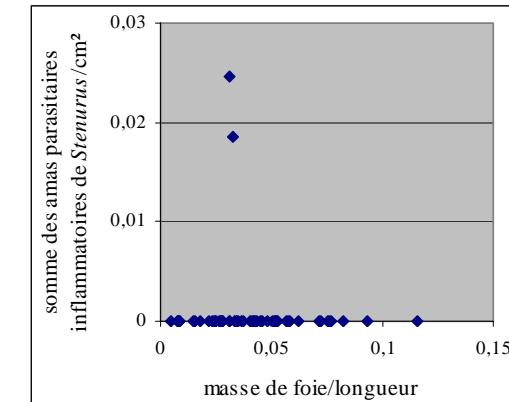


Figure 114: Niveaux d'infection par *Stenurus* sp. provoquant une inflammation, et indice de masse du foie des individus

La régression logistique a été utilisée pour évaluer la relation entre la somme des amas de *Stenurus* sp. et les différents indices corporels. Les résultats sont présentés dans le tableau n° 38. Une association négative existe entre la sévérité d'infection par *Stenurus* sp. et l'indice de masse totale.

Tableau 38: Association entre la somme des amas de *Stenurus* sp. (totaux et associés à une réaction inflammatoire) et les différents indices corporels.

Indices corporels	Amas de <i>Stenurus</i> sp. association (valeur de p)	
	totaux	avec inflammation
masse totale / long (kg/cm)	négative (p = 0,017)	(p = 0,13)
tissu adipeux / long (kg/cm)	(p = 0,067)	(p = 0,22)
muscle / long (kg/cm)	(p = 0,96)	(p = 0,35)
foie / long (g/cm)	(p = 0,31)	(p = 0,31)

⌘ Infection par les larves :

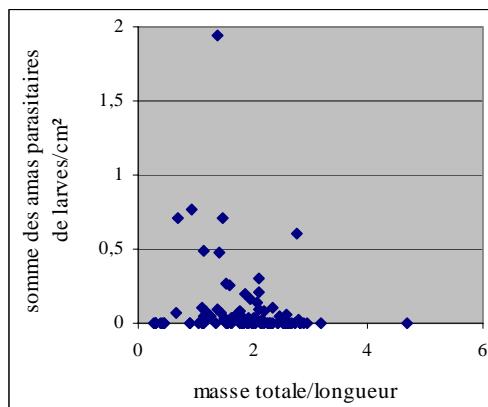


Figure 115: Niveaux d'infection par les larves et indice de masse totale des individus

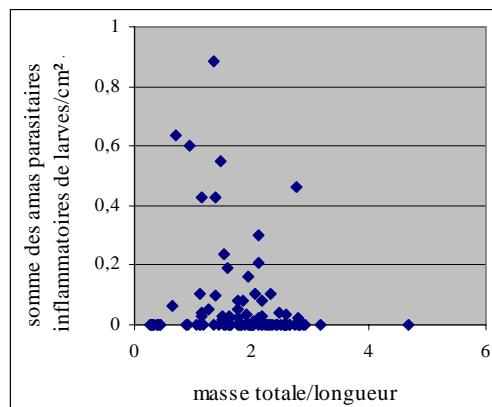


Figure 116: Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, et indice de masse totale des individus

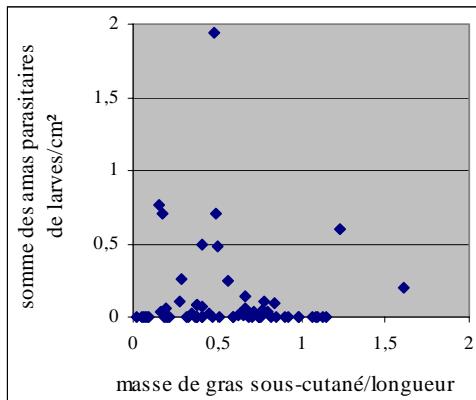


Figure 117: Niveaux d'infection par les larves et indice de masse de tissu adipeux sous-cutané des individus

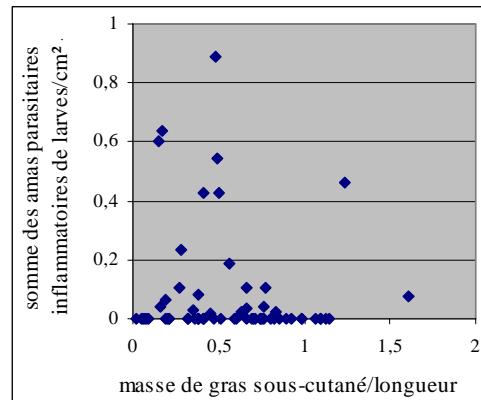


Figure 118: Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, et indice de masse de tissu adipeux sous-cutané des individus

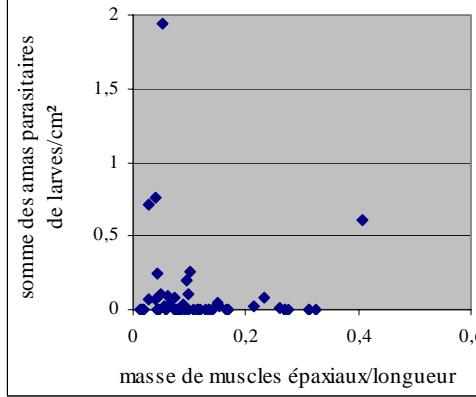


Figure 119: Niveaux d'infection par les larves et indice de masse des muscles épaxiaux des individus

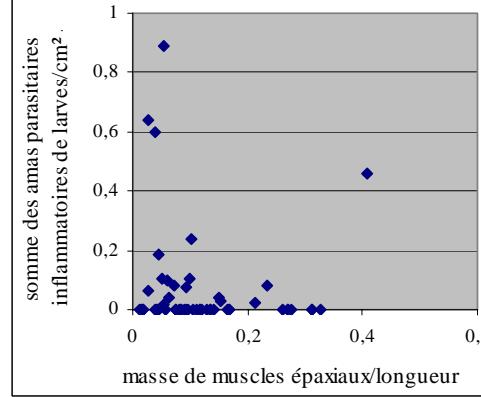


Figure 120: Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, et indice de masse des muscles épaxiaux des individus

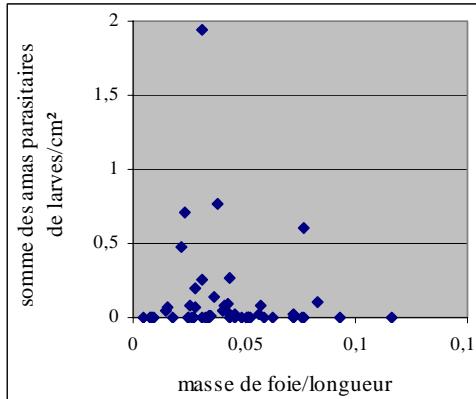


Figure 121: Niveaux d'infection par les larves et indice de masse du foie des individus

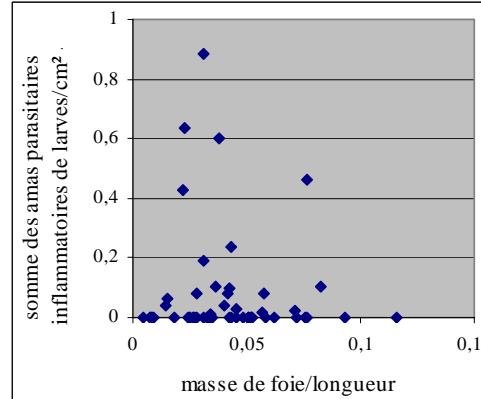


Figure 122: Niveaux d'infection par les larves provoquant une inflammation, et indice de masse du foie des individus

La régression logistique a été utilisée pour évaluer la relation entre la somme des amas de larves et les différents indices corporels. Les résultats sont présentés dans le tableau n° 39. Il existe une association négative entre la sévérité d'infection par les larves et l'indice de masse totale.

Tableau 39: Association entre la somme des amas de larves (totaux et associés à une réaction inflammatoire) et les différents indices corporels.

Indices corporels	Amas de larves	
	association (valeur de p) totaux	avec inflammation
masse totale / long (kg/cm)	négative (p = 0,005)	négative (p = 0,018)
tissu adipeux / long (kg/cm)	(p = 0,6)	(p = 0,69)
muscle / long (kg/cm)	(p = 0,3)	(p = 0,53)
foie / long (g/cm)	(p = 0,12)	(p = 0,32)

D. Corrélation entre les indices de sévérité d'infection et les causes probables d'échouage

Suite à la lecture des rapports d'autopsie, nous avons établi la cause présumée de l'échouage pour chaque béluga inclus dans l'étude. Ces causes ont été classées sous quatre catégories, présentées dans le tableau n° 40.

Pour chaque catégorie nous avons calculé la moyenne de la somme des amas d'*Halocercus* sp., d'*Halocercus* sp. associés à une inflammation, de *Stenurus* sp. et de *Stenurus* sp. associé à une inflammation. Les résultats sont présentés dans le tableau n° 41.

Tableau 40: Catégories utilisées pour regrouper les causes d'échouage des bélugas inclus dans l'étude.

Cause d'échouage présumée	Critères d'inclusion
pneumonie à <i>Halicercus</i> sp.	pneumonie vermineuse associée à la présence d'adultes d' <i>Halicercus</i> sp. dont les lésions sont vraisemblablement assez sévères et étendues pour affecter la santé du béluga de façon significative
pneumonie à <i>Stenurus</i> sp.	pneumonie vermineuse associée à la présence d'adultes de <i>Stenurus</i> sp. dont les lésions sont vraisemblablement assez sévères et étendues pour affecter la santé du béluga de façon significative
autres causes	autres causes d'échouage telles les infections bactériennes, les tumeurs et les traumatismes
causes indéterminées	la cause de l'échouage n'a pas pu être déterminée

Tableau 41: Corrélation entre la somme des amas parasitaires / cm² et la cause de mortalité présumée (n = 117)

Evaluation histologique	Cause d'échouage présumée	Somme des amas parasitaires / cm ² (moyenne ± écart type)
adultes <i>Halicercus</i> sp.	pneumonie à <i>Halicercus</i> sp.	1.391 ± 0.761
	pneumonie à <i>Stenurus</i> sp.	3.602 ± 0.838
	autres causes	0.276 ± 0.308
	causes indéterminées	0.248 ± 0.224
adultes <i>Halicercus</i> sp. avec inflammation	pneumonie à <i>Halicercus</i> sp.	0.410 ± 0.224
	pneumonie à <i>Stenurus</i> sp.	0.255 ± 0.066
	autres causes	0.058 ± 0.063
	causes indéterminées	0.058 ± 0.057
adultes <i>Stenurus</i> sp.	pneumonie à <i>Halicercus</i> sp.	0.003 ± 0.003
	pneumonie à <i>Stenurus</i> sp.	0.006 ± 0.002
	autres causes	0.002 ± 0.09
	causes indéterminées	0.003 ± 0.05
adultes <i>Stenurus</i> sp. avec inflammation	pneumonie à <i>Halicercus</i> sp.	0.003 ± 0.003
	pneumonie à <i>Stenurus</i> sp.	0.006 ± 0.002
	autres causes	0.000 ± 0.002
	causes indéterminées	0.002 ± 0.005

III. Discussion

A. Description de la population d'étude

Les bélugas de l'Estuaire du Saint-Laurent sont une population bien définie, distribuée dans une certaine région donnée du fleuve, et isolée géographiquement des troupeaux de l'Arctique. Cette population résidente a fait l'objet de nombreux recensements menés avec diverses méthodes, qui ont obtenu des résultats globalement similaires.

Notre étude a été réalisée à partir de données collectées sur une période d'environ vingt ans. Considérant l'espérance de vie moyenne des bélugas à 25 ans, une partie non négligeable de la population de bélugas du Saint-Laurent est morte et a pu être récupérée pendant cette période. La grande majorité des cas réfère à des animaux morts de façon spontanée en mer, et qui ont été récupérés à la dérive ou apportés au lieu de l'échouage par les courants. Un certain nombre d'autres animaux ont été accidentellement tués par l'homme.

Toutes les carcasses ont eu les mêmes chances d'être découvertes et examinées, qu'elles que soient les causes de mortalité. Aucun critère autre que l'état de conservation raisonnable de la carcasse et son accessibilité n'a été utilisé pour déterminer si une carcasse donnée était examinée dans la salle d'autopsie à la FMV. De l'ensemble des 158 carcasses dont l'examen post-mortem systématique a été réalisé, seules celles présentant un état de conservation acceptable des poumons avec un nombre de dix coupes histologiques pulmonaires ont été sélectionnées pour l'étude. La répartition temporelle au cours des années et des saisons, ainsi que la distribution en terme de sexe et d'âge de ce sous-échantillon de 117 bélugas échoués et autopsiés à la FMV, sont semblables. Les cas ont été aléatoirement évincés de l'étude pour des animaux des deux sexes et de tout âge, échoués sur l'ensemble de l'année. Nous voyons que cette sélection de 117 cas est tout à fait représentative de l'ensemble des bélugas échoués et autopsiés à la FMV.

Néanmoins, certains biais d'échouage en rapport avec l'âge des animaux peuvent être soulignés. Une étude de la distribution par classes d'âge suggère que par rapport aux adultes, les jeunes individus figurent moins souvent parmi les échouages. Le nombre de jeunes veaux est très sûrement sous-estimé car ces individus sont difficiles à trouver dans la nature étant donné leur petite taille et leur couleur bleue-grise. Ils ont une couche de tissu adipeux sous-cutanée faiblement développée, leur assurant une flottabilité moindre et ont de ce fait tendance à couler. L'échantillon des animaux échoués semble biaisé par rapport aux animaux blancs, plus âgés et plus grands.

La période de l'année d'échouage est également une donnée à prendre en compte. La grande majorité des échouages est rapportée entre avril et octobre. Cette distribution peut être attribuée à l'accroissement de la population humaine sur les rives durant la période estivale, favorisant la localisation des échouages. Les animaux se déplacent de façon saisonnière au printemps et à l'automne dans le fleuve Saint-Laurent, à partir d'une zone hivernale située dans le golfe. Un front de glace est présent de mi-décembre à mi-avril sur la quasi-totalité du territoire.

D'après les diverses considérations abordées, les résultats obtenus dans la population des 117 cas de l'étude peuvent être extrapolés à l'ensemble de la population des animaux échoués et récupérés pour être autopsiés à la FMV.

B. Evaluation pathologique: les lésions associées au parasitisme pulmonaire

1. Examen macroscopique

Les lésions macroscopiques associées à la présence des nématodes pulmonaires *Halocercus* sp. et *Stenurus* sp. décrites dans les rapports d'autopsie ne sont pas très fréquentes.

Des masses indurées nodulaires dans le parenchyme pulmonaire, la présence d'un exsudat purulent bronchiolaire, ainsi que des adhérences pleurales sont parmi les lésions les plus significatives.

Les nématodes ont été observés à l'examen macroscopique pour 20,4 % des *Stenurus* sp. et 1,8% des *Halocercus* sp. Les nématodes du genre *Halocercus* ne sont que très rarement détectés à l'examen macroscopique, en raison de leur très petite taille. L'histologie est donc être nécessaire pour l'établissement du diagnostic complet et précis. Il n'y a pas une très bonne corrélation entre la détection de nématodes du genre *Stenurus* sp. à l'examen macroscopique et à l'examen histologique. En effet, seuls 4 des 19 cas où des *Stenurus* sp. avaient été vus en macroscopique avaient des nématodes *Stenurus* sp. à l'examen histologique. Inversement, 4 cas d'infection par *Stenurus* sp. ont été détectés à l'histologie seulement. Il est important de faire un examen détaillé des voies respiratoires lors de l'observation macroscopique en autopsie, et de sélectionner des sections de poumon où l'on voit des adultes de nématodes du genre *Stenurus* sp.

2. Corrélation amas parasitaires et sections

Pour avoir une estimation des niveaux d'infection, nous avons compté les amas parasitaires rencontrés, ce qui nous semble être un indice de choix pour l'évaluation de la charge parasitaire, les parasites étant retrouvés à la fois sous leur forme intacte et dégénérée. L'estimation par le nombre d'amas parasitaires nous donne ainsi une évaluation globale de la situation d'infection. L'autre méthode d'estimation consiste à dénombrer les sections de parasites, sous leur forme intacte uniquement, puisque l'appréciation quantitative des parasites dégénérés est extrêmement difficile à réaliser par le nombre de sections.

Nous voyons qu'il existe une bonne corrélation entre les amas parasitaires intacts et les sections de nématodes intacts pour *Halocercus* sp. Les deux techniques d'évaluation d'intensité d'infection sont donc équivalentes, et peuvent être utilisées indifféremment pour l'évaluation des niveaux d'infection. Cette même relation est difficile à établir pour *Stenurus* sp. car le nombre "n" de cas d'infection observés à l'histologie est trop petit.

3. Examen histologique

a) les réactions inflammatoires éventuelles associées à la présence des nématodes dans les poumons

Les deux genres de parasites nématodes *Halicercus* sp. et *Stenurus* sp., sous forme d'adultes et de larves libres, ont été retrouvés dans les poumons. Certaines sections de parasites, ne semblaient pas susciter de réaction inflammatoire de la part de l'hôte, comme cela a pu être rapporté dans la littérature. Dans d'autres cas, les parasites adultes et les larves ont engendré une inflammation pulmonaire, provoquant l'afflux de diverses cellules inflammatoires. De plus, par leur présence physique parfois massive dans les voies respiratoires, les nématodes parasites pulmonaires des bélugas, surtout le grand vers pulmonaire *Stenurus* sp., ont causé l'obstruction des bronches et des bronchioles. Des bronchites, bronchiolites et alvéolites suppurées et muco-purulentes ont été retrouvées. Des formes de pneumonies granulomateuses et pyogranulomateuses ont été observées en réponse à la présence des nématodes pulmonaires. L'examen histologique a en effet montré des foyers de lésions granulomateuses centrés sur les amas de nématodes, souvent dégénérés et minéralisés.

Les nématodes *Halicercus* sp. dans leur état intact, n'induisent que rarement une réaction inflammatoire, c'est à dire dans moins d'un quart des cas. Ces parasites adultes seraient donc vraisemblablement peu antigéniques pour l'hôte. Ceci représente un signe de bonne adaptation aux bélugas, par le développement de mécanismes pour échapper à la vigilance du système immunitaire de l'hôte. Ces mêmes nématodes, présents sous forme dégénérée, induisent par contre beaucoup plus fréquemment une réaction inflammatoire. Une fois morts, ces parasites semblent être véritablement plus antigéniques et pathogènes pour leur hôte. Les différents types de réactions inflammatoires observées forment un continuum débutant par un appel de neutrophiles et d'éosinophiles, et se terminant par un granulome à macrophages minéralisé.

Les nématodes du genre *Stenurus* sp. sous leur forme intacte, ne provoquent pas de réaction inflammatoire surtout dans les bronches et les bronchioles, dans un peu plus que la moitié des cas. Ces parasites induisent donc une inflammation plus fréquemment que les nématodes plus petits du genre *Halicercus* sp., avec une localisation préférentielle dans les alvéoles et les bronchioles. En raison de leur plus grande taille et d'une plus grande prédisposition à induire une réaction inflammatoire, il est vraisemblable de penser que les nématodes *Stenurus* sp. sont plus pathogènes que les *Halicercus* sp. Par leur présence physique parfois massive dans les voies respiratoires, ces grands vers pulmonaires *Stenurus* sp. ont causé l'obstruction des bronches et des bronchioles.

Les larves ont été retrouvées le plus souvent sous forme intacte, et produisant une réaction suppurative alvéolaires et bronchiolaires dans la grande majorité des cas. Il semble que les larves ne possèdent pas les capacités de "camouflage" qu'ont les nématodes adultes et intacts vis à vis de leur hôte. Nous pouvons spéculer que l'induction de cette réaction inflammatoire suppurée favorise la remontée des larves le long des voies aériennes par le tapis muco-ciliaire, en augmentant les sécrétions.

b) la localisation des nématodes dans les poumons

Les nématodes *Halocercus* sp. adultes et les larves semblent être dispersés de façon aléatoire dans le parenchyme pulmonaire: droit et gauche; crânial, moyen et caudal; superficiel, moyen et profond (échantillonnage SMP); dorsal, moyen, et ventral (échantillonnage DMV). La localisation des prélèvements pour l'examen histologique ne devrait donc pas avoir d'impact sur les chances de détection d'une infection par *Halocercus* sp. ou par les larves.

Les nématodes *Stenurus* sp. ne semblent pas, quant à eux, être répartis de façon aléatoire dans le parenchyme pulmonaire: ils sont localisés préférentiellement à gauche, au tiers moyen, plus moyen (échantillonnage SMP) et plus ventral (échantillonnage DMV). Bien que ces observations ne soient pas supportées par les statistiques réalisées, en raison d'un nombre "n" d'infection par *Stenurus* sp. trop petit, il semble par contre y avoir une tendance réelle au regroupement des parasites *Stenurus* sp. L'agrégation observée dans les voies aériennes de plus grand calibre peut s'expliquer par le fait que celles-ci sont plus fréquemment situées à proximité des bronches principales, en région moyenne et ventrale. Les parasites adultes induisent peut-être leur regroupement dans les grandes voies aériennes par chimiotactisme, afin de favoriser la recherche des partenaires dans la reproduction. L'échantillonnage en vue de l'examen histologique devrait donc tenir compte de cette répartition inégale des nématodes *Stenurus* sp. dans les poumons.

La méthode d'échantillonnage (DMV versus SMP) ne semble pas avoir d'impact sur l'évaluation de la sévérité de l'infection par *Halocercus* sp.. L'une et l'autre des méthodes apparaissent donc comparables. Au contraire, la répartition des nématodes *Stenurus* sp. varie en fonction de la méthode d'échantillonnage utilisée dans le temps: SMP de 1983 à fin 1999 et DMV à partir de 2000 et jusqu'en 2003. Le type d'échantillonnage peut donc affecter les chances de détection de cette parasitose. Par contre, l'examen macroscopique est plus sensible que l'histologie pour détecter l'infection par *Stenurus* sp., donc la différence entre DMV et SMP n'a pas vraiment d'implication diagnostique.

Il en résulte que le prélèvement des sections de parenchyme pulmonaire qui seront soumis à l'histologie peut se faire de façon aléatoire dans tout le poumon, droit ou gauche, en tenant compte de l'observation macroscopique lors de l'autopsie.

C. Epidémiologie: prévalence d'infection et sévérité de l'infection

Les prévalences d'infection par les nématodes pulmonaires rencontrés ont été basées sur l'analyse histologique des lames de poumons: 82,9 % pour *Halocercus* sp., et 6,8 % pour *Stenurus* sp.

Si l'on tient compte de la description des nématodes pulmonaires *Stenurus* sp. faite dans les rapports d'autopsie (plus grande sensibilité macroscopique dans la détection des grands vers pulmonaires), la prévalence pour l'infection par ce nématode est alors de 20,4 %.

1. Prévalence et sévérité d'infection et répartition temporelle

Il n'y a pas de différence statistiquement significative en ce qui concerne les prévalences d'infection par les deux genres de nématodes pulmonaires, dans le temps tout au long de l'étude, pour les années et les saisons d'échouage. Cela ne paraît pas surprenant pour ce type de parasitoses qui se développent selon un mode chronique.

La sévérité d'infection par *Halocercus* sp. est supérieure chez les animaux échoués durant les six premiers mois de l'année comparativement aux six derniers mois. La différence observée et validée statistiquement peut être associée avec le cycle reproducteur des bélugas et la période de sevrage. Les veaux naissent durant l'été et sont alors allaités pendant une période de 18 à 20 mois. Leur sevrage se fait durant le printemps de leur deuxième année, où ils commencent à ingérer les aliments de leur régime alimentaire "solide". Dans l'hypothèse où les larves de nématodes sont contenues dans les poissons, cela correspond donc à la période où les juvéniles s'infectent en mangeant les proies. Les animaux de moins de deux ans sont relativement exempts de parasites durant les six derniers mois car ils se nourrissent encore du lait maternel.

2. Prévalence et sévérité d'infection et répartition par sexe

Il n'a pas été démontré de prédisposition de sexe pour l'infection par *Stenurus* sp. Par contre, les bélugas mâles semblent plus susceptibles d'être infectés par *Halocercus* sp. que les femelles, avec un risque cinq fois plus élevé. Nous pouvons soumettre des hypothèses permettant d'expliquer ce résultat. Les mâles ont peut-être des habitudes alimentaires différentes de celles des femelles, en ingérant différentes proies. Si l'on considère le fait que les proies et notamment les poissons renferment les larves des nématodes, le risque d'exposition aux parasites encouru par les mâles peut être différent et supérieur. Malheureusement, le régime alimentaire des bélugas n'est actuellement pas défini de façon précise, et ne permet pas d'affirmer les hypothèses avancées. Les niveaux de contaminants ont été évalués chez les bélugas du Saint-Laurent et révèlent que les mâles sont plus atteints que les femelles. Les toxiques potentiellement immunodépresseurs sont plus concentrés chez les mâles que chez les femelles, ce qui pourrait expliquer la différence observée dans les niveaux d'infection, en favorisant la survenue des infections parasitaires chez des hôtes au système immunitaire plus affaiblis et donc moins à même de lutter contre l'infection.

3. Prévalence et sévérité d'infection et répartition par âge

Il existe des variations de prévalence et d'intensité d'infection par *Halocercus* sp. en fonction de l'âge des individus de l'étude. Quelques cas d'infection par *Halocercus* sp. ont été notés chez les nouveaux-nés et jeunes de l'année. Ces informations suggèrent une transmission trans-placentaire pendant la gestation comme l'avaient soulignée DAILEY *et al.* (1991) avec *Halocercus lagenorhynchi*, ou encore de façon trans-mammaire lors de l'allaitement. L'infection par *Halocercus* sp. est corrélée avec l'âge des animaux, et apparaît moindre chez les individus plus âgés. Les jeunes sont infectés par les mêmes espèces de vers pulmonaires que les adultes, et présentent globalement une charge parasitaire plus élevée. Les

bélugas juvéniles réalisent la transition alimentaire avec le passage d'une alimentation lactée à une alimentation solide à base notamment de poisson. Ce moment correspond à une augmentation de l'exposition aux hôtes intermédiaires des nématodes pulmonaires à cycle d'évolution éventuellement hétéroxène, dans l'hypothèse d'une transmission horizontale de l'infection liée à l'alimentation des bélugas. Les nouveaux-nés et juvéniles restent assez longtemps aux côtés de leur mère. Une telle proximité peut laisser supposer une contamination directe par la larve expulsée de l'évent. D'autre part, le système immunitaire des jeunes individus est en général moins efficace pour lutter contre ces infections parasitaires. Les jeunes bélugas montrent des taux de polluants élevés car il existe une transmission par la mère lors de la gestation et l'allaitement. Ces faits pourraient intervenir dans le développement des infections chez les animaux de cette catégorie d'âge.

Les bélugas immatures présentent donc des moyennes d'infection élevées. Cette partie de la population présente le risque de développer des pneumonies parasitaires pouvant être fatales. Ces animaux représentent le potentiel de renouvellement de la population des bélugas de l'ESL.

4. Prévalence et sévérité d'infection et indices corporels

La prévalence, c'est à dire le fait d'être infecté ou non par ces parasites pulmonaires, n'a pas d'effet sur les indices corporels, sauf pour l'indice de masse totale des individus qui semble être diminué chez les animaux infectés par *Stenurus* sp. Ces données conduisent à évoquer un impact possible de ce parasite sur la santé des bélugas.

Une association négative semble exister entre la sévérité des infections par *Stenurus* sp. et l'indice de masse totale. Même s'il est impossible d'avoir la certitude qu'un facteur est la cause de l'autre, ceci suggère que les infections à *Stenurus* sp. sont associées à une perte de condition de l'animal. Par contre, cette relation n'est pas observée si l'on conserve que les amas de *Stenurus* sp. induisant une inflammation. Cela reste sans explication, car la majorité des réactions inflammatoires sont "actives" et devraient donc être significatives.

Une association négative semble également exister entre la sévérité des infections par *Halocercus* sp. et les indices concernant les muscles épaxiaux, la masse de foie, et la masse totale. Comme pour *Stenurus* sp., même s'il est impossible d'avoir la certitude qu'un facteur est la cause de l'autre, les données suggèrent que les infections à *Halocercus* sp. sont aussi associées à une perte de condition de l'animal. Par contre cette relation n'est pas observée si l'on ne conserve que les amas d'*Halocercus* sp. induisant une inflammation. Ceci pourrait être dû au fait qu'une proportion élevée de ces réactions inflammatoires sont chroniques (granulomes); elles ont donc peu d'impact physiologique sur l'animal.

Une association négative existe aussi entre l'abondance des larves et l'indice de masse totale. Cette association reste exacte si l'on ne regarde que les amas de larves avec inflammation. Cela n'est pas étonnant car la grande majorité des larves induisent de l'inflammation. Même s'il est impossible d'avoir la certitude qu'un facteur est la cause de l'autre, ceci suggère que la présence de larve est associée à une perte de condition de l'animal.

D. Corrélation entre les indices de sévérité d'infection et les causes probables d'échouage

Les bélugas dont l'échouage a été identifié par le vétérinaire pathologiste comme étant vraisemblablement associé à une pneumonie vermineuse avaient, en moyenne, une densité d'*Halocercus* sp. par cm² dans le tissu pulmonaire environ 10 fois plus élevée que les bélugas mort d'autres causes, ou chez qui la cause de l'échouage n'a pas pu être déterminée.

L'évaluation histologique des tissus pulmonaires ne semble pas, par contre, être une méthode valable pour évaluer la sévérité des lésions causées par *Stenurus* sp. En effet, la densité de *Stenurus* sp. par cm², basée sur l'examen microscopique du tissu pulmonaire, des animaux vraisemblablement mort de pneumonie à *Stenurus* sp. est très faible et semblable à celle retrouvée chez les bélugas morts d'autres causes.

IV. Conclusion de l'étude

Cette étude rétrospective menée sur une vingtaine d'années a pour but de réaliser l'évaluation pathologique et épidémiologique de la broncho-pneumonie vermineuse des bélugas du fleuve Saint-Laurent. Notre étude basée sur l'examen histologique des poumons de bélugas réalise un état des lieux et une estimation de l'infection pulmonaire par les nématodes Pseudaliidés dans une population donnée d'animaux échoués et autopsiés à la FMV de l'Université de Montréal au Québec. Cette population d'étude de 117 animaux est un sous-échantillon représentatif de l'ensemble des 158 bélugas du Saint-Laurent échoués, récupérés et autopsiés à la FMV.

Les Pseudaliidés du genre *Stenurus* sp., le plus grand des deux vers pulmonaires rencontrés, sont visibles macroscopiquement lors de la dissection des voies respiratoires à l'autopsie dans 20,4 % des cas. Lors de l'observation histologique, leur présence n'est pas très fréquente. La prévalence d'infection est de 6,8 %, avec 8 animaux infectés sur 117. Les parasites sont présents sous forme intacte dans près de trois quarts des cas, ce qui permet de les différencier distinctement. Ces vers sont localisés préférentiellement dans les bronches, et ne provoquent pas de réaction inflammatoire dans plus de la moitié des cas (56 %), mais peuvent être la source d'une obstruction des voies respiratoires par leur présence massive. Ils induisent une réaction inflammatoire suppurée et pyogranulomateuse. Les jeunes de l'année, âgés de moins d'un an, ne sont pas infectés. Les juvéniles, âgés de 1 à 6 ans, représentant l'ensemble des animaux immatures, présentent la prévalence estimée la plus élevée avec 14,3 %. La réponse immunitaire chez les animaux de cette catégorie d'âge étant plus faiblement développée, cela peut expliquer la plus grande sensibilité des jeunes bélugas à l'infection parasitaire. Il apparaît que les individus présentant un indice de masse totale faible ont une plus grande probabilité d'être infectés. L'infection par *Stenurus* sp. semble être associée à une perte de condition de l'animal. L'évaluation histologique pulmonaire ne préjuge pas de la sévérité des lésions causées par ce nématode. En effet, les animaux vraisemblablement morts de pneumonie vermineuse à *Stenurus* sp. présentent une densité parasitaire/cm² semblable à celle des bélugas morts d'autres causes.

La très petite taille des Pseudaliidés du genre *Halocercus* sp., le plus petit des deux vers pulmonaires rencontrés, ne permet de le voir que rarement à l'autopsie (1,8 % des cas). Par contre, l'examen histologique des poumons a révélé que ces nématodes sont très fréquents. La prévalence de l'infection a été estimée à 82,9 %, soit 97 individus infectés sur 117. Les parasites sont souvent retrouvés sous forme intacte dans 67 % des cas, dans le parenchyme pulmonaire, et sans provoquer de réaction inflammatoire dans 77 % des cas. À la mort du parasite, la réaction inflammatoire induite à son contact (dans 23 % des cas) peut prendre différentes formes qui se succèdent comme un continuum d'événements produisant des infiltrats suppurés, des pyogranulomes, des granulomes. La probabilité d'être infecté par *Halocercus* sp. est significativement plus élevée chez les bélugas mâles que chez les femelles. Ce fait peut s'expliquer par une différence de régime alimentaire, ou une différence de contamination par les polluants entre mâles et femelles entraînant une sensibilité à l'infection plus grande pour les mâles. Les jeunes de l'année, non sevrés, sont infectés par les mêmes parasites que le reste de la population d'étude. La prévalence dans cette catégorie d'âge inférieure à 1 an est de 30 %, ce qui laisse supposer une transmission verticale déjà décrite avec *Halocercus* sp. (DAILEY *et al.*, 1991; CONLOGUE *et al.*, 1985; PARSONS *et al.*, 1999;

BALBUENA *et al.*, 1993). Les juvéniles âgés de 1 à 6 ans, dont la prévalence de 85,7 % est semblable à celle des adultes avec 89,4 %, présentent une charge parasitaire très élevée par rapport aux niveaux d'infection des individus des autres catégories d'âge. Ceci suggère que la consommation de proies serait de loin le mode de transmission des nématodes le plus important. Ce groupe d'animaux représente l'avenir reproducteur, le potentiel d'accroissement de la population. L'évaluation histologique pulmonaire semble être une méthode valable pour évaluer la sévérité des lésions dues à *Halocercus* sp.: la densité dans le tissu pulmonaire est dix fois plus importante chez les bélugas morts de pneumonie vermineuse à *Halocercus* sp. que chez les bélugas morts d'autres causes. Les lésions de pneumonie à *Halocercus* sp. peuvent donc avoir un impact significatif sur la santé et la survie des bélugas.

Des amas parasitaires de larves ont été rencontrés lors de l'étude histologique. La prévalence d'infection par les larves a été estimée à 39,3 %, 46 individus infectés sur 117. Les larves, quasi exclusivement présentes sous forme intacte, provoquent la formation d'un infiltrat suppuré dans la grande majorité des cas (89,7 % des cas), localisé dans le parenchyme pulmonaire. Une réaction de sécrétion muco-purulente est alors induite par l'hôte, pouvant favoriser l'ascension des larves dans les voies respiratoires grâce à l'appareil muco-ciliaire afin d'être expulsées par l'évent à l'occasion d'une respiration explosive du cétacé. Cette réaction peut être à l'origine d'un mode de transmission directe, horizontale, dans l'environnement proche du béluga. L'étude a montré que la probabilité pour un béluga d'être infecté par les larves variait en fonction de la masse totale. Elle apparaît moindre chez les individus plus gros: la présence de larves est donc associée à la perte de condition de l'animal.

La pneumonie vermineuse, avec possible broncho-pneumonie bactérienne secondaire, associée à la présence des vers *Halocercus* sp. et *Stenurus* sp. dans les poumons de bélugas peut provoquer une gêne respiratoire plus ou moins importante pour ces animaux marins, et entraîner des lésions sévères du parenchyme pulmonaire à l'origine d'une mortalité des animaux infectés.

Liste des abréviations utilisées

BPC: biphenyles polychlorés

COSEPAC: comité sur la situation des espèces en péril au Canada

CREP: centre de recherche en écologie des pêches de Rimouski, Québec, Canada

DDT: dichlorodiphényltrichloroéthane

DMV: Dorsal, Moyen, Ventral

ESL: estuaire du fleuve Saint-Laurent

FMV: faculté de médecine vétérinaire, université de Montréal, Saint-Hyacinthe, Québec, Canada

GREMM: groupe de recherche et d'éducation sur le milieu marin, Tadoussac, Québec, Canada

HAP: hydrocarbures aromatiques polycycliques

HPS: coloration hématoxyline-éosine-safran

INESL: Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent

LEP: Loi sur les espèces en péril

MPO: ministère des Pêches et des Océans, Canada

OC: composés organochlorés

ONG: organisation non gouvernementale

ROMM: réseau d'observation des mammifères marins

SMP: Superficiel, Moyen, Profond

ZIP: zone d'intervention prioritaire

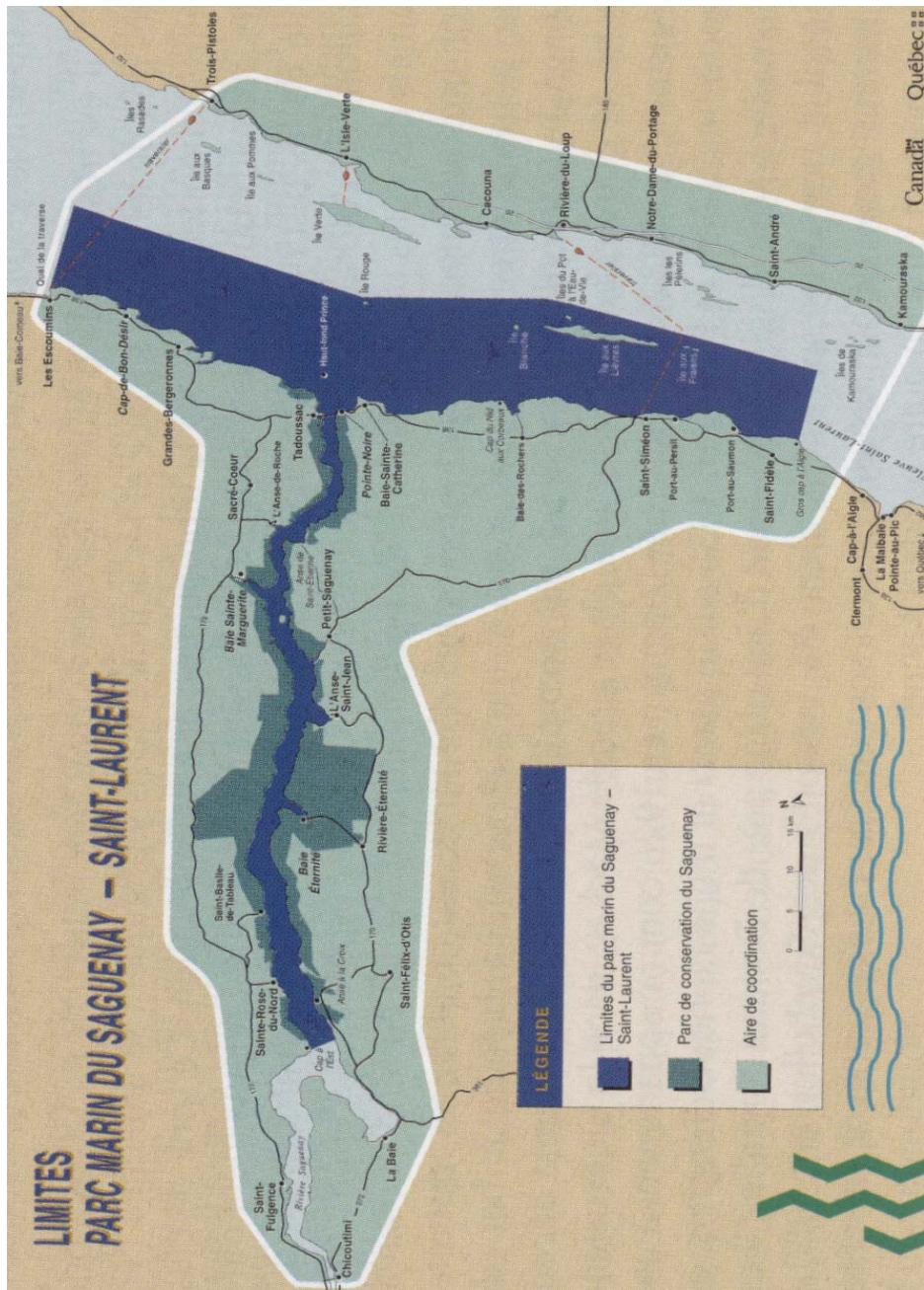
ZPM: zones de protection marines

Table des annexes:

<u>Annexe 1:</u> Présentation du Parc marin Saguenay-Saint-Laurent, d'après FONTAINE (1998)	153
<u>Annexe 2:</u> Présentation de la ZPM: zone de protection marine de l'Estuaire du Saint- Laurent, d'après une brochure émise par Pêches et Océans Canada, Institut Maurice-Lamontagne, programme des zones de protection marines	154
Supprimé : P	
<u>Annexe 3:</u> Présentation des affiches distribuées annuellement dans les agglomérations riveraines de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, dans le cadre du programme de récupération des carcasses, d'après BELAND <i>et al.</i> (1987)	155
<u>Annexe 4:</u> Codage ou classification des carcasses de cétacés selon GERACI et LOUNSBURY (1993)	156
<u>Annexe 5:</u> Liste des différentes mesures effectuées afin d'obtenir les diamètres moyens de nématodes pulmonaires en section, <i>Halocercus</i> sp. et <i>Stenurus</i> sp.	157
<u>Annexe 6:</u> Liste détaillée des données individuelles sur les bélugas échoués et autopsiés à la faculté de médecine vétérinaire de l'université de Montréal à Saint-Hyacinthe	158
<u>Annexe 7:</u> Liste des données relatives à la corrélation entre les amas parasitaires intacts et les sections d' <i>Halocercus</i> sp. et de <i>Stenurus</i> sp.	161
<u>Annexe 8:</u> Prévalences et valeurs des indices de niveaux d'infection par <i>Halocercus</i> sp., <i>Stenurus</i> sp., et les larves	164

Annexe n° 1:

Annexe 1: Présentation du Parc marin Saguenay-Saint-Laurent, d'après FONTAINE (1998)



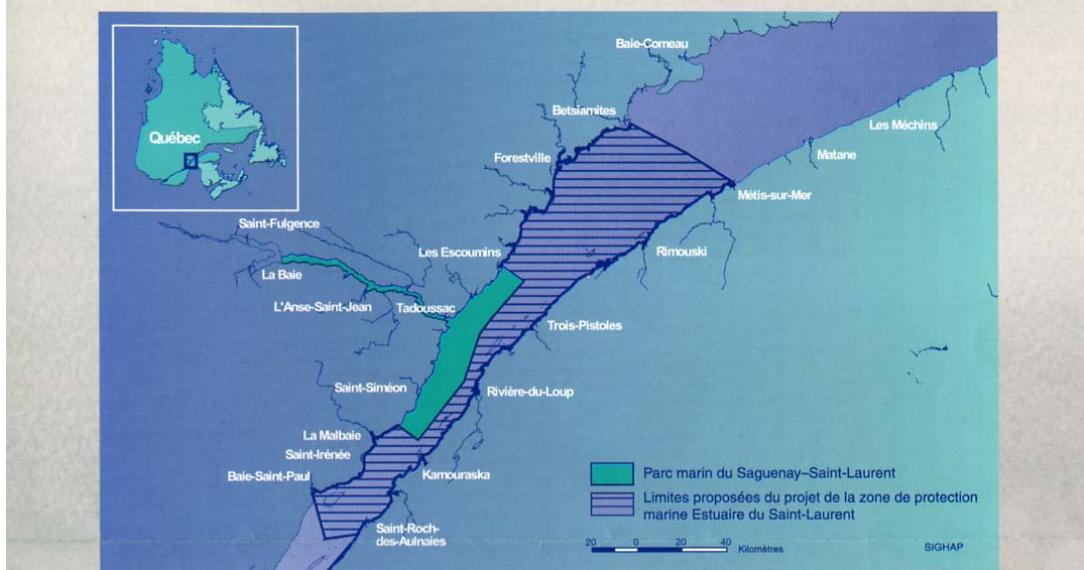
Annexe n° 2:

Annexe 2: Présentation de la ZPM: Estuaire du Saint-Laurent, d'après une brochure émise par Pêches et Océans Canada, Institut Maurice-Lamontagne, Programme des zones de protection marines



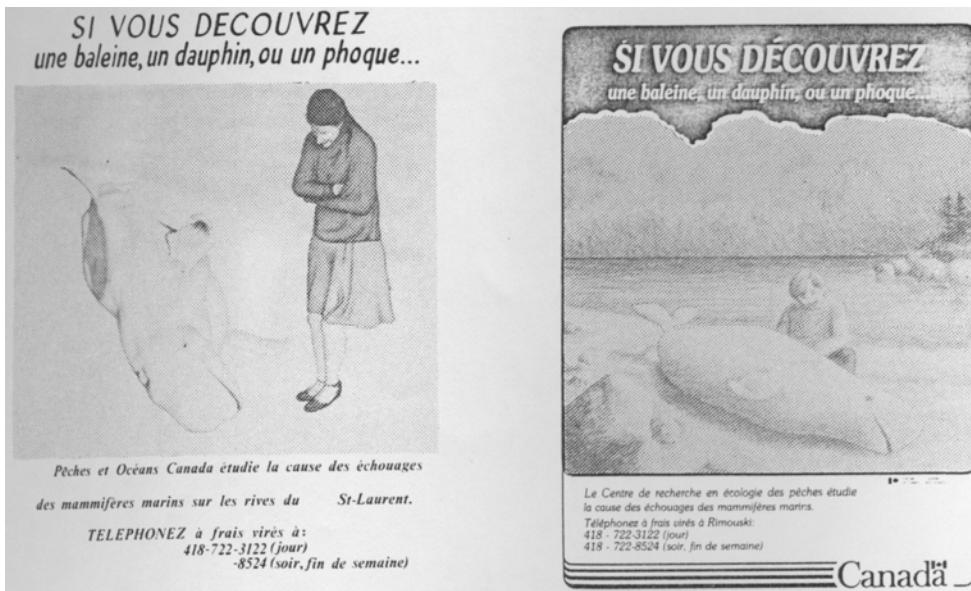
Limites proposées pour le projet de la ZPM Estuaire du Saint-Laurent

Le territoire couvert par le projet de ZPM est situé en périphérie du parc marin du Saguenay-Saint-Laurent (PMSSL) et n'inclut pas celui-ci. La ZPM ne couvrira pas la totalité de l'aire de répartition des différentes espèces de mammifères marins présentes dans l'estuaire. Elle couvrira la répartition estivale du béluga et la grande majorité des sites fréquentés par la population de phoque commun de l'estuaire, ainsi que d'importantes aires d'alimentation du rorqual bleu. La zone retenue correspond à celle où les pressions sur les mammifères marins sont les plus fortes dans le Saint-Laurent.



Annexe n° 3:

Annexe 3: Présentation des affiches distribuées annuellement dans les agglomérations riveraines de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent, dans le cadre du programme de récupération des carcasses, d'après BELAND *et al.* (1987)



Annexe n° 4:

Annexe 4: Codage ou classification des carcasses de cétacés selon GERACI et LOUNSBURY, 1993.

I. CODE	II. CARACTÉRISTIQUES	III. UTILISATIONS
1 Animaux vivants	Vivant	Morphométrie; histoire (âge, sexe, reproduction, ADN) limité, pathologie externe macroscopique, parasitologie et microbiologie; biopsies; études du sang incluant analyses d'ADN et chimie clinique.
2 Carcasse en bonne condition (Fraîche/ Comestible)	Apparence normale, habituellement peu de dommages causés par les charognards; pas d'odeur désagréable; peau, yeux et muqueuses légèrement secs; yeux clairs; carcasse pas gonflée, langue et pénis non saillants; gras ferme et blanc; muscles fermes, rouge foncé, bien définis; cellules du sang intactes, se déposent au fond d'un tube; sérum non hémolysé; viscères intactes et bien définis; tube digestif contient peu ou pas de gaz; cerveau ferme sans décoloration, détails en surface distincts, s'enlève facilement.	Morphométrie; histoire (dents, fanons, contenu stomacal, reproduction etc...); analyses d'ADN; pathologie macroscopique et histopathologie; parasitologie; microbiologie; études du sang limitées; toxicologie.
3 Passable (Décomposée, mais organes intacts)	Carcasse intacte, gonflement évident (langue et pénis saillants) et peau qui se détache; dommages possibles causés par les charognards; odeur caractéristique mais légère; muqueuses sèches, yeux creux ou manquants; gras teinté de sang et huileux; muscles flasques et peu définis; sang hémolysé, uniformément rouge foncé; viscères flasques, friables, tachetés mais encore intactes; tube digestif gonflé par les gaz; cerveau ramolli, détails en surface distincts, rougeâtre, fragile mais peut généralement être déplacé intact.	Morphométrie; histoire (limité); analyses d'ADN; pathologie macroscopique et histopathologie de la peau, du gras, des muscles, des poumons et possiblement des lésions fermes; parasitologie; marginal pour toxicologie (utile pour métaux, marginal pour organochlorés, peu utile pour biotoxines).
4 Mauvaise (Décomposition avancée)	Carcasse peut être intacte mais affaissée; peau détachée; l'épiderme des cétacés peut être complètement manquante; souvent sévèrement endommagée par les charognards; forte odeur; gras mou, souvent avec des poches de gaz et accumulations d'huile; muscles presque liquéfiés et facilement déchirés, se décollent facilement des os; sang peu épais et noir; viscères souvent identifiables mais friables, facilement déchirés et difficiles à disséquer; tube digestif rempli de gaz; cerveau ramolli, rouge foncé, contenant des poches de gaz, consistance du pouding	Morphométrie, histoire (dents, fanons, os, mâchoire, contenu stomacal, état de reproduction possiblement); analyses d'ADN limitées, parasitologie; pathologie macroscopique.
5 Momifiée ou débris squelettiques	Peau peut recouvrir les débris squelettiques; les tissus restants sont desséchés.	Morphométrie, histoire (dents, fanons, os, mâchoire) limité et analyses d'ADN.

Annexe n° 5:

Annexe 5: Liste des différentes mesures effectuées afin d'obtenir les diamètres moyens de nématodes pulmonaires en section, *Halocercus* sp. et *Stenurus* sp.

Mesures des diamètres de spécimens d' <i>Halocercus</i> sp. (en μm):										
59,08	91,54	103,99	109,17	118,23	125,05	130,31	134,69	139,95	147,84	156,44
60,40	91,75	104,07	110,16	118,32	125,15	130,37	134,85	140,99	148,11	157,09
67,07	92,44	104,10	110,51	119,15	125,37	130,73	135,02	141,94	148,69	158,40
68,69	92,57	104,37	110,79	119,57	125,50	131,32	135,11	141,94	148,75	159,93
69,55	92,68	105,24	110,97	119,74	125,53	131,34	135,15	141,98	148,99	161,84
71,37	93,04	105,25	112,01	119,96	126,21	131,38	136,06	142,00	149,37	164,96
77,31	93,11	106,03	112,30	120,49	126,63	131,86	136,31	142,05	149,60	165,11
78,86	93,52	107,01	112,46	120,64	126,87	131,90	136,50	142,06	150,33	167,36
82,76	93,70	107,10	113,77	120,81	127,75	132,07	136,69	142,69	150,64	169,69
82,94	95,35	107,24	114,49	120,81	127,80	132,43	136,94	143,37	151,08	170,29
83,30	98,01	107,69	114,50	122,69	127,99	132,62	137,16	143,64	152,52	178,73
85,14	100,44	108,05	116,96	123,05	128,18	132,76	137,17	145,11	152,55	185,63
85,54	101,04	108,85	116,96	123,09	128,53	132,86	137,19	145,12	153,09	197,68
86,86	101,95	108,91	117,12	123,65	129,08	133,45	137,36	145,16	153,21	
88,31	102,80	108,93	117,33	124,09	129,46	133,84	139,28	146,91	154,15	
88,35	102,94	108,97	117,36	124,64	129,54	134,41	139,31	147,45	155,10	
88,56	103,14	109,07	118,07	124,98	130,12	134,49	139,44	147,57	156,24	

Mesures des diamètres de spécimens de <i>Stenurus</i> sp. (en μm):										
269,79	284,19	298,03	330,95	333,92	335,85	340,75	348,56	348,78	476,94	491,41

Annexe n° 6:

Annexe 6: Liste détaillée des données individuelles sur les bélugas échoués et autopsiés à la faculté de médecine vétérinaire de l'université de Montréal à Saint-Hyacinthe

Numero de pathologie	Longueur (cm)	Masse totale / longueur	Masse tissu adipeux sous-cutané / longueur	Masse muscles / longueur	Masse foie / longueur
83-3284	400				
83-4397	357				
84-1615	384				
84-2293	414				
84-2633	374				
84-3014	249				
84-3407	376				
84-4382	405				
85-3313	407	2,34			
86-1967	344	1,50			
86-2133	400	2,10			
86-2247	155	0,30	0,06		0,01
86-2360	368	1,61			
86-4571	414	2,60	0,60		
87-2823	344	1,92			
88-3306	362	1,61			
88-3552	402	1,94			
88-3703	401	2,11			
88-4436	365				
88-4465	228	0,85			
88-4703	352	1,75			
88-5086	392	2,12			
89-2057	402	2,58			
89-2629	416	2,55			
89-2858	360				
89-2859	335	1,83			
89-3809	357				
89-3883	411	1,93			
90-1773	417	2,93			
90-2961	424	2,55			
90-4680	356	1,53			
90-4739	413	2,04			
91-2978	375	1,77			
91-4196	347	1,65			
91-4295	155	0,38			
91-4447	416	2,16			
91-4642	430	3,17			
92-4164	272	1,27			
92-5506	139	0,26			
92-6147	337				

Numero de pathologie	Longueur (cm)	Masse totale / longueur	Masse tissu adipeux sous-cutané / longueur	Masse muscles / longueur	Masse foie / longueur
92-6548	388	1,88			
93-2861	424	2,58			
93-3616					
93-4278	400	2,82	1,09		
93-4742	341	2,11	0,84		
93-5719	270	1,16			
93-5792	413	2,64			
93-6945	355				
93-7158	355	1,63			
93-8453	409	4,67	1,15		
94-3834	456	2,82	1,12		0,05
94-3915	405	2,00	0,80		
94-5102	389	2,59	0,66		
94-7002	339	1,14	0,41		
94-7947	399	2,57	0,98		
94-7976	424				
94-9472	365	1,46	0,49		
95-3963	370	1,18	0,38		0,03
95-4138	331	1,76		0,08	
95-4668	384	1,97	0,59	0,09	
95-4887	240	1,12	0,27	0,05	
95-5954	199	0,65	0,19	0,03	0,02
95-6240	157	0,41	0,09	0,02	0,01
95-6418	247	1,13	0,32	0,04	0,03
95-6561	168	0,44	0,07	0,02	
95-7653	419	2,89	1,10	0,13	0,07
95-7734	400	2,29	0,75	0,12	0,09
96-2833	427	2,33	0,78	0,10	0,08
96-3971	325	0,94	0,15	0,04	0,04
96-4465	334	1,60	0,56	0,04	0,03
96-5738	420	2,07	0,66		0,04
96-5794	346	1,40	0,50		0,02
96-6322	145	0,31	0,02	0,01	0,01
96-8036	399	2,24	0,82	0,08	0,05
96-8218	216	0,70	0,18	0,03	0,02
96-9330	393	2,73	1,06	0,11	0,05
97-5351	338	1,82	0,71	0,11	0,03
97-5837	363	2,32	0,92	0,08	0,04
97-6568	139	0,31		0,02	0,01
97-6984	378	1,97	0,21	0,10	0,02
97-7479	385	1,82	0,69	0,07	
98-1966	277	1,38		0,06	0,04
98-5138	401	1,77	0,38	0,07	0,06
98-5151	377	2,43	0,85	0,17	0,05
98-5165	356	1,50	0,45	0,06	0,06
98-5615	239	1,05	0,38	0,05	0,02
98-7252	388	2,59	0,90	0,17	0,06

Numero de pathologie	Longueur (cm)	Masse totale / longueur	Masse tissu adipeux sous-cutané / longueur	Masse muscles / longueur	Masse foie / longueur
98-8080	406	1,57	0,52	0,06	0,03
98-A116	396	2,18	0,75		0,05
98-D126	406	2,51	0,47	0,12	0,05
99-4438	402	2,04	0,72	0,09	0,04
99-5107	416	2,42	0,75	0,13	0,08
99-6797	366	2,27	0,76	0,12	
99-7116	398	2,47	0,77	0,15	0,04
99-8302	357	1,45	0,41	0,04	0,03
99-A645	338	1,37	0,48	0,05	0,03
99-D416	389	2,17	0,35	0,15	0,05
00-B006	353	0,89	0,21	0,27	0,03
00-B201	316	0,90	0,19	0,33	0,03
00-B348	411			0,16	0,05
00-E914	372	1,63	0,37	0,28	0,03
00-F152	401	2,00	0,42	0,31	0,12
01-5794	440	2,79	0,63	0,21	0,07
01-6755	375	1,81	0,38	0,27	0,05
01-9185	418	2,81	0,41	0,14	0,06
01-D757	298	1,15	0,16	0,06	0,01
01-D923	300	1,12	0,20	0,08	0,02
01-G438	385	2,18		0,23	0,04
02-5218	376	1,85	1,61	0,09	0,03
02-A462	371	2,66	0,98	0,31	0,08
02-B561	303	1,36	0,32	0,13	0,03
02-E916	425	2,02	0,62		0,03
02-F249	420	2,76	1,23	0,41	0,08
03-4383	356	1,62	0,66	0,26	0,03
03-5664	153	0,45	0,08	0,04	0,01
03-5932	144	0,29	0,05	0,01	0,00
03-8538	383	1,53	0,29	0,10	0,04

Annexe n° 7:

Annexe 7: Liste des données relatives à la corrélation entre les amas parasitaires intacts et les sections d'*Halocercus* sp. et de *Stenurus* sp.

Somme des amas parasitaires adultes d' <i>Halocercus</i> sp. intacts /cm ²	Nombre de sections d' <i>Halocercus</i> sp. /cm ²	log amas	log sections
6,24	21,36	0,80	1,33
5,36	14,39	0,73	1,16
3,58	9,29	0,55	0,97
1,75	7,62	0,24	0,88
1,33	5,22	0,12	0,72
1,07	3,19	0,03	0,50
0,85	6,78	-0,07	0,83
0,84	3,67	-0,07	0,57
0,84	2,59	-0,08	0,41
0,77	5,24	-0,11	0,72
0,77	4,96	-0,12	0,70
0,70	4,77	-0,15	0,68
0,65	2,75	-0,19	0,44
0,53	2,54	-0,28	0,41
0,50	2,13	-0,30	0,33
0,49	0,96	-0,31	-0,02
0,43	1,41	-0,37	0,15
0,37	2,19	-0,43	0,34
0,37	1,42	-0,43	0,15
0,35	2,06	-0,45	0,31
0,35	1,30	-0,46	0,11
0,34	1,13	-0,47	0,05
0,33	0,56	-0,49	-0,25
0,32	1,74	-0,49	0,24
0,31	2,32	-0,50	0,37
0,31	0,92	-0,51	-0,04
0,30	1,51	-0,52	0,18
0,29	1,47	-0,53	0,17
0,28	1,55	-0,55	0,19
0,27	1,84	-0,56	0,27
0,27	0,59	-0,57	-0,23
0,24	1,38	-0,61	0,14
0,24	0,85	-0,61	-0,07
0,24	1,02	-0,62	0,01
0,22	0,47	-0,65	-0,33
0,22	0,87	-0,66	-0,06
0,20	1,20	-0,70	0,08
0,18	1,23	-0,75	0,09

Somme des amas parasitaires adultes d' <i>Halocercus</i> sp. intacts /cm ²	Nombre de sections d' <i>Halocercus</i> sp. /cm ²	log amas	log sections
0,18	0,62	-0,75	-0,21
0,17	0,91	-0,77	-0,04
0,16	1,03	-0,79	0,01
0,16	1,41	-0,80	0,15
0,14	0,53	-0,85	-0,27
0,14	0,58	-0,86	-0,23
0,13	0,41	-0,89	-0,38
0,13	0,48	-0,90	-0,32
0,12	0,37	-0,90	-0,43
0,12	0,82	-0,91	-0,09
0,12	0,57	-0,92	-0,24
0,12	0,29	-0,93	-0,53
0,11	0,68	-0,97	-0,17
0,11	0,29	-0,97	-0,54
0,11	0,28	-0,98	-0,55
0,11	0,49	-0,98	-0,31
0,10	0,49	-0,98	-0,31
0,10	0,40	-1,00	-0,40
0,09	0,09	-1,06	-1,06
0,09	0,26	-1,06	-0,58
0,09	0,31	-1,06	-0,50
0,08	0,43	-1,09	-0,37
0,07	0,28	-1,14	-0,56
0,07	0,14	-1,15	-0,85
0,07	0,40	-1,18	-0,40
0,06	0,11	-1,19	-0,97
0,06	0,54	-1,22	-0,27
0,06	0,10	-1,23	-1,01
0,05	0,11	-1,28	-0,98
0,05	0,29	-1,28	-0,54
0,05	0,07	-1,32	-1,14
0,05	0,21	-1,32	-0,69
0,05	0,16	-1,33	-0,78
0,04	0,21	-1,37	-0,67
0,04	0,22	-1,40	-0,66
0,04	0,34	-1,40	-0,47
0,04	0,32	-1,43	-0,50
0,03	0,12	-1,47	-0,92
0,03	0,12	-1,54	-0,94
0,03	0,24	-1,58	-0,62
0,03	0,08	-1,59	-1,11
0,02	0,11	-1,66	-0,96
0,02	0,06	-1,67	-1,19
0,02	0,02	-1,68	-1,68
0,02	0,17	-1,72	-0,76
0,01	0,12	-1,86	-0,91
0,01	0,05	-1,89	-1,29

Somme des amas parasitaires adultes de <i>Stenurus</i> sp. intacts /cm ²	Nombre de sections de <i>Stenurus</i> sp. /cm ²	log amas	log sections
0,06	0,09	-1,24	-1,06
0,05	0,26	-1,33	-0,59
0,04	0,04	-1,43	-1,43
0,03	0,03	-1,51	-1,51
0,03	0,66	-1,58	-0,18
0,02	0,27	-1,68	-0,56

Annexe n° 8:

Annexe 8: Prévalences et valeurs des indices de niveaux d'infection par *Halicercus* sp., *Stenurus* sp. et les larves

Numéro de pathologie	Prévalence <i>Halicercus</i> sp.	Prévalence larves	Prévalence <i>Stenurus</i> sp.	Sommes amas parasitaires adultes <i>Halicercus</i> / cm ²	Sommes amas parasitaires inflammation <i>Halicercus</i> / cm ²	Sommes amas parasitaires larves / cm ²	Sommes amas parasitaires inflammation larves / cm ²	Sommes amas parasitaires adultes <i>Stenurus</i> / cm ²	Sommes amas parasitaires inflammation <i>Stenurus</i> / cm ²
83-3284	1	0	0	0,2362	0,0886	0	0	0	0
83-4397	1	0	0	0,1061	0,0265	0	0	0	0
84-1615	1	0	0	0,1432	0	0	0	0	0
84-2293	1	0	0	0,0598	0	0	0	0	0
84-2633	1	0	0	0,3189	0,0981	0	0	0	0
84-3014	1	1	0	0,8481	0,0499	0,3991	0,3991	0	0
84-3407	1	0	0	0,0287	0	0	0	0	0
84-4382	1	0	0	0,2065	0,0516	0	0	0	0
85-3313	1	0	0	0,0289	0	0	0	0	0
86-1967	1	1	0	0,0874	0	0,0291	0,0291	0	0
86-2133	1	1	0	0,5045	0	0,2077	0,2077	0	0
86-2247	0	0	0	0	0	0	0	0	0
86-2360	1	1	1	0,6871	0,1562	0,0312	0,0312	0,0625	0
86-4571	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87-2823	1	1	0	1,9422	0,3468	0,0347	0,0347	0	0
88-3306	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88-3552	1	1	0	0,1591	0	0,1591	0,1591	0	0
88-3703	1	1	0	0,1633	0	0,3033	0,3033	0	0
88-4436	1	0	0	0,1076	0,0269	0	0	0	0
88-4465	1	1	0	6,7602	0,4867	14,422	14,422	0	0
88-4703	1	1	0	0,1541	0,1541	0,0685	0,0514	0	0
88-5086	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89-2057	1	0	0	0,3347	0,2231	0	0	0	0
89-2629	1	0	0	0,201	0,1005	0	0	0	0
89-2858	1	0	0	0,2584	0,2349	0	0	0	0
89-2859	1	0	0	0,043	0	0	0	0	0
89-3809	1	0	1	0,3419	0,0263	0	0	0,0263	0
89-3883	1	0	0	0,0585	0,0195	0	0	0	0
90-1773	1	0	0	0,025	0,025	0	0	0	0
90-2961	1	0	0	0,1189	0	0	0	0	0
90-4680	1	0	0	0,0281	0,0281	0	0	0	0
90-4739	1	0	1	0,0385	0	0	0	0,0193	0,0193
91-2978	1	1	0	0,3893	0,041	0,0615	0,0205	0	0
91-4196	1	1	0	0,528	0	0,0391	0	0	0
91-4295	0	0	0	0	0	0	0	0	0
91-4447	1	0	0	0,3395	0,0999	0	0	0	0
91-4642	1	0	0	0,1404	0,0351	0	0	0	0
92-4164	1	1	0	0,9147	0,0254	0,0508	0,0508	0	0

Número de pathologie	Prévalence <i>Halocercus</i> sp.	Prévalence larves	Prévalence <i>Stenurus</i> sp.	Sommes amas parasites adultes <i>Halocercus</i> / cm ²	Sommes amas parasites inflammation <i>Halocercus</i> / cm ²	Sommes amas parasites larves / cm ²	Sommes amas parasites inflammation larves / cm ²	Sommes amas parasites adultes <i>Stenurus</i> / cm ²	Sommes amas parasites inflammation <i>Stenurus</i> / cm ²
92-5506	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92-6147	1	0	0	0,078	0,026	0	0	0	0
92-6548	0	0	0	0	0	0	0	0	0
93-2861	1	0	0	0,2599	0,2079	0	0	0	0
93-3616	1	0	0	0,1231	0	0	0	0	0
93-4278	1	0	0	0,0261	0,0261	0	0	0	0
93-4742	1	1	0	0,4124	0,0458	0,0916	0,0229	0	0
93-5719	1	1	0	2,9382	2,0341	0,0283	0,0283	0	0
93-5792	1	0	0	0,3511	0,1505	0	0	0	0
93-6945	1	1	0	0,4373	0,3827	0,082	0,082	0	0
93-7158	1	1	1	0,0702	0,0234	0,0234	0,0234	0,0468	0,0468
93-8453	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94-3834	1	0	0	0,1964	0,1403	0	0	0	0
94-3915	1	1	0	0,7537	0,0328	0,0328	0	0	0
94-5102	1	1	0	0,4406	0,1102	0,0551	0,0367	0	0
94-7002	1	1	0	1,1509	0,2131	0,4902	0,4263	0	0
94-7947	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94-7976	1	1	0	1,1086	0,1848	0,0411	0,0411	0	0
94-9472	1	1	0	0,82	0,0364	0,7106	0,5467	0	0
95-3963	1	1	0	0,5134	0,0214	0,0856	0	0	0
95-4138	1	0	0	0,2926	0,0244	0	0	0	0
95-4668	1	0	0	0,0206	0	0	0	0	0
95-4887	1	1	1	0,7978	0,5669	0,105	0,105	0,021	0,021
95-5954	1	1	0	4,5255	0,8794	0,0643	0,0643	0	0
95-6240	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95-6418	1	0	0	0,8947	0,4473	0	0	0	0
95-6561	1	0	1	0,0291	0	0	0	0,0581	0
95-7653	1	0	0	0,1054	0,0527	0	0	0	0
95-7734	1	0	0	0,2273	0,1049	0	0	0	0
96-2833	1	1	0	0,2803	0,1401	0,1051	0,1051	0	0
96-3971	1	1	0	2,0554	0,0909	0,764	0,6002	0	0
96-4465	1	1	0	0,8978	0,2506	0,2506	0,1879	0	0
96-5738	1	1	0	0,4221	0,0352	0,1407	0,1055	0	0
96-5794	1	1	0	0,3928	0,0536	0,482	0,4285	0	0
96-6322	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96-8036	1	0	0	0,1558	0,0389	0	0	0	0
96-8218	1	1	0	5,858	0,5197	0,7086	0,6378	0	0
96-9330	1	0	0	0,219	0,0199	0	0	0	0
97-5351	1	0	0	0,0217	0	0	0	0	0
97-5837	1	0	0	0,1197	0,0598	0	0	0	0
97-6568	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97-6984	1	0	0	0,6701	0,2482	0	0	0	0
97-7479	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98-1966	1	1	0	0,9591	0,4726	0,0973	0,0973	0	0

Numéro de pathologie		Prévalence <i>Halocercus</i> sp.	Prévalence larves	Prévalence <i>Stenurus</i> sp.	Sommes amas parasitaires adultes <i>Halocercus</i> / cm ²	Sommes amas parasitaires inflammation <i>Halocercus</i> / cm ²	Sommes amas parasitaires larves / cm ²	Sommes amas parasitaires inflammation larves / cm ²	Sommes amas parasitaires adultes <i>Stenurus</i> / cm ²	Sommes amas parasitaires inflammation <i>Stenurus</i> / cm ²
98-5138	1	1	0	0,2573	0,0948	0,0813	0,0813	0	0	0
98-5151	1	0	0	0,2216	0,1741	0	0	0	0	0
98-5165	0	1	0	0	0	0,0181	0,0181	0	0	0
98-5615	1	0	0	0,086	0	0	0	0	0	0
98-7252	1	0	0	0,0754	0,0754	0	0	0	0	0
98-8080	1	0	0	0,0561	0	0	0	0	0	0
98-A116	1	0	0	0,1546	0,0172	0	0	0	0	0
98-D126	1	0	0	0,0317	0,0317	0	0	0	0	0
99-4438	1	1	0	0,4269	0,1537	0,0342	0	0	0	0
99-5107	1	0	0	0,0468	0,0312	0	0	0	0	0
99-6797	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99-7116	1	1	0	0,3851	0,2995	0,0428	0,0428	0	0	0
99-8302	1	1	0	0,7471	0,1019	0,0679	0	0	0	0
99-A645	1	1	1	1,7734	0	1,9458	0,8867	0,0246	0,0246	
99-D416	1	1	0	0,2803	0,1201	0,0267	0,0267	0	0	
00-B006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
00-B201	0	0	1	0	0	0	0	0,0372	0,0186	
00-B348	1	0	0	0,0211	0	0	0	0	0	
00-E914	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
00-F152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01-5794	1	1	0	0,6038	0,1666	0,0208	0,0208	0	0	
01-6755	1	0	0	0,0836	0,0209	0	0	0	0	
01-9185	1	0	0	0,2959	0,1775	0	0	0	0	
01-D757	1	1	0	0,6399	0,2042	0,0408	0,0408	0	0	
01-D923	1	0	0	0,1581	0,1186	0	0	0	0	
01-G438	1	1	0	0,4275	0,1267	0,0792	0,0792	0	0	
02-5218	1	1	0	1,0955	0,0939	0,2034	0,0782	0	0	
02-A462	1	0	0	0,0386	0,0257	0	0	0	0	
02-B561	1	0	0	0,0151	0,0151	0	0	0	0	
02-E916	1	1	0	0,2752	0,1675	0,012	0,012	0	0	
02-F249	1	1	0	0,2735	0	0,6046	0,4606	0	0	
03-4383	1	1	0	0,1513	0,1375	0,0138	0	0	0	
03-5664	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03-5932	1	0	0	0,0879	0	0	0	0	0	
03-8538	1	1	0	0,6688	0,118	0,2623	0,2361	0	0	

Bibliographie

1. ABELOOS M. (1932) Sur des Nematodes parasites des bronches du Marsouin. *Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Normandie*, **8e série**, 37-38.
2. ABOLLO E, LOPEZ A, GESTAL C *et al.* (1998) Macroparasites in cetaceans stranded on the northwestern Spanish Atlantic coast. *Dis. Aquat. Organ.*, **32**, 227-231.
3. ANDERSEN SH. (1974) A typical case history of the net-caught harbour porpoise, *Phocoena phocoena*, from Danish waters. *Aquatic Mammals*, **2**, 1-6.
4. ARNOLD PW, GASKIN DE. (1975) Lungworms (Metastrongyloidea: Pseudaliidae) of harbor porpoise *Phocoena phocoena* (L. 1758). *Can. J. Zool.*, **53**, 713-735.
5. BABERO BB, THOMAS LJ. (1960) A record of *Pharurus oserkai* (Skrjabin, 1942) in an Alaskan whale. *The journal of parasitology, research note*, p726.
6. BAILEY R, ZINGER N. (1995) Plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent. *publié par le ministère des Pêches et des Océans et fond mondial pour la nature-Canada*, 1-73.
7. BAKER JR. (1992) Causes of mortality and parasites and incidental lesions in dolphins and whales from British waters. *Vet. Rec.*, **130**, 569-572.
8. BAKER JR, MARTIN AR. (1992) Causes of mortality and parasites and incidental lesions in harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) from British waters. *Vet. Rec.*, **130**, 554-558.
9. BALBUENA JA, ASPHOLM PE, ANDERSEN KI *et al.* (1993) Lung-worms (Nematoda: Pseudaliidae) of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in Norwegian waters: patterns of colonization. *Parasitology*, **108**, 343-349.
10. BARNES LG. (1977) Outline of Eastern north Pacific fossil cetacean assemblages. *Systematic Zoology*, **25**, 321-343.
11. BAYLIS HA. (1928) Note on *Stenurus ovatus* (v. Linstow), a little-known Lung-worm of cetacea. *Annals and Magazine of Natural History*, **10**, 464-466.
12. BÉLAND P. (1996) The beluga whales of the St.Lawrence river. *Scientific American*, **274**, 58-65.
13. BÉLAND P, DE GUISE S, GIRARD C *et al.* (1993) Toxic compounds and health end reproductive effects in St.Lawrence beluga whales. *J. Great Lakes Res.*, **19**, 766-775.
14. BELAND P, DE GUISE S, MARTINEAU D. (1994) Pollution: menaces sur le Béluga du Saint-Laurent. *Cahiers d'Ethologie*, **14**, 323-334.
15. BÉLAND P, MARTINEAU D, ROBICHAUD P *et al.* (1987) Echouages de mammifères marins sur les côtes du Québec dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent de 1982 à 1985. *Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, **1506**, 1-44.
16. BLANE JM, JAAKSON R. (1994) The impact of ecotourism boats on the St Lawrence beluga whales. *Environmental Conservation*, 267-269.
17. BOWIE JY. (1984) Parasites from an Atlantic bottle-nose dolphin (*Tursiops truncatus*), and a revised checklist of parasites of this host. *New Zealand Veterinary Journal*, **11**, 395-398.
18. BRETON M, SMITH TG. (1990) Le béluga. *Le monde sous-marin, publié par le Ministère des Pêches et des Océans au Canada*, 2-12.

19. BRODIE PF. (1971) A reconsideration of aspects of growth, reproduction, and behavior of the white whale (*Delphinapterus leucas*), with reference to the Cumberland sound, Baffin Island, population. *Journal Fisheries research board of Canada*, **28**, 1309-1318.
20. BRODIE PF. (1989) The white whale *Delphinapterus leucas* (Pallas, 1776). In: RIDGWAY SH, HARRISON SR, editors. *Handbook of Marine Mammals* vol. 4, Academic Press, London, **6**, 119-144.
21. BROSENS L, JAUNIAUX T, SIEBERT U et al. (1996) Observations on the helminths of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) and common guillemots (*Uria aalge*) from the Belgian and German coasts. *Vet. Rec.*, **139**, 254-257.
22. CALDWELL MC, CALDWELL DK, ZAM SG. (1968) Occurrence of the lung worm (*Halocercus* sp.) in Atlantic bottlenosed dolphins (*Tursiops truncatus*) as a husbandry problem. In *proceedings of the Second Symposium on Diseases and Husbandry of Aquatic Mammals*, 11-15.
23. CANNON LRG. (1977) some aspects of the biology of *Peponocephala electra* (Cetacea: Delphinidae) II.*Parasites. *Australian journal of marine and freshwater research*, **28**, 717-722.
24. CARWARDINE M, HOYT E, FORDYCE RE, GILL P. (1998) *La grande famille des cétacés, baleines, dauphins et marsouins*. ed. Könemann, 288p.
25. CONLOGUE GJ, OGDEN JA, FOREYT WJ. (1985) Parasites of the Dall's porpoise (*Phocoenoides dalli* True). *J. Wildl. Dis.*, **21**, 160-166.
26. CORCUERA J, MONZON F, AGUILAR A et al. (1995) Life history data, organochlorine pollutants and parasites from eight Burmeister's porpoises, *Phocoena spinipinnis*, caught in northern Argentine waters. *Report of the International Whaling Commission*, 365-372.
27. COWAN DF. (1966) Pathology of the pilot whale. *Globicephala melaena*. A comparative survey. *Arch. Pathol.*, **82**, 178-189.
28. COWAN DF. (1967) Helminth parasites of the pilot whale *Globicephala melaena* (Traill 1809). *The journal of parasitology*, **53**, 166-167.
29. DAILEY MD. (1971) Distribution of Helminths in the Dall Porpoise (*Phocoenoides dalli* True). *The journal of parasitology, research note*, **57**, 1348-.
30. DAILEY MD, PERRIN WF. (1973) Helminth parasites of porpoises of the genus *Stenella* in the eastern tropical Pacific, with descriptions of two new species: *Mastigonema stenellae* gen. et sp. n. (Nematoda: Spiruroidea) and *Zalophotrema pacificum* sp.n. (Trematoda: Digenea). *fishery bulletin national oceanic and atmospheric administration*, **71**, 455-471.
31. DAILEY MD, STROUD R. (1978) Parasites and associated pathology observed in cetaceans stranded along the Oregon coast. *J. Wildl. Dis.*, **14**, 503-511.
32. DAILEY MD, WALKER WA. (1978) Parasitism as a factor (?) in single strandings of southern California cetaceans. *The journal of parasitology*, **64**, 593-596.
33. DAILEY MD, WALSH M, ODELL D et al. (1991) Evidence of prenatal infection in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) with the lungworm *Halocercus lagenorhynchi* (Nematoda: Pseudaliidae). *J. Wildl. Dis.*, **27**, 164-165.
34. DE GUISE S, LAGACÉ A, BÉLAND P. (1994a) Tumors in St.Lawrence beluga whales (*Delphinapterus leucas*). *Vet. Pathol.*, **31**, 444-449.

35. DE GUISE S, MARTINEAU D, BÉLAND P *et al.* (1994b) True hermaphrodisim in a St.Lawrence beluga whale (*Delphinapterus leucas*). *J. Wildl. Dis.*, **30**, 287-290.
36. DE GUISE S, MARTINEAU D, BÉLAND P *et al.* (1995) Possible mechanisms of action of environmental contaminants on St.Lawrence beluga whales (*Delphinapterus leucas*). *Environmental Health Perspectives*, **103**, 73-77.
37. DI GUARDO G, AGRIMI U, MORELLI L *et al.* (1995) Post mortem investigations on cetaceans found stranded on the coasts of Italy between 1990 and 1993. *Vet. Rec.*, **136**, 439-442.
38. DOLD C. (1993) The great white whales. *Wildlife Conservation*, 45-53.
39. DOUGHERTY EC. (1944) The lungworms (nematoda: Pseudaliidae) of the Odontoceti. Part I. *Parasitology*, **36**, 80-94.
40. FAULKNER J, MEASURES LN, WHORISKEY FG. (1998) *Stenurus minor* (Metastrongyloidea: Pseudaliidae) infections of the cranial sinuses of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena*. *Can. J. Zool.*, **76**, 1209-1216.
41. FERNANDEZ M, AGUSTI C, AZNAR FJ *et al.* (2003) Gastrointestinal helminths of Risso's dolphin *Grampus griseus* from the Western Mediterranean. *Dis. Aquat. Organ.*, **55**, 73-76.
42. FONTAINE PH. (1998) *Les baleines de l'Atlantique Nord biologie et écologie*. ed. Multimondes, St-Foy, Québec, 290p.
43. FORRESTER DJ, ODELL DK, THOMPSON NP *et al.* (1980) Morphometrics, parasites, and chlorinated hydrocarbon residues of pygmy killer whales from Florida. *Journal of Mammalogy*, **61**, 356-360.
44. GALLEGOS J, SELVA JM. (1979) Skrjabinalius guevarai n.sp. (Nematoda: Pseudaliidae), parasito pulmonar del delfin mular, *Tursiops truncatus* Montagu, 1821 (Cetacea: Delphinidae) en el Adriatico. *Revista Iberica de Parasitologia*, **39**, 203-208.
45. GARDINER CH, POYNTON SL. (1999) *An atlas of Metazoan parasites in animal tissues*. Registry of Veterinary Pathology Armed Forces Institute of Pathology, Washington DC, 63p.
46. GERACI JR, LOUNSBURY VJ. (1993) *Marine Mammals Ashore: a field guide for strandings*, Texas A&M University Sea Grant College Program, 305p.
47. GERACI JR, ST-AUBIN DJ. (1986) effects of parasites on marine mammals. *Proceedings of the sixth International congress of parasitology*, 407-414.
48. GIBSON DI, HARRIS EA, BRAY RA *et al.* (1998) A survey of the helminth parasites of cetaceans stranded on the coast of England and Wales during the period 1990-1994. *The Zoological Society of London*, **244**, 563-574.
49. GOSSELIN JF, MEASURES LN. (2002) La population de bélugas de l'estuaire. *Suivi de l'état du Saint-Laurent, ressources biologiques*, Institut Maurice-Lamontagne, Pêches et Océans Canada, 1-6.
50. GREENWOOD AG, TAYLOR DC. (1978) Clinical and pathological findings in dolphins in 1977. *Aquatic Mammals*, **6**, 33-38.
51. GREENWOOD AG, TAYLOR DC. (1979) Odontocete parasites- some new host records. *Aquatic Mammals*, **7**, 23-25.
52. HARRISON R, BRYDEN MM. (1989) *Baleines, dauphins et marsouins*. Encyclopédie visuelle Bordas, Paris, 239p.

53. HOUDE M, MEASURES LN, HUOT J. (2003) Experimental transmission of *Pharurus pallasii* (Nematoda: Metastrongyloidea), a lungworm of the cranial sinuses of the beluga whale (*Delphinapterus leucas*), to fish. *Can. J. Zool.*, **81**, 364-370.
54. HOUDE M, MEASURES LN, HUOT J. (2003) Lungworm (*Pharurus pallasii*: Metastrongyloidea: Pseudaliidae) infection in the endangered St Lawrence beluga whale (*Delphinapterus leucas*). *Can. J. Zool.*, **81**, 543-551.
55. HSÜ HF, HOEPLI R. (1933) On some parasitic nematodes collected in Amoy. *Pekin National History Bulletin*, **8**, 155-168.
56. INSTITUT MAURICE-LAMONTAGNE (2003) Le béluga du Saint-Laurent: une population en danger. *Le béluga du Saint-Laurent: une population en danger*
57. JEPSON PD, BAKER JR, KUIKEN T et al. (2000) Pulmonary pathology of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) stranded in England and Wales between 1990 and 1996. *Vet. Rec.*, **146**, 721-728.
58. JOHNSTON DG, RIDGWAY SH. (1969) Parasitism in some marine mammals. *Journal of American Veterinary Medical Association*, **155**, 1064-1072.
59. JOHNSTON TH. (1941) Nematodes from Australian marine mammals. *Records of the South Australian Museum*, **6**, 429-434.
60. KENYON AJ, KENYON BJ. (1977) Prevalence of *Pharurus pallasii* in the beluga whale (*Delphinapterus leucas*) of Churchill River Basin, Manitoba. *J. Wildl. Dis.*, **13**, 338-340.
61. KIJEWSKA A, JANKOWSKI Z, KUKLIK I et al. (2003) Pathological changes in the auditory organs of the harbor porpoise (*Phocoena phocoena* L.) associated with *Stenurus minor* (Kühn, 1829). *Acta Parasitologica*, **48**, 60-63.
62. KIKUCHI S, NAKAJIMA M. (1996) Morphology of a Pseudaliid nematode from the air sinus of a dolphin, *Peponocephala electra*. *Japanese Journal of Parasitology*, **45**, 215-221.
63. KINGSLEY MCS. (1998) Population index estimates for the St.Lawrence belugas, 1973-1995. *Marine Mammal Science*, **14**, 508-530.
64. KLEINENBERG SE, YABLOKOV AV, BEL'KOVICH BM, TARASEVICH MN. (1969) *Beluga (Delphinapterus leucas) investigation of the species.* ed. Jerusalem : Israël Program for Scientific Translations (IPST) Press, 376p.
65. KONTRIMAVICHUS VL, DELYAMURE SL, BOEV SN. (1976) Metastrongyloids of domestic and wild animals [in Russian]. In: *Fundamentals of Nematology* Moscow: Academy of Sciences of the USSR, Nauka Publishers, **26**, 183-218.
66. KULU DD. (1972) Evolution et cytogenetics. In : RIDGWAY SH, editors. *Mammals of the sea.* ed. Springfield, Illinois, U.S.A. Charles C Thomas, 503-527.
67. KURAMOCHI T, ARAKI J, MACHIDA M. (1990) Pseudaliid nematodes from Dall's porpoise, *Phocoenoides dalli*. *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo*, **16**, 97-103.
68. LEMBERGER K. (2001) Pathologie et toxicologie du béluga (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec, Canada. *Thèse vétérinaire*, Lyon, 121p.
69. LESAGE V, BARRETTE C, KINGSLEY MCS et al. (1999) The effect of vessel noise on the vocal behavior of belugas in the St.Lawrence river estuary, Canada. *Marine Mammal Science*, **15**, 65-84.

70. LESAGE V, KINGSLEY MCS. (1995) Bilan des connaissances de la population des bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent. *Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 1-44.
71. LINS DE ALMEIDA J. (1933) Nouveau nématode parasite de Cétacés du Brésil, *Halocercus brasiliensis* n.sp. *Société de Biologie de Rio de Janeiro*, **114**, 955-957.
72. LINT DW, CLAYTON JW, LILLIE WR *et al.* (1990) Evolution and systematics of the beluga whale, *Delphinapterus leucas*, and other odontocetes: a molecular approach. *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences*, **224**, 7-22.
73. MACHIDA M. (1974) Helminth parasites of the True's Porpoise, *Phocoenoides truei* Andrews. *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo*, **17**, 221-227.
74. MACNEILL AC, NEUFELD JL, WERSTER WA. (1975) Pulmonary nematodiasis in a narwhale. *Can. J. Zool.*, **16**, 53-55.
75. MARTINEAU D. (2004) Pathologie de la faune et de l'environnement. *polycopié de cours, faculté de médecine vétérinaire, université de Montréal, département de Pathologie et Microbiologie*, 1-140.
76. MARTINEAU D, BÉLAND P, DESJARDIN C *et al.* (1987) Levels of Organochlorine Chemicals in tissues of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) from the St.Lawrence estuary, Québec, Canada. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **16**, 137-147.
77. MARTINEAU D, DE GUISE S, FOURNIER M *et al.* (1994) Pathology and toxicologie of beluga whales from the St.Lawrence Estuary, Quebec, Canada. Past, present and future. *The Science of the Total Environment*, **154**, 201-215.
78. MARTINEAU D, LAGACÉ A, BÉLAND P *et al.* (1986) Rupture of a dissecting aneurysm of the pulmonary trunk in a beluga whale (*Delphinapterus leucas*). *J. Wildl. Dis.*, **22**, 289-294.
79. MARTINEAU D, LAGACÉ A, BÉLAND P *et al.* (1988) Pathology of stranded Beluga Whales (*Delphinapterus leucas*) from the St. Lawrence Estuary, Québec, Canada. *J. Comp Pathol.*, **98**, 287-311.
80. MARTINEAU D, LEMBERGER K, DALLAIRE A *et al.* (2002) Cancer in wildlife, a case study: beluga from the St.Lawrence estuary, Quebec, Canada. *Environmental Health Perspectives*, **110**, 285-292.
81. MCCOLL KA, OBENDORF DL. (1982) Helminth parasites and associated pathology in stranded Fraser's dolphins, *Lagenodelphis hosei* (Fraser, 1956). *Aquatic Mammals*, **9**, 30-34.
82. MEASURES LN. (2001) Lungworms of marine mammals. In : SAMUEL WM, PYBUS MJ, KOCAN AA, editors. *Parasitic diseases of wild mammals*. 2nd ed. The Iowa State University Press, Ames, 279-300.
83. MEASURES LN, BÉLAND P, MARTINEAU D *et al.* (1995) Helminths of an endangered population of belugas, *Delphinapterus leucas*, in the St-Lawrence estuary, Canada. *Can. J. Zool.*, **73**, 1402-1409.
84. MICHAUD R. (1993) *Rencontres avec les baleines du Saint-Laurent*. ed. Tadoussac: GREMM, 74p.
85. MIGAKI G, VAN DYKE D, HUBBARD RC. (1971) Some histopathological lesions caused by helminths in marine mammals. *J. Wildl. Dis.*, **7**, 281-289.
86. MIGNUCCI-GIANNONI AA, HOBERG EP, SIEGEL-CAUSEY D *et al.* (1998) Metazoan parasites and other symbionts of cetaceans in the Caribbean. *J. Parasitol.*, **84**, 939-946.

87. MOSER M, RHINEHART H. (1993) The lungworm, *Halocercus* spp. (Nematoda: Pseudaliidae) in cetaceans from California. *J. Wildl. Dis.*, **29**, 507-508.
88. NOWAK RM. (1991) *Walker's mammals of the world*. 5th ed. London: Johns Hopkins university Press, 1629p.
89. PARSONS ECM, BOSSART GD, KINOSHITA RE. (1999) Postmortem findings in a finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides*) calf stranded in Hong Kong. *Vet. Rec.*, **144**, 75-76.
90. PARSONS ECM, JEFFERSON TA. (2000) Post-mortem investigations on stranded dolphins and porpoises from Hong Kong waters. *J. Wildl. Dis.*, **36**, 342-356.
91. PARSONS ECM, OVERSTREET RM, JEFFERSON TA. (2001) Parasites from Indo-Pacific hump-backed dolphins (*Sousa chinensis*) and finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides*) stranded in Hong Kong. *Vet. Rec.*, **148**, 776-780.
92. PATENAUDE NJ, QUINN JS, BELAND P *et al.* (1994) Genetic variation of the St.Lawrence beluga whale population by DNA fingerprinting. *Molecular Ecology*, **3**, 375-381.
93. PETTER AJ, PILLERI G. (1982) *Pharurus asiaorientalis* new species, Metastrongylid Nematode, Parasite of *Neophocaena asiaorientalis* (Phocoenidae, Cetacea). *Investigations on Cetacea*, **13**, 141-148.
94. PLOURDE S, ROONEY E. (1990) Le Saint-Laurent et ses bélugas. *Société linnéenne du Québec*
95. RAGA JA, ABRIL E, ALMOR P. (1987) *Skrjabinalius guevarai* Gallego et Selva, 1979 (Nematoda: Pseudaliidae), a lungworm parasitizing dolphins (Cetacea: Delphinidae) in the western Mediterranean sea. *Rivista di Parassitologia*, **4**, 27-32.
96. RAGA JA, PETTER AJ, DUGUY R. (1987) catalogue des parasites de Cétacés des collections du Musée Océanographique de La Rochelle. *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle, section A*, **9**, 159-168.
97. REEVES RR, MITCHELL E. (1984) Catch history and initial population of white whales (*Delphinapterus leucas*) in the river and gulf of St-Lawrence, eastern Canada. *Naturaliste can (Rev. Ecol. Syst.)*, **111**, 63-121.
98. REEVES RR, MITCHELL E. (1988) Les cétacés du Canada. *Le monde sous-marin, publié par le Ministère des Pêches et des Océans au Canada*, 2-30.
99. RIDGWAY SH. (1972) *Mammals of the sea. Biology and Medicine*. Springfield, Illinois: Charles C Thomas, 812p.
100. RIDGWAY SH, BOWERS CA, MILLER D *et al.* (1984) Diving and blood oxygen in the white whale. *Can. J. Zool.*, **62**, 2349-2351.
101. ROKICKI J, BERLAND B, WROBLEWSKI J. (1997) Helminths of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena* (L.), in the southern Baltic. *Acta Parasitologica*, **42**, 36-39.
102. SANTOS CP, ROHDE K, RAMOS R *et al.* (1996) Helminths of cetaceans on the southeastern coast of Brasil. *Journal of the Helminthological Society of Washington*, **63**, 149-152.
103. SERGEANT DE. (1973) Biology of White Whales (*Delphinapterus leucas*) in Western Hudson Bay. *Journal Fisheries research board of Canada*, **30**, 1065-1090.
104. SERGEANT DE. (1986) Present status of white whales *Delphinapterus leucas* in the St-Lawrence estuary. *Naturaliste can.(Rev. Ecol. Syst.)*, **113**, 61-81.

105. SERGEANT DE, BRODIE PF. (1975) Identity, abundance, and present status of populations of white whales, *Delphinapterus leucas*, in North America. *Journal Fisheries research board of Canada*, **32**, 1047-1054.
106. SERGEANT DE, HOEK W. (1988) An update of the status of white whales *Delphinapterus leucas* in the Saint Lawrence estuary, Canada. *Biological Conservation*, **45**, 287-302.
107. SIEBERT U, WÜNSCHMANN A, WEISS R et al. (2001) Post-mortem findings in harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) from the German North and Baltic seas. *J. Comp. Pathol.*, **124**, 102-114.
108. SJARE BL, SMITH TG. (1986) The relationship between behavioral activity and underwater vocalizations of the white whale, *Delphinapterus leucas*. *Can. J. Zool.*, **64**, 2824-2831.
109. SLIJPER E.J. (1962) *Whales*. ed. London: Hutchinson & co, 475p.
110. SOURY G. (1996) *Dauphins en liberté*. Paris: Nathan, 285p.
111. ST-AUBIN DJ, GERACI JR. (1989) Seasonal variation in thyroid morphology and secretion in the white whale, *Delphinapterus leucas*. *Can. J. Zool.*, **67**, 263-267.
112. ST-AUBIN DJ, SMITH TG, GERACI JR. (1990) Seasonal epidermal molt in beluga whales, *Delphinapterus leucas*. *Can. J. Zool.*, **68**, 359-367.
113. STROUD RK, ROFFE TJ. (1979) Causes of death in marine mammals stranded along the Oregon Coast. *J. Wildl. Dis.*, **15**, 91-97.
114. SWEENEY JC, RIDGWAY SH. (1975) Common diseases of small cetaceans. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, **167**, 533-540.
115. SYLVESTRE JP. (1989) *Baleines et cachalots*. Lausanne: Delachaux et Niestlé, 135p.
116. SYLVESTRE JP. (1998) *Guide des mammifères marins du Canada*. Broquet, l'Acadie, Québec, 330p.
117. TANTALEAN M, CABRERA R. (1999) Algunos helmintos de la marsopa espinosa, *Phocoena spinipinnis* de la Reserva Nacional de Paracas, Peru. *Parasitología Al Dia*, **23**, 57-58.
118. TORRES P, CORTES P, OPORTO JA et al. (1994) The occurrence of *Stenurus australis* Tantalean and Sarmiento, 1991 (Nematoda: Metastrengyoidea) in the porpoise *Phocoena spinipinnis* (Burmeister, 1865) on the southern coast of Chile. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, **89**, 141-143.
119. VAN WAERBEEK K, REYES JC, ALFARO J. (1993) Helminth parasites and phoronts of dusky dolphins *Lagenorhynchus obscurus* (Gray, 1828) from Peru. *Aquatic Mammals*, **19**, 159-169.
120. VIALE D. (1981) Lung pathology in stranded cetaceans on the Mediterranean coasts. *Aquatic Mammals*, **8**, 96-100.
121. VLADYKOV VD. (1944) Etudes sur les mammifères aquatiques III. Chasse, biologie et valeur économique du marsouin blanc ou béluga (*Delphinapterus leucas*) du fleuve et du golfe Saint-Laurent. *Contributions de l'Institut de Biologie de l'Université de Montréal, Département des Pêcheries*, Québec, **15**, 1-194.
122. WANDREY R. (1999) *Guide des mammifères marins du monde*. Lausanne-Paris: Delachaux et Niestlé, 283p.

123. WASURA KW, STRONG JT, GLENN CL *et al.* (1986) Helminths of the beluga whale (*Delphinapterus leucas*) from the Mackenzie River Delta, Northwest Territories. *J. Wildl. Dis.*, **22**, 440-442.
124. WEBSTER WA, NEUFELD JL, MACNEILL AC. (1973) *Halocercus monoceris* sp.n. (Nematoda: Metastringyloidea) from the Narwhal, *Monodon monoceros*. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, **40**, 255-258.
125. WOODARD JC. (1968) Pathology of lung nematode infection in porpoises. In *proceedings of the Second Symposium on Diseases and Husbandry of Aquatic Mammals*, p17.
126. WU HW. (1929) On *Halocercus pingi* n.sp. a lung-worm from the porpoise, *Neomeris phocoenoides*. *The journal of parasitology*, **15**, 276-279.
127. WUNSCHMANN A, SIEBERT U, FRESE K *et al.* (2001) Evidence of infectious diseases in harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) hunted in the waters of Greenland and by-caught in the German North Sea and Baltic Sea. *Vet. Rec.*, **148**, 715-720.
128. ZAM SG, CALDWELL DK, CALDWELL CC. (1971) Some endoparasites from small odontocete cetaceans collected in Florida and Georgia. *Cetology*, **2**, 1-11.
129. ZYLBER MI, FAILLA G, LE BAS A. (2002) *Stenurus globicephala* Baylis et Daubney, 1925 (Nematoda: Pseudaliidae) from a false killer whale, *Pseudorca crassidens* (Cetacea: Delphinidae), stranded on the coast of Uruguay. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, **97**, 221-225.