

**Stéphane Meder Vincileoni**

**4<sup>e</sup> année**

**FMV – UNIVERSITÉ DE MONTREAL**



**PATHOLOGIE DE LA FAUNE  
ET DE L'ENVIRONNEMENT  
PTM-4441**

**DANIEL MARTINEAU, DMV, M.Sc. Ph.D. Dipl. ACVP**

**AVRIL 2007**

# LE POU DE MER, UNE PATHOLOGIE DU SAUMON

## Index

1. Introduction
2. Biologie du pou
  - 2.1. Stades de développement : *Lepeopheirus salmonis* et *Caligula elongatus*
  - 2.2. Découverte de l'hôte et dispersion du pou de mer
  - 2.3. Capacité reproductive
  - 2.4. Interactions du pou avec son hôte
3. Produits employés pour le contrôle du pou de mer
  - 3.1. Contrôle pharmacologique
    - 3.1.1. Les antiparasitaires
    - 3.1.2. Résistance
    - 3.1.3. Toxicité sur la faune et impact sur l'environnement
  - 3.2. Autres formes de contrôle
    - 3.2.1. Vide sanitaire et sites de production
    - 3.2.2. Vaccins
    - 3.2.3. Contrôle biologique
    - 3.3.4 Contrôle avec les phéromones
4. Conclusion

## Le pou de mer, une pathologie du saumon

### 1. Introduction

Le pou de mer est un copépode au cycle complexe qui vit comme du plancton libre pour se transformer en parasite au cours de son développement. On le rencontre dans l'Atlantique et le Pacifique dans un environnement marin et saumâtre, à l'ouverture de fleuves et rivières, estuaires, baies et fjord, où il dépend de la température et la salinité pour se développer et parasiter le saumon sauvage et d'élevage. Plusieurs espèces membres de la famille *Caligidae* sont rapportées dont les genres *Lepeophteirus salmonis* et *Caligula elongatus* dans l'Atlantique et le Pacifique; *Caligula clemensi*, *Caligula rogercresseyi* (Chili) et *Caligula teres* (Chili) dans le Pacifique. L'impact de ce parasitisme sur le saumon sauvage et d'élevage est économiquement très important. Il affecte l'alevin ou le saumoneau sauvage et les saumons d'élevage sur les 18 à 24 mois du cycle de production. Ce parasitisme contribue à un retour en eau douce ou la mort en mer chez le saumoneau, à des retards de croissance, à la diminution de la fécondité et à des infections secondaires chez le saumon d'élevage. Son contrôle chez ce dernier avec les différents antiparasitaires externes et endectocides existants contribueraient jusqu'à présent à la pollution de l'environnement et la présence de résidus chez quelques espèces qui cohabitent dans le même milieu que les saumons d'élevage. La recherche avec d'autres approches tels des vaccins, des poissons vidangeurs, des phéromones n'est pas encore assez développée. Néanmoins le contrôle du pou du saumon sauvage serait amélioré avec une gestion optimisée des parcs de saumon d'élevage. La solution aux différents problèmes posés par le pou de mer repose sur une approche intégrale : une meilleure connaissance de la biologie et de l'écologie de ce parasite, l'élection du traitement, la gestion des parcs d'élevage et leur emplacement. Dans cette approche intégrale le médecin vétérinaire a un rôle non négligeable : en effet, quand il n'est pas en

charge des exploitations il en est le responsable technique et est le seul à pouvoir prescrire un traitement.

## 2. Biologie du pou

### 2.1. Stades de développement : *Lepeoptheirus salmonis* et *Caligula elongatus*

<b>Stade</b>	<b>L. salmonis</b> (spécifique au saumon)	<b>C. elongatus</b> (parasite près de 80 espèces)
<b>Planctonique</b>	Stade de dispersion	Stade de dispersion
<b>Nauplius I</b>	Nage libre	Nage libre
<b>Nauplius II</b>	dans la colonne d'eau	dans la colonne d'eau
<b>Semi-planctonique</b>	Stade infectieux	Stade infectieux
<b>Copépodite</b>		
<b>Chalimus</b>	Filament frontal	Filament frontal
<b>Larve Chalimus</b>	court et large	long et mince
<b>I, II, III et IV</b>		
<b>Préadulte I et II</b>	Se déplace sur l'hôte	Absent
<b>Adulte</b>	Se déplace sur l'hôte	Se déplace sur l'hôte et d'hôte à hôte

Tableau 1 : Stade de développement de *L. salmonis* et *C. elongatus*

*Lepeoptheirus salmonis* et *Caligula elongatus*, deux des espèces les plus rapportées, dans le Pacifique de l'hémisphère nord et l'Atlantique présentent quelques différences : *L. salmonis* est spécifique au saumon alors que *C. elongatus* parasite près de quatre vingts espèces de poissons dont la morue et l'aiglefin; le nombre de stades du cycle biologique de *L. salmonis* est au nombre de 10 et celui de *C. elongatus* est de 8 (*C. elongatus* n'a pas de phase pré-adulte); *L. salmonis* présente un filament frontal court et large alors que *C. elongatus* présente un filament frontal plus long et mince au stade chalimus; Les stades du cycle sont celles du stade nauplien (au nombre de deux) à copépodite

(stade infectieux pour les deux espèces [4, 5]. À ce stade le pou identifie son hôte et s'y attache), stade chalimus (au nombre de quatre. A ce stade, le pou est fixé sur son hôte par un filament frontal. Il est fixe), stade pré-adulte (au nombre de deux. A ce stade, le pou se déplace librement sur son hôte et d'un hôte à un autre comme c'est le cas pour *C. elongatus*) et adulte.

A chacun de ces stades, à exception du stade adulte, le pou délaisse son squelette externe muni d'un nouvel exosquelette formé en dessous de l'autre. Les stades nauplius (I et II) et copépodite sont appelés des stades de dispersion ou le pou du poisson est planctonique et nage avec le courant dans la colonne d'eau. Il vit de ses réserves et ne commencera à s'alimenter que lorsqu'il aura découvert son hôte [1, 4, 5].

## 2.2. Découverte de l'hôte et dispersion du pou de mer

Plusieurs stimuli ont été identifiés dans la découverte de l'hôte par le pou: à courte distance des ombres et des scintillements produits par les hôtes; sur de longues distances (des dizaines de mètres) des substances chimiques « odoriférantes » dégagées par un groupe de saumons qui migre ou qui réside en parc d'exploitation [1, 2, 4, 7, 11, 17]. Les substances « odoriférantes » seraient des kairomones (leur émission bénéficie le récepteur) [17]. Le pou s'attache sur son hôte sur n'importe quelle partie de son anatomie avec ses pinces, mais un plus grand nombre est souvent observé à proximité de la tête [1, 2, 4, 11]. Au stade chalimus, le pou va se fixer au moyen du filament frontal sur les écailles, le cartilage, les rayons des nageoires et on en observe aussi près des yeux [1, 4, 11]. Le filament central au stade chalimus représente un ancrage indispensable à l'exuviation. La localisation des poux peut affecter les capacités sensorielles des saumons sauvages et d'exploitation.

La dispersion du pou de mer, qui peut s'étendre jusqu'à 30 km et 75 km, est d'un grand intérêt pour une localisation adéquate des exploitations de saumons mais aussi en relation au saumon sauvage dans sa migration, mais elle n'est pas complètement élucidée jusqu'à maintenant [1, 4, 11, 12]. Néanmoins elle est limitée par la salinité puisqu'en dessous de 29 ppt, c'est-à-dire près des

embouchures de rivières, la survie des copépodes est compromise [6, 11]. En dessous de 12 ppt les copépodes meurent en quelques heures [6, 11]. La salinité en haute mer est d'environ 35 ppt.

### 2.3. Capacité reproductive

La capacité reproductive du pou est élevée et ni l'éclosion des œufs, ni le développement des stades infectieux ne sont inhibés par l'hiver. Néanmoins à basse température la viabilité des œufs est affectée. Les températures auxquelles peuvent éclore les œufs varient entre 1° C et 12.2° C, mais dans des eaux à plus de 18° C, on ne retrouve pas le parasite dans les exploitations comme cela a été constaté en Norvège [4, 11]. Des chercheurs en Écosse n'ont pas pu par contre établir une corrélation entre la température et l'abondance de poux. Il en a été déduit qu'il existe une dynamique de population différente géographiquement [11].

### 2.4. Effets pathogènes du pou avec son hôte

Les effets pathogènes du pou avec le saumon se manifestent par une perte d'appétit (la consommation d'aliment et la conversion alimentaire sont diminuées), le stress qui est caractérisé par des sauts, des mouvements brusques, des érosions suivies de problèmes osmotiques et des infections secondaires (vibriose, furunculose) [1, 2, 11, 22]. L'espèce de saumon la plus sévèrement affectée par le pou de mer (*L. salmonis*) selon plusieurs études serait le saumon Atlantique. En effet, ce dernier aurait une plus grande réceptivité au pou que le saumon du Pacifique et le saumon Coho à cause d'une couche épidermique plus mince, une densité moins élevée de cellules muqueuses, une activité lysozyme et protéase moindre [1, 4, 11].

Cette réceptivité serait aussi responsable du développement plus rapide des stades infectieux à adulte chez le saumon atlantique. Aussi des chercheurs ont soulevé le fait que le saumon Coho bloquerait la production des protéases du pou alors que d'autres hôtes, comme ce serait le cas pour le saumon atlantique stimuleraient leurs productions et celle de la Prostaglandine E<sub>2</sub> [4, 24] Cette

dernière a été identifiée après, dans le mucus de ces poissons. La prostaglandine  $E_2$  a un effet protecteur sur le parasite par son action vasodilatatrice contre la réponse immunitaire de l'hôte [4, 24], c'est-à-dire contre l'expression des interleukines, de la cyclooxygénase-2 et des complexes majeurs d'histocompatibilité de type I et II [1, 13]. Les paramètres biochimiques et hématologiques des poissons infectés sont aussi modifiés : le cortisol et le glucose sont augmentés, l'hématocrite, le sodium et le cholestérol sont diminués [10]. Il a été rapporté par des chercheurs que *C. elongatus* parasitait en premier le saumon et *L. salmonis* le remplaçait dans les exploitations intensives dans lesquelles ces deux espèces sont présentes [10]. Il a été suggéré que *C. elongatus* se déplacerait avec une plus grande fréquence d'un hôte à un autre et les infestations pourraient être dues à la présence d'hôtes parasités différents du saumon à proximité des élevages [1, 11]. D'autre part le stress dû à la densité des parcs d'exploitation est un facteur de risque reconnu en élevage des saumons qui favorise l'infestation par les poux [2]. L'exploitation de saumons de différents âges dans les parcs d'exploitation est aussi un facteur qui contribue à l'entretien de l'infection par le pou. Enfin la gestion des parcs représente aussi un risque. En effet, les filets des parcs peuvent être sales favorisant un mouvement réduit de l'eau et des conditions plus propices pour le maintien des poux [1]

La rupture des filets, la sortie de saumons des parcs d'élevage dû au mauvais état de la mer, la présence de prédateurs dont le phoque, la proximité des fermes d'élevage des cours d'eau, dans les baies (ex. : Baie de Fundy) et les estuaires, ont été mis en cause dans la transmission du pou chez le saumon sauvage [1, 7]. Les saumons d'élevage restent proche des exploitations mais remontent aussi les rivières [1]. Les saumons d'élevage qui remontent les rivières vont aussi rentrer en compétition avec les saumons sauvages pour l'habitat réduisant leur population [21]

En Norvège il a été rapporté que la transmission du pou et l'infestation qui en résulte cause une mortalité autour de 48 à 86 % des saumons sauvages alevins ou saumoneaux [10]. En Irlande et en Écosse, des études montrent que la diminution des stocks de saumon a une relation avec la transmission du pou du

saumon [10]. En Colombie Britannique des chercheurs établissent que le jeune saumon rose et chum sont très sensibles à *L. salmonis* [15, 18]. En effet, plus de deux poux de stade mobile avaient un effet létal et la survie de ceux qui avaient deux ou un pou était faible. Les exploitations de saumons d'élevage infectés par les poux seraient à l'origine d'un taux de mortalité de 9 à 95 % [16, 19, 20]. Pour terminer, toujours en Colombie Britannique, il a été établi récemment que *L. salmonis* infectait l'épinoche à trois épines sur les côtes [18].

### 3. Produits employés pour le contrôle du pou de mer

#### 3.1. Contrôle pharmacologique

##### 3.1.1. Les antiparasitaires

Les produits chimiques employés pour le contrôle du pou de mer comprennent les organophosphorés, les pyréthrinés, les avermectines, les inhibiteurs de la synthèse de chitine et les désinfectants topiques [1, 12, 15].

Au Canada, le seul produit homologué est l'azaméthiphos, un organophosphoré et il est fait mention que les pisciculteurs devraient toujours consulter un Médecin Vétérinaire pour l'élection du produit et son application [1, 15]. L'administration de ces produits est sous forme topique (bain), orale (dans l'alimentation) et injectable. Alors que les bains sont contraignants et facteurs de stress, les formes orales sont plus faciles à administrer [1, 15]. Pour l'administration topique, on doit réduire l'espace dans lequel les poissons sont élevés pour pouvoir calculer effectivement la dose dans un volume d'eau connu [1, 15]. On évite de cette manière, comme c'est le cas bien souvent dans les grands parcs, de sous-doser ou sur-doser [1, 15]. Avec les organophosphorés, on oxygène l'eau pour réduire les effets secondaires de ces composés en permettant une meilleure distribution du produit et en diminuant le stress des poissons [1, 15]. En forme orale dans l'alimentation alors que l'énamectine est absorbée à 90 %, le téflubenzuron n'est absorbé qu'à 10 % [15]. Pour être efficace ces produits oraux doivent être secrétés dans le mucus pour que les parasites les consomment

[15]. Le pou s'alimente de cellules épithéliales, de cellules muqueuses et de sang au stade chalimus [24]. Il a été observé chez les saumons que le stress se manifeste par de l'anorexie. En conséquence pour un certain nombre de poissons le traitement aura été inefficace.

Comme vu précédemment, les avermectines (benzoate d'énamectine) et les inhibiteurs de la synthèse de chitine (diflubenzuron et teflubenzuron) sont donnés dans l'alimentation. Même si l'administration de ces produits est simple et efficace les délais d'attente pour la consommation du poisson lorsque le traitement est oral est long: pour l'énamectine il est de 25 jours (le traitement recommandé est de 7 jours); pour le téflubenzuron il est de 21 à 42 jours suivant la température de l'eau (le traitement recommandé est de 7 jours) [9]. Alors que les organophosphorés et le peroxyde d'hydrogène sont efficaces contre les stades mobiles (pré-adulte et adulte), les inhibiteurs de la synthèse de chitine sont efficaces contre les stades chalimus [9]. L'énamectine et L'ivermectine sont efficaces contre tous les stades du pou, Le délai d'attente par contre pour l'ivermectine est de 120 jours pour la consommation de la viande [9, 15]. Les molécules efficaces uniquement contre les stades chalimus doivent être appliquées plus fréquemment pour le contrôle de l'infestation.

### 3.1.2. Résistance

La résistance aux différents produits pharmaceutiques utilisés pour le contrôle du pou de mer est documentée par différents chercheurs dans plusieurs pays [1, 4, 12, 15]. La résistance à ces différents produits utilisés en élevage du saumon est attribuée au fait que peu de spécialités pharmaceutiques sont disponibles, toutes ces spécialités ne sont pas homologuées, les traitements avec une seule spécialité peuvent être prolongés et le sous dosage dans les grands parcs peut y contribuer [1, 4, 12, 15]. Le sous dosage peut être aussi influencé par les effets toxiques du produit sur les poissons et sur l'environnement [12, 15]. Il a été proposé de réaliser une rotation des produits pour éviter la résistance.

### 3.1.3. Toxicité sur la faune et impact sur l'environnement

La toxicité de différents ectoparasitaires pour le contrôle du pou de mer est bien établie chez les crustacés: chez le crabe avec la cyperméthrine et chez le homard avec l'azamethyphos [1, 8, 14]. Par contre, concernant l'environnement, il existe peu d'études et une étude effectuée sur le benzoate d'énamectine ne révèle pas d'altération [25]. L'utilisation de produits pharmaceutiques qui agissent uniquement sur les stades chalimus doit être répétée plus fréquemment et avoir en conséquence un impact sur l'environnement et sur la faune.

### 3.2. Autres formes de contrôle

#### 3.2.1. Vide sanitaire et sites de production

Un vide sanitaire de 4 à 6 semaines est proposé pour *L. salmonis* en se rappelant que *C. elongatus* a plusieurs hôtes [1, 12]. Aussi le fait d'élever sur un site une seule classe d'âge permet de réduire les infestations considérant que dans la seconde année les poissons sont en général plus infestés [1, 2, 4, 5, 10, 11, 12]. Les embouchures de rivières qui représentent des zones d'interception des saumons sauvages dans leur migration, les estuaires et la zone intertidale, sont à éviter afin de minimiser les sites où les copépodes peuvent être plus abondants [1, 4, 11]. Des auteurs proposent d'isoler les parcs en les faisant étanches et d'autres auteurs proposent de vérifier que ceux-ci soient localisés dans des zones optimales de courant [1, 12].

#### 3.2.2. Vaccins

Depuis plusieurs années des chercheurs mènent des études pour le développement d'un vaccin pour prévenir les infestations de *L. salmonis* contre le saumon de l'Atlantique [1, 4, 24]. Les chercheurs sont confrontés au fait que la réponse immunitaire du saumon de l'Atlantique au pou est nulle ou très faible [4, 13, 24]. Suite à des infestations répétées, le saumon atlantique ne semble pas développer d'anticorps, ce qui s'expliquerait par le fait qu'il y aurait une petite immunité acquise [4, 13, 24]. Pour terminer, *L. salmonis* dont la diète est composée de cellules épithéliales et muqueuses ne s'alimenterait qu'avec très

peu de sang, donc ingèrerait très peu d'anticorps selon Robert S. Raynard et coll. [24].

### 3.2.3. Contrôle biologique

En Norvège et en Irlande, des poissons vidangeurs sont utilisés pour le contrôle du pou de mer chez les saumoneaux [1, 26]. Alors que ce contrôle biologique est efficace durant la première année, il semblerait moins efficace dans la seconde année de production [1, 25]. Des essais au Canada et au Chili avec des poissons vidangeurs ont été infructueux [1, 26]. Sur le Pacifique il n'existe pas d'espèce native et sur l'Atlantique l'essai avec une espèce native n'a pas été concluant peut-être à cause d'un mauvais ratio [1]. Il a aussi été rapporté que l'efficacité des poissons vidangeurs est optimale en première année de production et qu'ils nettoient uniquement les côtés.

### 3.3.4 Contrôle avec les phéromones

L'utilisation de phéromones pour le contrôle du pou de mer est une alternative respectueuse de l'environnement. Des recherches ont été réalisées pour identifier chez *L. salmonis* une phéromone ou une kairomone d'attraction et en faire un analogue synthétique à effet disrupteur [3, 17, 23]. Alors que les phéromones sont intra-spécifiques, les kairomones sont émises par un émetteur pour le bénéfice d'un récepteur [3, 17, 23]. L'effet disrupteur permettrait de rompre le cycle sexuel de *L. salmonis* ou de l'empêcher de s'alimenter sur le saumon au moyen de trappes [3, 17, 23]. De ces recherches l'isophorone et le 6-methyl-5-hepten-2-one ont été isolés du saumon comme substances attractantes [3, 17, 23]. Aussi, deux autres substances ont été isolées du Turbot (poisson de mer vivant à des profondeurs entre 20 et 100 mètres): le 2-aminoacetophenone et le 4-methylquinazoline [3, 17, 23]. Ces substances auraient des propriétés répulsives semblables aux allomones (bénéfique pour l'émetteur) quand elles sont présentées ensemble [3]. Des essais sont en cours au Chili pour l'identification de substances sémiologiques pour le contrôle de *C. rogercresseyi*.

#### 4. Conclusion

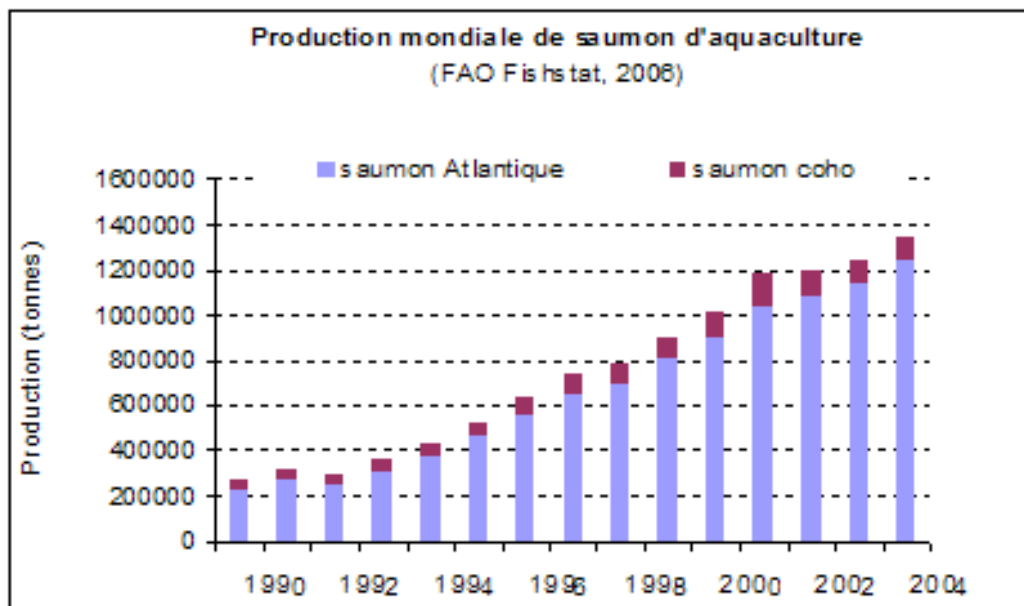
Les recherches effectuées sur le pou de mer du saumon et son contrôle sont nombreuses. Son cycle biologique est mieux connu mais sa dispersion fait l'objet d'études controversées quant à leur localisation dans la mer et près des embouchures des rivières et dans les estuaires ou dans la zone intertidale. Leur reproduction et leur survie présentent des différences géographiques dues à la température et à la salinité. Il est bien établi que l'exploitation intensive de saumons est un facteur de risque qui influence la population de pou de mer et qu'elle peut-être à l'origine de l'infestation par le pou des saumons sauvages. La diminution des stocks de saumon sauvage peut être attribuée aussi en partie aux fermes de saumon d'où un bon nombre de saumoneaux chaque année s'échappent rentrant ainsi en compétition pour l'habitat naturel des premiers. Néanmoins un bon nombre de saumons d'élevage reste à proximité des fermes après s'être échappés ou y reviennent.

Le contrôle du pou du saumon d'élevage qui représente des pertes considérables est un enjeu très important pour cette industrie. La résistance des parasites aux diverses substances employées et leur toxicité est prise très au sérieux par les gouvernements pour l'octroi des homologations dans les pays producteurs de saumon. Les vétérinaires en ont la responsabilité et en font aussi leur prescription mais un usage hors homologation peut néanmoins être fait en fonction de la gravité de l'infestation. L'administration des différents produits représente sous n'importe quelle forme galénique qu'ils soient, un risque de sous ou sur dosage en fonction du type de parc, de leur isolement pour les formes topiques, de l'état de stress des animaux aussi bien pour les formes topiques et orales, de l'état de la mer.

La résistance accrue aux antiparasitaires externes comme c'est le cas pour certains organophosphorés est documentée et oblige un usage rationnel de ces produits. La toxicité des antiparasitaires pour les crustacés est bien connue, par contre l'impact sur l'environnement a été moins bien étudié. L'utilisation des antiparasitaires externes d'une part semble insuffisante pour contrôler l'infestation du saumon par *L. salmonis* et, d'autre part, les conditions

d'exploitation limitent l'emploi de ces substances quand les parcs sont trop grands pour leur étanchéité et lors de mauvais temps.

Des alternatives aux antiparasitaires comme les vaccins et les phéromones demandent encore de nombreuses recherches pour établir leur viabilité. L'alternative biologique des poissons vidangeurs permet en Norvège diminuer l'infestation par le pou. Celle-ci malheureusement ne peut pas être employée dans d'autres pays car il n'y a pas d'espèces natives et les résultats obtenus n'ont pas été significatifs. La gestion des parcs d'exploitation contribue au contrôle du pou de mer. Cette gestion implique exploiter des saumons d'un même âge dans un parc et ceux avoisinants (c'est-à-dire coordonner ses actions avec les fermes voisines), établir les parcs d'exploitation dans des zones de dispersion minimale du copépode, procéder à un vide sanitaire, vérifier les filets de contention des parcs et les nettoyer, vérifier que les parcs aient une bonne circulation d'eau.



Pour terminer, on s'aperçoit que la culture en parcs de saumon est d'un grand intérêt pour les chercheurs et les producteurs et que son expansion est très importante. Les statistiques données par «Globefish » de la FAO, Pêches et

Océans Canada, l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, en témoignent. Les stocks de saumon d'élevage n'ont cessé de croître au fil des années au rythme de la demande et d'autres espèces comme la morue, l'aiglefin s'ajoutent. Alors une approche intégrale pour le contrôle du pou du saumon et des problèmes que suscite cette industrie qui réunit aujourd'hui chercheurs, institutions universitaires, industrie pharmaceutique, gouvernements et producteurs pour un développement durable est très importante et devrait continuer et être sous surveillance.

[1] ARLA, PMRA. Aperçu. Lutte antiparasitaire intégrée contre le pou du poisson en salmoniculture. Canada 2003, p. 39

[2] BARBER I.. Parasites, behaviour and welfare in fish, Applied Animal Behaviour Science (2006), doi:10.1016/j.applanim.2006.09.005

[3] BAYLEY ROBERTA J.E., BIRKETT M.A., INGVARSDO'TTIR A., MORDUE A.J., MORDUE W., O'SHEA B., PICKETT J.A., WADHAMS L.J. The role of semiochemicals in host location and non-host avoidance by salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) copepodids. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 63, 2006

[4] BOXASPEN K. A review of the biology and genetics of sea lice. ICES Journal of Marine Science, 63 (2006): 1304-1316.

[5] BRICKNELL I.R., BRON J.E., BOWDEN T.J. 2006. Diseases of gadoid fish in cultivation: a review. e ICES Journal of Marine Science, 63: 253-266.

[6] BRICKNELL I.R. AND COLL. Effect of environmental salinity on sea lice *Lepeophtheirus salmonis* settlement success. Dis Aquat Org (2006) 71: 201-212, 2006

[7] BROWMAN H.I.; BOXASPEN K and KUHN P. The effect of light on the settlement of the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis*, on Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Journal of Fish Diseases 2004, 27, 701-708

[8] BURRIDGE L.E., HAYAA K., WADDYD S.L. Seasonal lethality of the organophosphate pesticide, azamethiphos to female American lobster (*Homarus americanus*). Ecotoxicology and Environmental Safety 60 (2005) 277-281

[9] BURRIDGE L.E. REVUE DE LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE CONCERNANT LES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX POTENTIELS DE L'AQUACULTURE SUR LES ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES - VOLUME 1.

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/environmental>

[environnement/sok\\_enviroeffects\\_aquaculture/exec\\_burridge\\_f.htm](http://www.dfo-mpo.gc.ca/science/environmental/environnement/sok_enviroeffects_aquaculture/exec_burridge_f.htm)

[10] BUTLER J. RA. Wild salmonids and sea louse infestations on the west coast of Scotland: sources of infection and implications for the management of marine salmon farms. Pest Manag Sci 58 :595-608 (online 2002) DOI : 10.1002/ps. 490.

[11] COSTELLO M. J. Ecology of sea lice parasitic on farmed and wild fish. Trends in parasitology, 2006 Oct;22(10):475-83.

[12] DENHOLM I, DEVINE G.J., HORSBERG T.E., SEVATDAL S., FALLANG A., NOLAN D.V., POWELL R. .Analysis and management of resistance to

- chemotherapeutants in salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae). *Pest Manag Sci* 58 :528-536 (online 2002) DOI : 10.1002/ps. 482.
- [13]FAST M.D.; MUISE D.M.; EASY R.E.; ROSS N.W.; JOHNSON S.C.. The effects of *Lepeophtheirus salmonis* infections on the stress response and immunological status of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish & Shellfish Immunology* 21 (2006) 228-241
- [14] GOWLAND B.; WEBSTER L.; FRYER R.; DAVIES I.; MOFFAT C.; STAGG R. Uptake and effects of the cypermethrin-containing sea lice treatment Excis<sup>®</sup> in the marine mussel, *Mytilus edulis*. *Environmental Pollution* 120 (2002) 805–811
- [15]GRANT A.N. Medicines for sea lice. *Pest Manag Sci* 58 :521-527 (online 2002) DOI : 10.1002/ps. 481
- [16] HILBORN R. Salmon-farming impacts on wild salmon. *PNAS*, Oct. 17, 2006, vol.103, no. 42: 15277.
- [17] INGVARSDO'TTIR A. BIRKETT M.A., DUCE I., GENNA R.L. MORDUE W., PICKETT J.A., WADHAMS L.J. AND MORDUE A.J. Semiochemical strategies for sea louse control: host location cues. *Pest Manag Sci* 58 :537-545 (online 2002) DOI : 10.1002/ps. 510.
- [18] JONES S.R.M., PROSPERI-PORTA G., KIM E., CALLOW P. and HARGREAVES. THE OCCURRENCE OF LEPEOPHTHEIRUS SALMONIS AND CALIGUS CLEMENSI (COPEPODA: CALIGIDAE) ON THREE-SPINE STICKLEBACK *GASTEROSTEUS ACULEATUS* IN COASTAL BRITISH COLUMBIA. *J. Parasitol.*, 92(3), 2006, pp. 473–480
- [19] KRKOŠEK M., LEWIS M.A., MORTON A, FRAZER L.N., VOLPE J.P. Epizootics of wild fish induced by farm fish. *PNAS*, Oct. 17, 2006, vol.103, no. 42: 15506-15510.
- [20] KRKOŠEK M. and Coll. Transmission dynamics of parasitic sea lice from farm to wild salmon. *Proc. R. Soc. B* (2005) 272, 689–696.
- [21] McGINNITY P., PRODOHL P., FERGUSON A.; HYNES R.; MAOILEIDIGH N.O.; BAKER N.; COTTER D.; O'HEA B.; COOK D.; ROGAN G.; TAGGERT J.; CROSS T. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proc. R. Soc. Lond. B* (2003) **270**, 2443–2450
- [22] MUSTAFA A., RANKADUWA W., CAMPBELL P. Estimating the cost of sea lice to salmon aquaculture in eastern Canada. *Can Vet J* 2000;41:54-56.
- [23] RAE G.H. Sea louse control in Scotland, past and present. *Pest Manag. Sci.* 58:515-520 (online 2002)
- [24] RAYNARD R.S., BRICKNELL I.R., BILLINGSLEY P.F., NISBET A.J., VIGNEAU A., SOMMERVILLE C. Development of vaccines against sea lice. *Pest. Manag. Sci.* 58 :569-575 (online : 2002).
- [25] TELFER T.C. BAIRD D.J., McHENERY J.G., STONE J. SUTHERLAND I. WISLOCKI P. Environmental effects of the anti-sea lice (Copepoda: Caligidae) therapeutant emamectin benzoate under commercial use conditions in the marine environment. *Aquaculture* 260 (2006) 163–180
- [26] TREASURER J.W. A review of potential pathogens of sea lice and the application of cleaner fish in biological Control. *Pest Manag Sci* 58 :546-558 (online 2002) DOI : 10.1002/ps. 509