



# L'état de l'océan en 2004 pour la région du Pacifique

## Résumé

Les eaux tièdes de surface se sont étalées le long du plateau continental de la C.-B. au cours du printemps et de l'été; dans certain cas, des températures record ont été atteintes. Par exemple, la température du fleuve Fraser a atteint un niveau record en août; ce qui a causé une faible remontée du saumon rouge en 2004. L'eau à faible teneur en oxygène provenant du milieu du golfe de l'Alaska s'est déplacée vers la côte de la C.-B., à une profondeur de plus de 200 mètres. La présence du merlu du Pacifique a été signalée dans l'entrée Dixon, beaucoup plus au nord qu'en 2003. L'abondance des espèces méridionales de zooplancton s'est accrue et la prolifération printanière des espèces dominantes de zooplancton nordique est apparue plus tôt. Le nombre d'espèces vivant en eau froide telles que la crevette a diminué au large de l'île de Vancouver. La présence d'une espèce exotique (originaires de l'Atlantique) de zooplancton, *Acartia tonsa*, a été signalée pour la première fois dans les eaux du plateau continental au large de la C.-B. L'encornet géant, une espèce d'eau chaude, a été retrouvé pour la première fois en C.-B. et en Alaska. Les harengs ne réagissent pas tous de la même façon au réchauffement. Le nombre de recrues du stock de hareng du détroit d'Hécate et au large de la côte ouest de l'île de Vancouver a diminué, tandis que le nombre de recrues du stock de hareng du détroit de Géorgie s'est accru à un taux normal. Au nord de la C.-B. et à l'ouest de l'île de Vancouver, le saumon coho juvénile a atteint une plus grande taille. Les macareux sur l'île Triangle, au large du nord de l'île de Vancouver, ont réussi à bien se reproduire.

On peut attribuer une bonne part de ce réchauffement estival aux températures anormalement élevées en Colombie-Britannique et dans le golfe de l'Alaska pendant le printemps et l'été de 2004, ainsi qu'au réchauffement de la terre et des océans à l'échelle globale. En 2004, les températures terrestres et océaniques mondiales ont atteint un niveau presque record.

## Contexte

Ce sixième rapport recueille les observations et les interprétations des scientifiques dans un seul rapport sommaire. La plupart compte sur le financement fédéral pour continuer leurs observations; ainsi nous reconnaissons l'appui financier des ministères des Pêches et des Océans et d'Environnement Canada. Nous remercions également la Garde côtière canadienne qui a fourni des navires pour la recherche. La liste de scientifiques collaborateurs est inscrite ci-dessous. Les collaborateurs font tous partie du groupe de travail sur les pêches et l'océanographie du Comité d'examen des évaluations scientifiques du Pacifique (CEESP).

<a href="#">Bill Crawford</a> (Président) MPO	<a href="#">Moira Galbraith</a> MPO	<a href="#">Patrick Cummins</a> MPO
<a href="#">Chys Neville</a> MPO	<a href="#">Jake Schweigert</a> MPO	<a href="#">Richard Beamish</a> MPO
<a href="#">Dave Mackas</a> MPO	<a href="#">Jim Cosgrove</a> Musée RBC	<a href="#">Richard Thomson</a> MPO
<a href="#">David Welch</a> MPO	<a href="#">John Morrison</a> MPO	<a href="#">Ron Perkin</a> MPO
<a href="#">Diane Masson</a> MPO	<a href="#">Ken Cooke</a> MPO	<a href="#">Ron Tanasichuk</a> MPO
<a href="#">Frank Whitney</a> MPO	<a href="#">Kim Hyatt</a> MPO	<a href="#">Roy Hourston</a> MPO
<a href="#">Howard Freeland</a> MPO	<a href="#">Marie Robert</a> MPO	<a href="#">Ruston Sweeting</a> MPO
<a href="#">Ian Perry</a> MPO	<a href="#">Mark Hipfner</a> EC	<a href="#">Skip McKinnell</a> PICES
<a href="#">Jackie King</a> MPO	<a href="#">Marc Trudel</a> MPO	<a href="#">Sonia Batten</a> SAHRF

Liens vers les sites web du MPO:

[Rapports précédents sur l'état de l'océan](#)  
[La division des sciences océaniques](#)



Fisheries and Oceans Canada    Pêches et Océans Canada

Science    Sciences

**Région du Pacifique**

**L'état de l'océan 2005**

---

[La division des écosystèmes marins et de l'aquaculture](#)

[Service hydrographique du Canada](#)

[La division du saumon et des écosystèmes d'eau douce](#)

[Liens vers des sites web d'Environnement Canada](#)

[Liens vers le site web du Royal BC Museum](#)

[La voie verte](#)

[Royal BC Museum](#)

## Table des matières

Résumé.....	i
Contexte.....	i
Table des matières.....	iii
<b>Indices climatiques à l'échelle mondiale et les indices du Pacifique Nord</b> .....	1
Le déclin de l'oscillation décennale du Pacifique (ODP) au début de l'année 2004.....	2
L'indice de la dépression des Aléoutiennes (IDA) indique une dépression constante des Aléoutiennes .....	3
L'indice de forçage atmosphérique (IFA) a demeuré positif au cours de l'année 2004 .....	4
Les indices de température du Pacifique Nord-Est: Indices faibles ou nuls et l'océan continue à se réchauffer .....	5
<b>Le golfe de l'Alaska</b> .....	7
Le mesozooplancton du golfe de l'Alaska en 2004: En 2004, la biomasse a atteint son maximum plus tôt par rapport aux années précédentes .....	7
La variation du rythme du cycle biologique des copépodes océaniques subarctiques en 2004: On a trouvé que la biomasse a atteint son niveau maximal plus tôt au printemps .....	8
La présence inhabituelle de l'encornet géant en C.-B. et en Alaska.....	9
La mesure de la chlorophylle dans l'océan à partir de l'espace .....	10
La température près de la surface du golfe de l'Alaska durant l'été: Température élevée partout .....	11
Les courants de mer du golfe de l'Alaska: Plus près de la normale en 2004-2005 .....	15
Les températures de surface de la mer le long de la ligne P sont élevées pendant l'hiver 2005.....	17
La couche de mélange hivernale de surface en 2004-05: Plus profonde et plus près de la normale .....	18
Les tourbillons du golfe de l'Alaska: Plus grands et plus au sud en 2004.....	20
<b>La côte ouest de l'île de Vancouver</b> .....	22
Les niveaux de la mer sur la côte: Se situent près de la normale en 2004, mais continue à monter au long terme. ....	22
La température et la salinité le long de la côte: Température chaude toute l'année, faible salinité à Nootka Point durant l'automne.....	23
Températures de surface de la mer à l'ouest de l'île de Vancouver: Mai a été le plus chaud depuis 22 années d'observations.....	24
L'abondance des espèces méridionales de zooplancton s'est accrue et la prolifération printanière des espèces dominantes de zooplancton nordique est apparue plus tôt.....	27
Euphausiacés et prédateurs de la côte ouest de l'île de Vancouver: Plus de nourriture pour les saumons cohos et les saumons rouges et augmentation de la prédation du merlu .....	30
Croissance et état énergétique du saumon coho juvénile: Les juvéniles les plus grands jamais repérés depuis le début des campagnes de prélèvement en 1998 .....	32
Le recrutement du saumon rouge dans la baie Barkley: Variations, l'évolution de l'état de l'océan et de sa production en 2004.....	35
Reproduction des oiseaux de mer sur l'île Triangle: Une bonne année pour la reproduction des macareux.....	37

Le hareng et les sardines de la côte ouest de l'île de Vancouver en 2004: Abondance moyenne du hareng mais moins de recrues; les sardines étaient tardives et peu abondantes dans les eaux au large .....	39
Les tendances estivales d'appauvrissement en nutriments de la région à l'ouest de l'île de Vancouver: Les eaux de surface à faible teneur en nitrates s'étendent plus au large en 2003 et en 2004, mais pas aussi loin qu'a été observé lors de la pénurie de nitrate qui s'est produite vers la fin des années 1990s .....	42
La teneur en oxygène de l'eau profonde du plateau continental au large de la C.-B.: En diminution continue depuis le début des enregistrements en 1979.....	43
Les relevés au chalut de fond à petites mailles au large de l'île de Vancouver: En 2004, l'eau plus chaude a produit moins de crevette mais plus de merlu, de morue, de flétan et de plie à grande bouche. ....	44
<b>Le nord de la Colombie-Britannique</b> .....	45
La température et la salinité le long de la côte: Température chaude toute l'année, faible salinité aux îles Egg et McInnes à l'automne.....	45
Le hareng du détroit d'Hécate: Un faible taux de recrutement en 2004 pourrait réduire leur nombre aux îles de la Reine-Charlotte, à Prince Rupert et dans la région de la côte centrale .....	46
La distribution du merlu du Pacifique le long de la côte ouest canadienne en 2004: Quelques merlus ont été observés à l'entrée Dixon; ce qui semble indiquer que ceux-ci se déplacent vers le nord.....	50
<b>Le bassin de Géorgie et le fleuve Fraser</b> .....	51
Le fleuve Fraser à l'été 2004: Des températures record et un débit faible ont perturbé les saumons rouges en montaison .....	51
La température et la salinité le long de la côte: Température chaude toute l'année, forte salinité durant l'été.....	52
Détroit de Géorgie, 2004: L'eau chaude dans toute la colonne d'eau, surtout à la surface au printemps.....	53
Le hareng du détroit de Géorgie: Un recrutement important devrait assurer que ce stock demeure à un niveau élevé pendant les prochaines années.....	54
Le saumon juvénile du détroit de Géorgie: Le saumon quinnat et le saumon rouge étaient abondants durant l'été, mais de plus petite taille .....	56
<b>Citation exacte pour cette publication</b> .....	59

## Indices climatiques à l'échelle mondiale et les indices du Pacifique Nord

### La plus haute température terrestre jamais enregistrée, la température marine était aussi élevée

La température de l'air à la surface de la terre est normalement le meilleur indicateur climatique. Elle est influencée par toutes les échelles de temps et par divers facteurs, naturels et artificiels. Les températures du monde ont été enregistrées de façon systématique que depuis les dernières 150 années. Pour déterminer les échelles de temps intermédiaires, on fait usage des trous de forage et des anneaux des arbres; pour déterminer les échelles de temps plus long, on emploie des carottes de sédiments. Récemment, Moberg *et al.* ont publié un relevé qui présentait une reconstitution des températures depuis l'année 1 (ap. J-C).

Une conclusion intéressante de ce travail est celle de constater la différence entre la température du Petit Âge glaciaire (~ 1600 ap. J-C) et celle de la température de la période de réchauffement médiéval (~1050 ap. J-C) qui était à 0.7°C, dans les limites d'incertitude des prévisions, mais plus élevée qu'on ne le croyait. Si l'on reconnaît la méthodologie, ceci pourrait indiquer l'ampleur des variations de température qui ont eu un impact sur la progression glaciaire et sur les mauvaises récoltes, faits qui font partie de notre patrimoine.

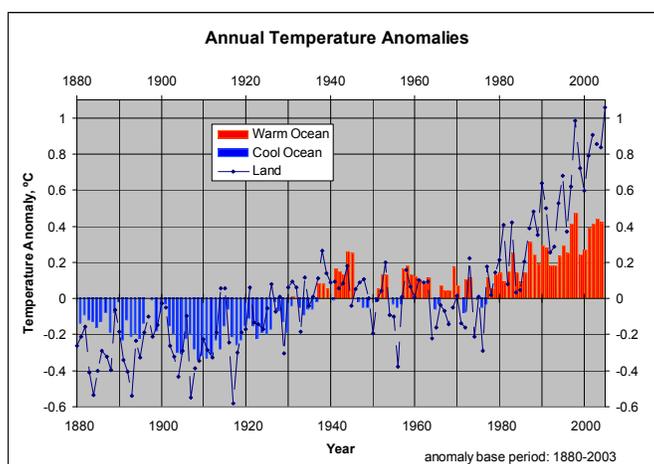


Figure 1: Anomalies de température mondiale par rapport à la moyenne entre 1880 et 2003.

Telle que l'indique la figure ci-dessus, on peut comparer la variation de la température à la variation enregistrée récemment. Les anomalies de température du sol et de l'océan sont tracées séparément. Selon la première partie de l'enregistrement, la Terre sortait tout juste du Petit Âge glaciaire alors une hausse dans la température ne surprend personne. Cependant, depuis 1970, la température de la Terre a augmenté d'environ 1°C, ce qui dépasse l'extrême des températures des dernières 2000 années. On pourrait penser que ces variations à court terme ne sont pas significatifs dans des données à long terme, néanmoins, l'ampleur dans la variation est remarquable. Si le réchauffement de l'océan continue au même rythme que le réchauffement terrestre, nous devons nous attendre à ce que des espèces d'eau tempérée envahissent notre territoire marin, que nos récifs de corail soient endommagés et qu'il y ait perte d'habitat pour les espèces propres aux eaux froides, telles que les saumons.

Liens: [Climat mondial dans le rapport intitulé L'état de l'océan en 2003 \(page 11\)](#)  
[NODC Land and Sea Temperatures](#)  
[Personne-ressource au MPO: Ron Perkin](#)

## Le déclin de l'oscillation décennale du Pacifique (ODP) au début de 2004

L'oscillation décennale du Pacifique (ODP) est définie comme étant la première composante d'une analyse EOF représentant les anomalies de température de surface de la mer de l'océan Pacifique au delà du 20<sup>ième</sup> degré de latitude nord entre novembre et mars (figure 1, PC1). Règle générale, cette oscillation comprend deux phases: une *phase positive* qui est associée au réchauffement de l'eau de surface à la partie est du Pacifique Nord et au refroidissement dans les régions centrales à l'ouest du Pacifique Nord, et une *phase négative* qui provoque des conditions thermiques inverses. Ces deux phases sont en corrélation avec des variations spatiales longitudinales de la température de surface de la mer. Ces derniers temps, les climatologues ont fait usage de la deuxième composante pour expliquer les variations spatiales nord-sud de la température de surface de la mer (figure 1, PC2 provenant de Bond *et al.* 2003). En 1977, l'ODP (figure 1, PC1) a passé d'une phase négative est-ouest à une phase positive ouest-est. Depuis 1990, la PC2 (figure 1) a démontré beaucoup plus de variabilité et demeure la phase dominante. La PC2 est demeurée négative tout au long des années 1990 et est redevenue positive en 1998. La phase positive longitudinale s'est poursuivie tout au long de l'année 2004, bien que les valeurs se sont modérées ou se situent plus près de zéro (King, 2005).

Durant l'hiver de 2003-2004, le Pacifique Nord était chaud, pourtant les variations de température ne ressemblaient pas aux variations de température du PDO. De plus amples informations sur le PDO sont fournies par Nathan Mantua de l'université de Washington en passant par le site web: <http://jisao.washington.edu/pdo/>

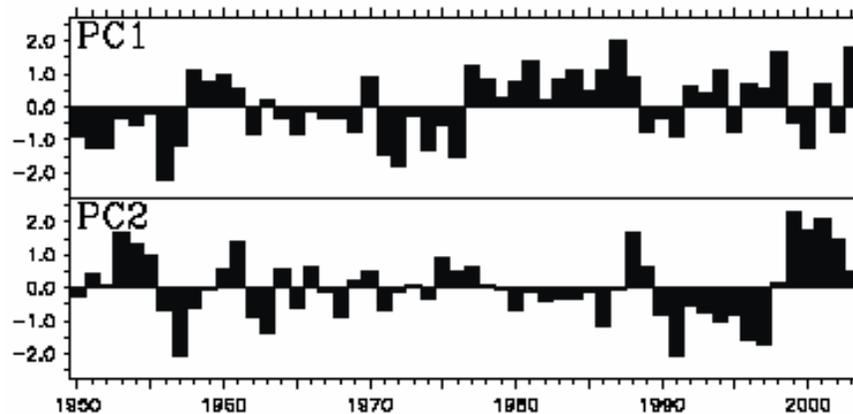


Figure 1: La première composante (PC1, partie supérieure) selon une analyse de la composante principale de la température de surface de la mer en hiver (novembre à mars) du Pacifique Nord au delà du 20<sup>ième</sup> degré de latitude nord; ceci représente la variation de l'indice d'oscillation décennale du Pacifique (ODP). La deuxième composante (PC2, partie inférieure) représente la deuxième variation découlant de la même analyse, ce qui démontre un changement d'amplitude depuis les années 1990 où l'amplitude passe du négatif au positif en 1997 et 1999. (Source: Bond *et al.* 2003.)

Bond, N.A., J.E. Overland, M. Spillane et P. Stabeno. 2003. Recent shifts in the state of the North Pacific. *Geo. Res. Lett.* 30: 2183-2186.

King, J.R. (ed.). 2005. Report of the Study Group on Fisheries and Ecosystem Responses to Recent Regime Shifts. *PICES Sci. Rep. No. 28.* 163 pp.

Liens: [Oscillation décennale du Pacifique dans le rapport intitulé L'état de l'océan en 2004 \(page 14\)](#)  
[Historique des deux modes de l'ODP](#)  
Personne-ressource au MPO: Jackie King

## L'indice de la dépression des Aléoutiennes (ALPI) indique une dépression constante des Aléoutiennes

Le système de dépression des Aléoutiennes est une caractéristique quasi permanente du Pacifique Nord dont l'intensité relative fait partie des variations de productivité marine (Beamish *et al.* 1997). Après 1989, suite au changement de régime climatique, la dépression des Aléoutiennes avait une intensité moyenne, selon l'indice de dépression des Aléoutiennes (ALPI, figure 1). En 1998, une forte dépression des Aléoutiennes s'est produite et l'ALPI est demeuré positif jusqu'en 2002. En 2002, l'ALPI était très élevé, ce qui indiquait une forte dépression des Aléoutiennes. Même si la valeur de l'ALPI en 2003 n'était pas aussi élevée que celle en 2002, celle-ci indique quand même une forte dépression des Aléoutiennes (figure 1).

La dépression des Aléoutiennes en 2004 était similaire à celle de 2003 (figure 1). De façon générale, l'ALPI semble indiquer que jusqu'à 2004, le régime climatique qui s'est produit en 1998 est marqué par une grande variabilité mais est aussi marqué par des systèmes de dépression intense des Aléoutiennes.

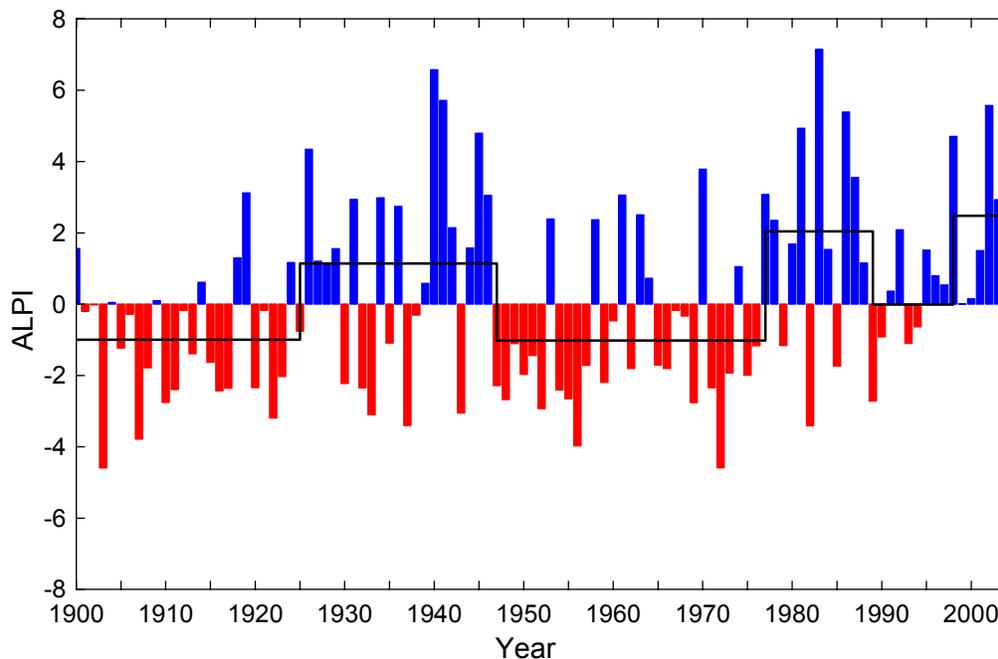


Figure 1: L'indice de dépression des Aléoutiennes (ALPI). Les lignes horizontales continues représentent la valeur moyenne de l'indice pour chaque régime. Depuis ce changement de régime climatique en 1998, le système de dépression des Aléoutiennes a été relativement fort tel que l'indique la persistance des grandes valeurs positives. Des données à ce sujet sont disponibles au site web

[http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/sa-mfpd/climate/clm\\_indx\\_alpi\\_f.htm](http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/sa-mfpd/climate/clm_indx_alpi_f.htm).

Beamish, R.J., C.E. Neville et A.J. Cass. 1997. Production of Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to decadal-scale changes in the climate and the ocean. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 543-554.

Liens: [L'ALPI dans le rapport intitulé L'état de l'océan en 2004 \(page 17\)](#)  
[Information générale au sujet de l'ALPI](#)  
 Personne-ressource au MPO: Jackie King

## Indice de forçage atmosphérique (AFI) a demeuré positif au cours de l'année 2004

L'indice de forçage atmosphérique (AFI) est un indice composé qui repose sur trois valeurs liées aux conditions climatiques et océaniques: l'indice de dépression des Aléoutiennes, les variations spatiales de la température de surface de la mer telles que calculées par PC1 de l'indice d'oscillation décennale du Pacifique et les variations de la circulation atmosphérique de tout le Pacifique Nord (McFarlane *et al.* 2000).

L'AFI est lié, à l'échelle décennale, aux variations des conditions environnementales et à la productivité marine. Règle générale, les valeurs positives représentent les dépressions intenses des Aléoutiennes, la fréquence supérieure à la moyenne du vent ouest et sud-ouest, le refroidissement des températures de surface de la mer dans la région centrale du Pacifique Nord et le réchauffement des eaux côtières de l'Amérique du Nord en hiver.

Depuis le changement de régime climatique de 1998, l'AFI est plutôt positif (figure 1). Cette condition n'a pas changé durant l'année 2004. L'AFI a été lié aux variations des conditions environnementales et à la productivité marine à l'échelle décennale telles que les fluctuations du taux d'abondance et des taux de survie en mer du saumon (*Onchorhynchus* spp.), la distribution et le comportement reproductif des merlus (*Merluccius productus*) et des sardines (*Sardinops sagax*) et les taux de recrutement de plusieurs espèces de poisson de fond.

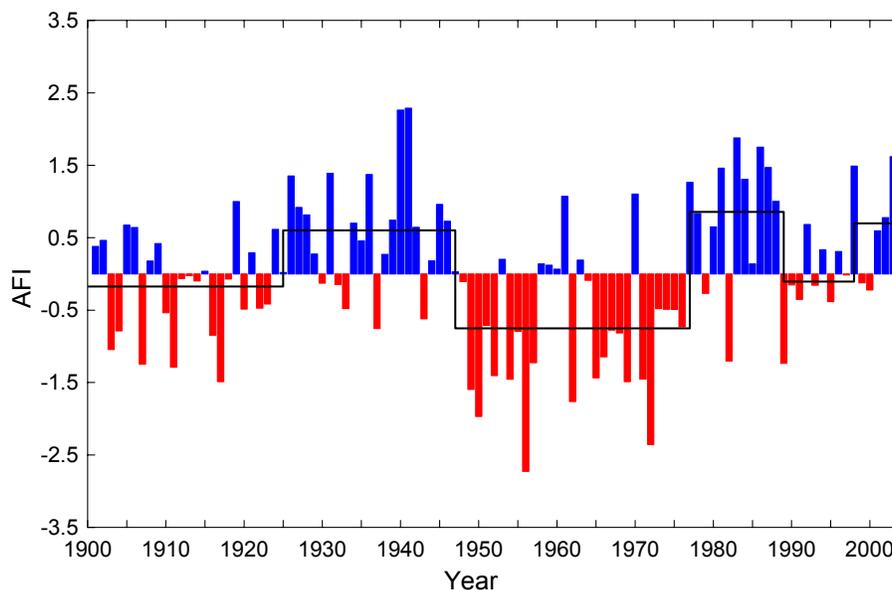


Figure 1: Indice de forçage atmosphérique (AFI). La ligne continue représente la valeur moyenne de l'indice calculée pour une certaine période d'un régime.

Liens: [Information générale au sujet de l'indice de forçage atmosphérique \(AFI\)](#)

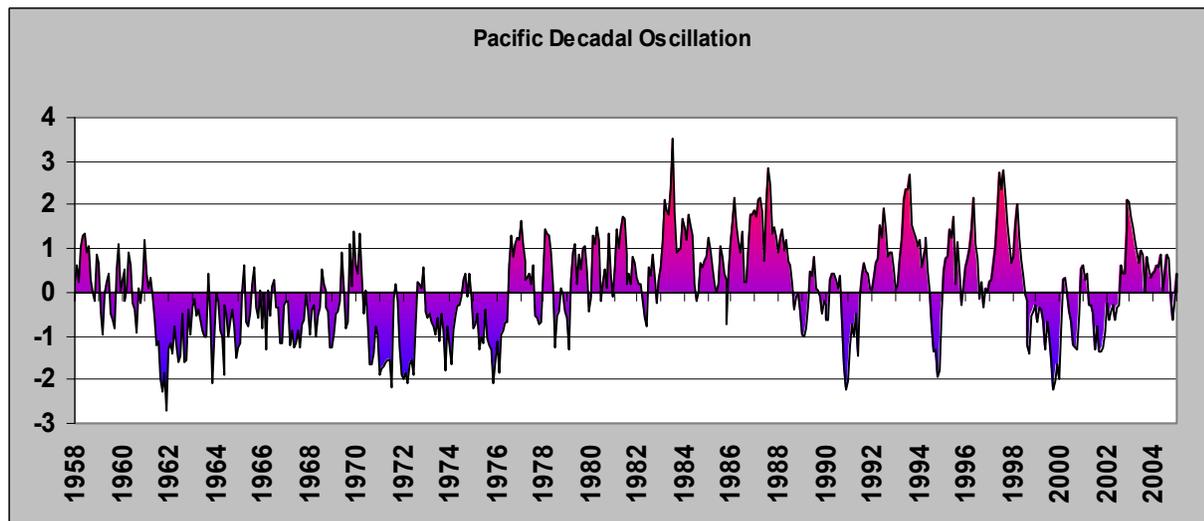
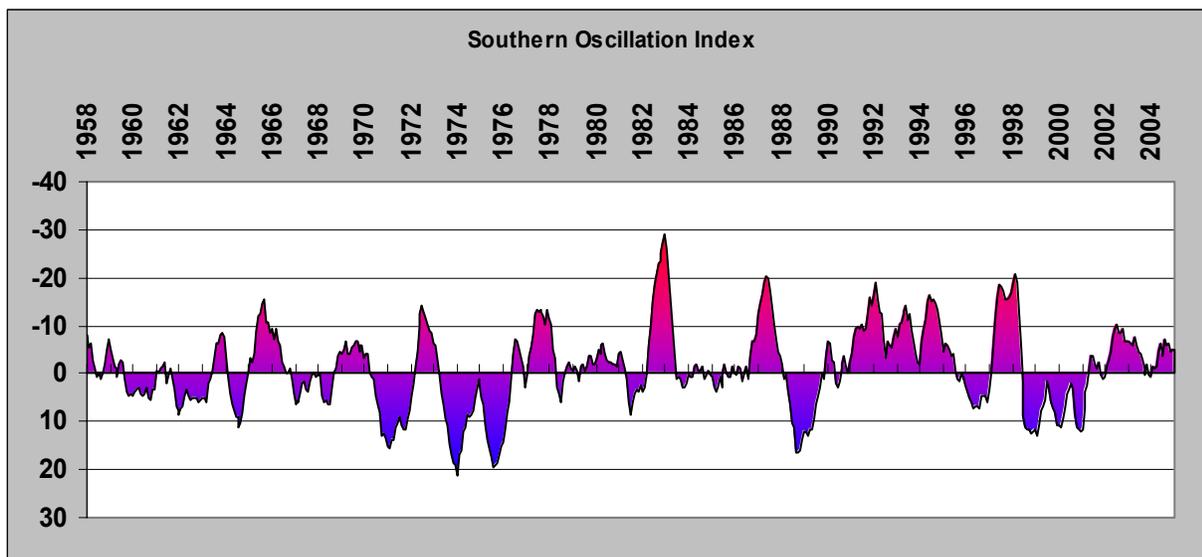
Personne-ressource au MPO: [Jackie King](#)

Référence:

McFarlane, G.A., J.R. King et R.J. Beamish. 2000. Have there been recent changes in climate? Ask the fish. *Progr. Oceanogr.* 47: 147-169.

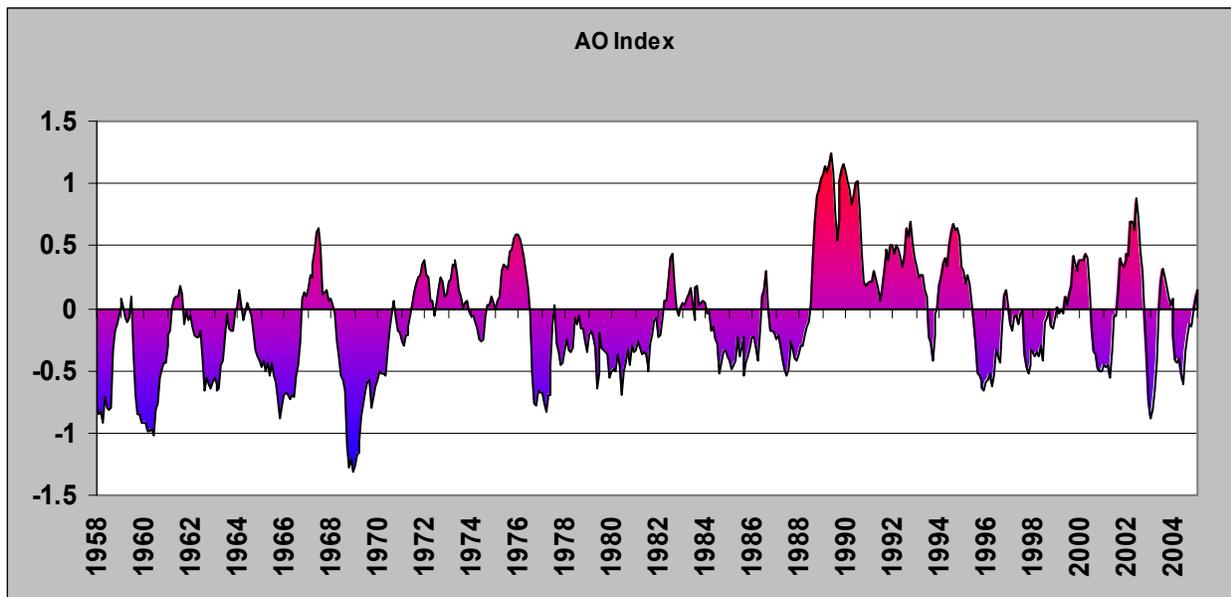
## Les indices de température du Pacifique Nord-Est: Indices faibles ou nuls mais l'océan continue à se réchauffer

De façon générale, on est d'accord à dire que l'abondance des poissons est liée aux conditions climatiques et océaniques. Selon les échelles décennales, ces conditions sont plus ou moins stables, mais sont appelées à changer brusquement d'un état à l'autre. La figure ci-dessous démontre les principaux indices climatiques propres au Pacifique Nord-Est. Ce sont l'**indice d'oscillation australe** qui enregistre les événements El Niño, l'**oscillation décennale du Pacifique (ODP)** qui indique les variations du régime dominant de température du Pacifique Nord et l'**indice d'oscillation de l'Arctique** qui enregistre les variations de pression atmosphérique de la région annulaire près de l'Arctique.



La valeur de l'**indice d'oscillation australe** (ci-dessus) indique que nous sommes présentement sous l'influence d'un faible courant El Niño au cours de cette année et on s'attend à ce que celui-ci persiste.

On estime que le Pacifique est dans **une phase froide de l'ODP** bien qu'il ait passé vers une phase chaude durant les dernières années. Depuis plusieurs années, le signal de l'ODP est demeuré faible.



L'indice d'**oscillation de l'Arctique** (AO ci-dessus) est presque neutre; alors il est attendu que la fréquence des tempêtes soit près de la normale.

De façon générale, les indices climatiques du Pacifique Nord laissent présager que les conditions sont près de la normale, mais les températures globales sont à la hausse et ceci a comme effet de rehausser la température dite 'normale'.

De plus, à l'échelle locale, on retrouve des points chauds et froids en raison de la configuration du vent et des trajectoires des tempêtes. L'Alaska a connu l'été le plus chaud jamais observé avec une température de 2.6° C supérieure à la moyenne calculée entre 1971 et 2000. En mai, juin, juillet et août, on a atteint des records de températures dans toute la région. Les températures terrestres au cours de l'été 2004 ont atteint des niveaux record ou presque dans une grande partie de la côte ouest du Canada. En 2004, la température des eaux côtières de la C.-B. était plus élevée que la norme. Alors, les indices climatiques ne racontent qu'un côté de l'histoire.

Liens: [Anomalies climatiques-NOAA](#)  
[Site web ODP](#)  
[Perspectives de recherche climatique-NOAA](#)  
[Oscillation de l'Arctique](#)  
[Personne-ressource au MPO: Ron Perkin](#)

## Golfe de l'Alaska

Mesozooplankton du golfe de l'Alaska en 2004: En 2004, la biomasse a atteint son maximum plus tôt par rapport aux années précédentes

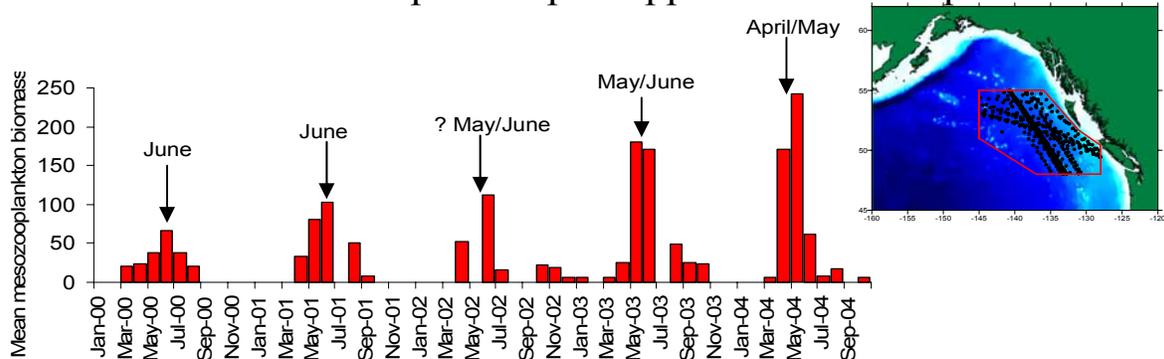


Figure 1: Série chronologique de la biomasse mensuelle moyenne du mesozooplankton exprimée en mg de poids sec par échantillon ( $\sim 3m^3$ ) à partir des prélèvements saisis par l'Enregistreur continu de plancton (CPR) (qui a lieu environ à chaque mois entre les mois de mars et septembre) en la région marine du golfe de l'Alaska tel qu'indiqué à droite. La période de biomasse maximale annuelle est indiquée par les flèches.

La série chronologique de la biomasse mensuelle sur cinq ans illustrée à la figure 1 donne l'impression que la biomasse printanière a augmenté. Cependant, la variabilité n'est pas présentée et seulement 25% des données sont disponibles pour 2004 alors on se doit de les interpréter avec prudence. Cependant, il est évident que la biomasse maximale a été atteinte plus tôt en 2004 par rapport aux années précédentes. La biomasse maximale se déplace selon les températures de surface de l'eau. En 2000 et 2001, les températures étaient un peu froides et la biomasse a atteint son maximum en juin. En 2004, dans certaines régions, les eaux de surface étaient les plus chaudes jamais enregistrées et la biomasse a atteint son maximum vers la fin avril/début mai, environ un mois plus tôt.

La biomasse du mesozooplankton au printemps s'explique, en grande partie, par la présence des copépodes *Neocalanus plumchrus/flemingeri* qui représentent en moyenne 40% de la biomasse de chaque échantillon du CPR. On observe la présence des copépodites juvéniles dans les eaux de surface vers la fin de l'hiver où ils passent au stade sub-adulte et accumulent les lipides; ils descendent ensuite vers les grandes profondeurs où ils passent en diapause durant l'été. Le temps nécessaire de développement du stade préliminaire de copépodite jusqu'au stade sub-adulte CV est déterminé par la température. Les copépodites aux stades II-V qui ont été capturés et qui font partie des échantillons provenant du CPR sont comptés séparément et on a déterminé que leur taux de croissance était le taux le plus rapide jamais enregistré (depuis 2000 à 2004). Ceci a fait qu'en 2004 la biomasse a atteint son maximum environ 3 semaines plus tôt qu'en 2000 (selon Mackas *et al.* 1998, la biomasse a atteint son maximum lorsque 50% de la population est au stade CV, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **55**: 1878-1893). On pourrait expliquer qu'une des raisons pour laquelle la biomasse des mesozooplanktons a atteint son maximum un mois plus tôt est que les copépodites *Neocalanus* se sont développés plus rapidement bien que le développement des autres invertébrés aurait pu être influencé par l'eau de surface chaude.

Ceci pourrait se répercuter sur ces niveaux trophiques plus élevés qui synchronisent leur migration ou leur reproduction pour tirer profit de la biomasse maximale du mesozooplankton.

Liens: [Information générale au sujet du programme CPR](#)

Personne-ressource: [Sonia Batten](#), scientifique à la Sir Alister Hardy Foundation For Ocean Science

## Variation du rythme du cycle biologique des copépodes océaniques subarctiques en 2004: On a trouvé que la biomasse a atteint son niveau maximal plus tôt au printemps

Une grande partie de la biomasse zooplanctonique retrouvée dans l'océan Pacifique subarctique et du groupe de copépodes océaniques subarctiques appartient au genre *Neocalanus* de gros copépodes. Ils ont un cycle biologique annuel intéressant qui comprend une saison de croissance courte, du printemps jusqu'au début de l'été, suivi d'un départ de la surface de l'eau vers des profondeurs qui varient entre 400 et 1500 m où ils passent une longue période de dormance.

La biomasse maximale annuelle ainsi que la disponibilité maximale de nourriture des prédateurs de la couche supérieure de l'océan sont courtes (environ 3-4 semaines) et ont lieu tout juste avant le début de la période de dormance. De plus, il y a environ 10 ans, nous nous sommes rendus compte que la synchronisation de la biomasse maximale est assez variable, elle se déplace plus tôt dans l'année si la couche supérieure de l'océan est chaude et stratifiée ou plus tard si la couche supérieure de l'océan est froide et si sa couche de mélange est profonde.

La figure 1 démontre les tendances modifiées du rythme du cycle biologique du *Neocalanus plumchrus* à la station océanographique Papa qui se situe au milieu du courant de circulation de l'Alaska et le long de la marge continentale de l'île de Vancouver. En 2004, la biomasse maximale a été atteinte très tôt au printemps; ce qui s'est produit seulement quelques fois auparavant.

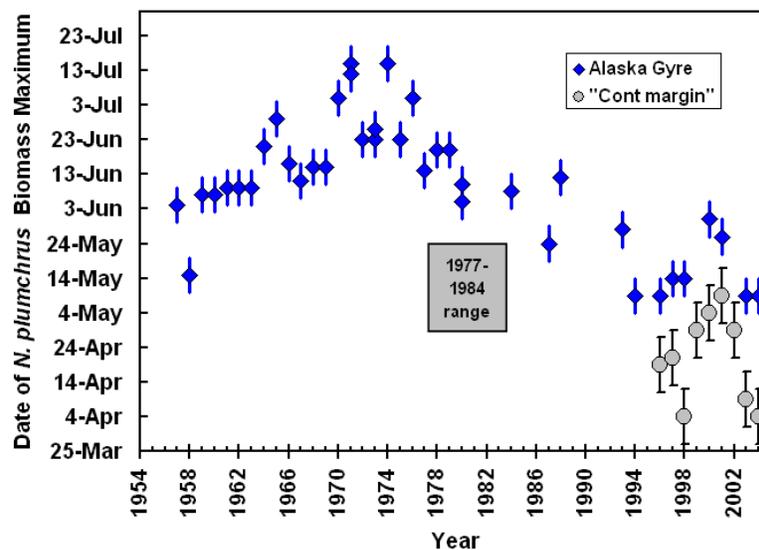


Figure 1: Les variations du temps de la biomasse maximale de *Neocalanus plumchrus* de la couche supérieure à la station océanographique Papa (bleu) et le long de la marge continentale de l'île de Vancouver (grise). Presque toutes les estimations faites avant 1981 ont été déterminées à partir de nombreux prélèvements du total de la biomasse, les estimations ultérieures ont été faites à partir de la répartition de l'âge de la population de copépodes.

Mackas, D.L., R. Goldblatt et A.J. Lewis. 1998. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55:1878-1893.

Bertram, D.F., D.L. Mackas et S.M. McKinnell. 2001. Progr. Oceanogr. 49:283-307.

Liens: [Groupe du dynamique du plancton à l'Institut des sciences de la mer](#)  
 Personnes-ressources au MPO: [Dave Mackas](#), [Moira Galbraith](#), [Steve Romaine](#)

## Présence inhabituelle de l'encornet géant en C.-B. et en Alaska

Le géant encornet volant, *Dosidicus gigas*, aussi connu sous le nom d'encornet Humbolt, est endémique dans la partie est de l'océan Pacifique et se trouve habituellement le long de la côte ouest de l'océan Pacifique à partir du nord de la Californie (40°N) jusqu'à la partie sud du Chili (45°S) (Nigmatullin, 2001, *Fish. Res.* 54: 9-19). Ce sont des espèces dont la durée de vie est courte et ils sont aussi les plus gros des encornets ommastrephidae, mesurant jusqu'à 1.0-1.2 m (longueur du manteau dorsal) et pesant jusqu'à 30-50 kg (Nigmatullin, 2001). L'encornet géant se nourrit d'une variété de proies: les juvéniles consomment du zooplancton et des larves de poissons, les adultes se nourrissent de poissons et d'encornets (Nigmatullin, 2001). Le cachalot est l'un de leur prédateur principal (Ruiz-Cooley *et al.* 2004. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 277: 275-283).



Figure 1: Un encornet géant, *Dosidicus gigas*, un de dix qui ont été capturé à la surface au large du détroit Quatsino le 25 octobre 2005, lors d'un campagne d'évaluation du saumon juvénile. Ce spécimen pesait 10 kg.

Jusqu'à 1997, aucun encornet n'avait été observé dans les eaux côtières au nord de l'Orégon. Entre août et octobre 2004, un certain nombre d'encornets géants ont été capturés par hasard par des pêcheurs commerciaux ainsi que lors de prélèvements de recherche dans l'ensemble de la Colombie-Britannique et aussi loin au nord que Sitka en Alaska (figure 1). Fait à noter, lors de l'autopsie, on a remarqué que tous les spécimens recueillis étaient des géniteurs non mûrs. On a constaté la présence d'un grand nombre d'encornets géants dans les états de Washington et de l'Orégon mais aucun n'a été capturé. Bien que peu d'encornets géants aient été capturés (environ 30), des centaines voire des milliers d'encornets géants ont été observés à la surface au large de la côte ouest de l'île de Vancouver et au sud-est de l'Alaska. Des milliers d'encornets géants se sont échoués sur les côtes de l'Orégon et de Washington en 2004.

Il est difficile d'expliquer ce qui a incité les encornets géants à se déplacer si loin vers le nord, bien que les températures plus chaudes à la surface de la mer ont pu jouer un rôle. Peu importe la raison, la présence d'un grand nombre d'encornets géants observés entre l'Orégon et Alaska indique une perturbation de l'écosystème côtier. Puisque leur taux de croissance est si rapide, on s'attend à ce que les encornets géants consomment de grandes quantités de poissons de fourrage tels que des harengs et des sardines, et aussi des saumons juvéniles. Ceci pourrait avoir des répercussions marquées sur les écosystèmes côtiers de la Colombie-Britannique et ailleurs. Cela indique que, en gestion des pêches côtières, il est nécessaire de tenir compte des changements climatiques et du fonctionnement de l'écosystème.

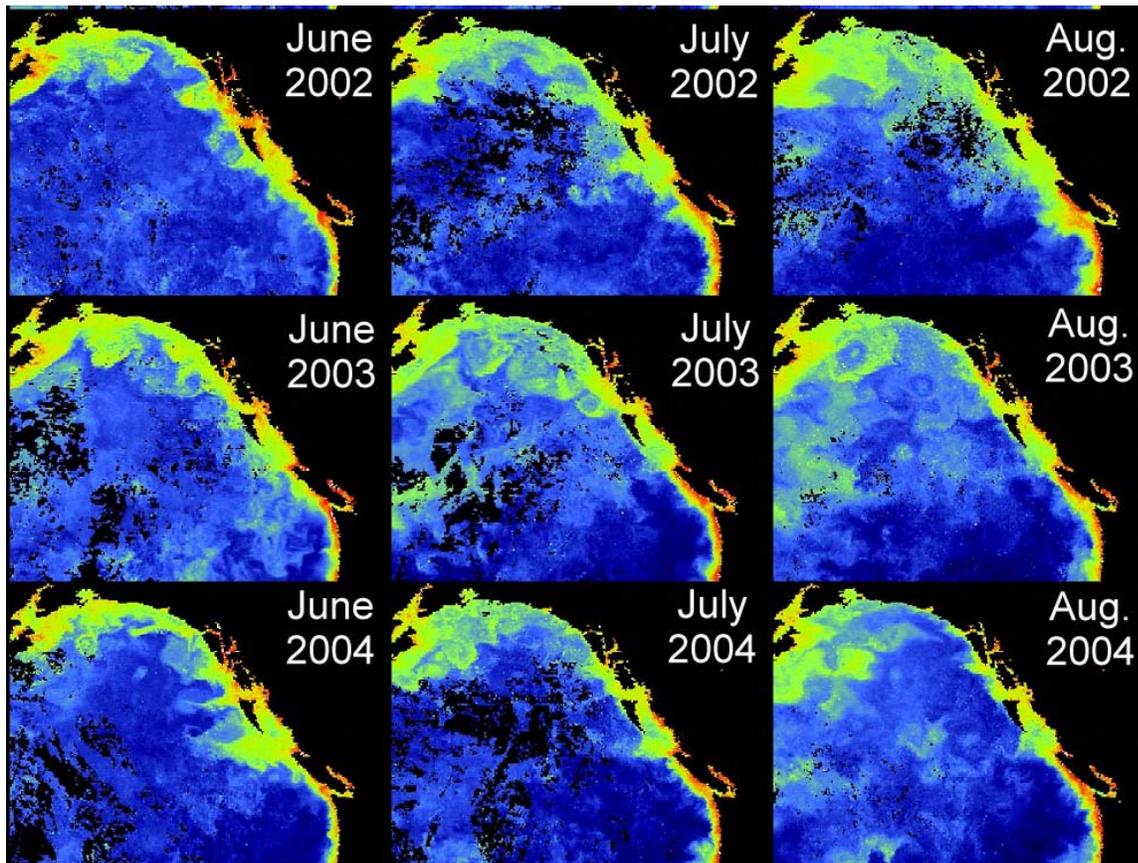
Personne-ressource au MPO :

[Marc Trudel](#)

Personne-ressource au Royal BC Museum:

[Jim Cosgrove](#)

## La mesure de la chlorophylle dans l'océan à partir de l'espace



Les régions vertes, jaunes et rouges des images affichées ci-dessus représentent des concentrations relativement élevées de chlorophylle à la surface de l'océan et indiquent des niveaux relativement élevés de végétation dans l'océan qui nourrissent le zooplancton et les poissons. Les régions côtières de la Colombie-Britannique possèdent une vie marine abondante qui, à son tour, assure une pêche prospère et des habitats sains pour les mammifères marins. On compare ici les images de chlorophylle pour les mois de juin, juillet, août des 3 dernières années. Les configurations se ressemblent plus ou moins par rapport à l'ampleur spatiale et la synchronisation saisonnière, et n'indiquent aucun changement marqué dans la végétation au cours des trois dernières années. Des systèmes similaires de distribution de la chlorophylle observée au large sont formés par de grands tourbillons venant du golfe de l'Alaska.

Les images parviennent de la sonde satellite SeaWiFS, qui fournit des données sur la radiance de l'eau et sur la concentration en chlorophylle près de la surface. Les éléments constitutants ont été préparés par la NASA avec des résolutions et des échelles de temps diverses à partir d'une base complète de données globales. Cette sonde fournit des images à une résolution spatiale de 1 kilomètre de la zone locale à partir de certaines stations telles que celle exploitée à l'ISM; à une résolution de 4 km à partir des données globales enregistrées sur satellite, et à une résolution de 10 km pour les composés mensuels et hebdomadaires globaux.

Liens: [Images satellitaires](#)  
[SeaWiFS](#)  
[Satellite MODIS mesurant la couleur de l'océan](#)  
Personne-ressource au MPO: [Jim Gower](#)

## La température près de la surface du golfe de l'Alaska durant l'été: Température élevée partout

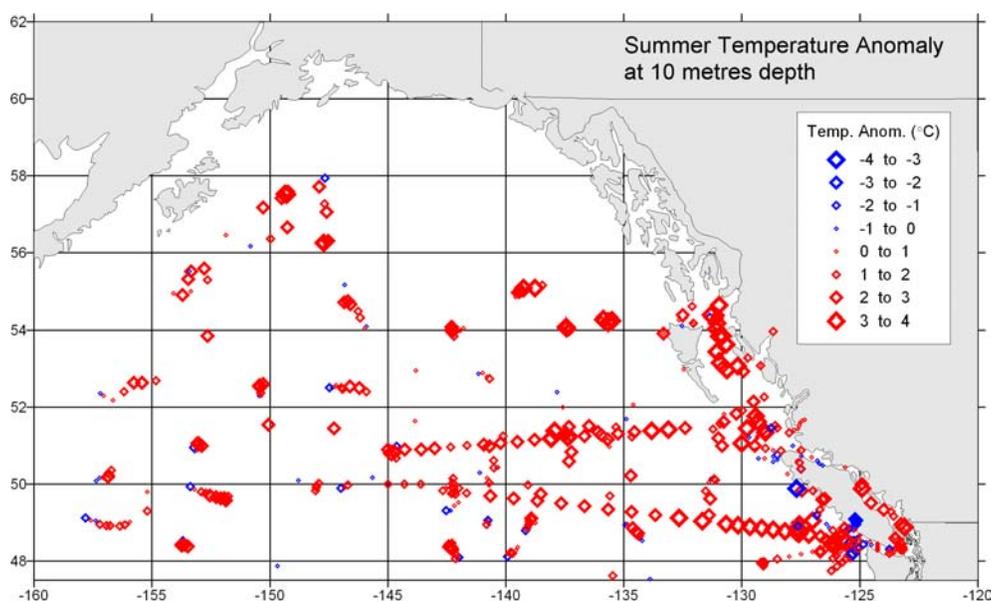


Figure 1: Anomalies de température, mesures prises à la surface et en profondeur, recueillies par diverses sondes et navires, y inclus la flotte de navires de recherche de Pêches et Océans, des navires de guerre provenant du Canada et des États-Unis, de quelques vaisseaux commerciaux du réseau des navires-météo bénévoles et des flotteurs autonomes ARGO. **Les points rouges représentent des anomalies chaudes; les points bleus représentent des anomalies froides.** Ces organismes et individus font parvenir les données vers des sociétés d'archives canadiennes ou américaines qui s'occupent des données de l'océan, où elles sont mémorisées et où les données peuvent être récupérées facilement et transformées en graphiques ce qui permet de les afficher ci-dessous. Les conditions moyennes ont été calculées à partir de plus de 170,000 profils archivés.

Les mesures de température dans l'ensemble du golfe de l'Alaska en juillet, août et septembre nous permettent de constater la présence presque continue de l'eau très chaude et dans certains cas, de l'eau la plus chaude jamais observée jusqu'à présent. Seulement quelques régions de la marge continentale de la Colombie-Britannique ont signalé la présence des eaux de surface plus froides par rapport à la normale.

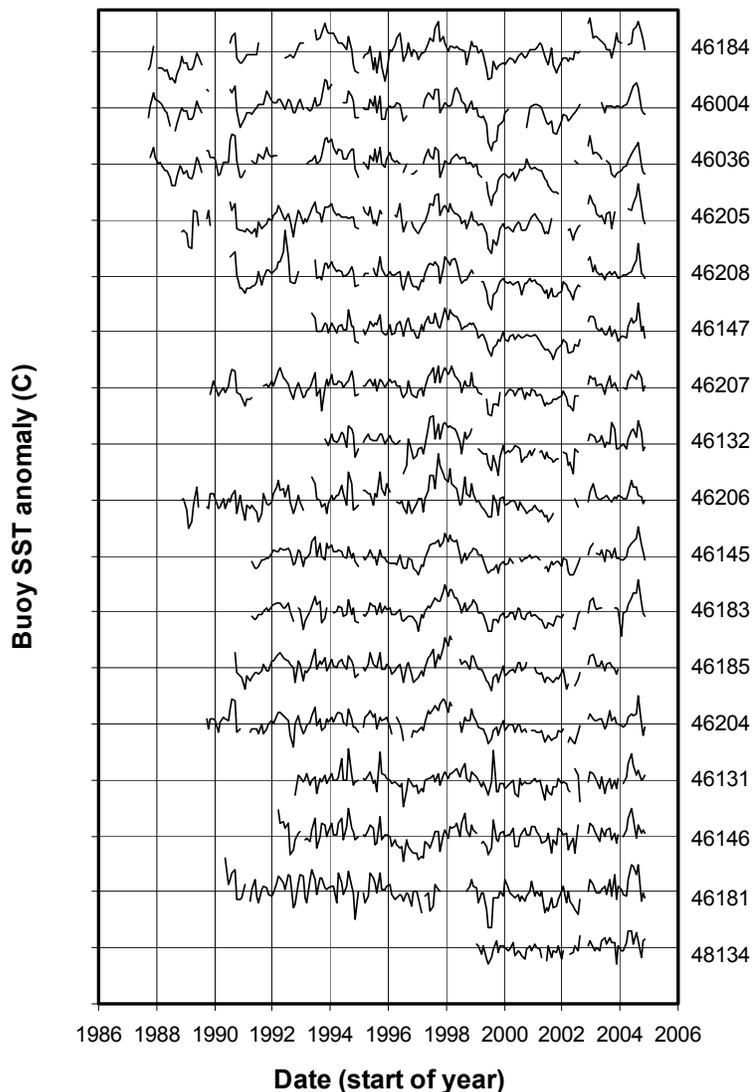
La présence des merlus du Pacifique à l'entrée Dixon, très loin au nord de son aire d'alimentation estivale traditionnelle, est sans doute un effet de ce réchauffement. On croit que les poissons juvéniles de la plupart des espèces sont les plus sensibles au réchauffement en raison des fluctuations de la disponibilité et de la quantité de la nourriture et aussi de la présence des prédateurs. L'effet de cet été chaud pourrait se répercuter pendant les années futures quand ces juvéniles font leur entrée à la pêche.

Personne-ressource au MPO: [Bill Crawford](#)



Les observations provenant des bouées météorologiques fournissent une perspective historique de ce réchauffement. Les bouées météorologiques sur la côte ouest, aux emplacements indiqués sur la carte ci-dessus, démontrent que les températures

élevées entre mai et juin 2004 étaient anormales. Ces 17 bouées fournissent des données sur le vent, les vagues et la température de surface. Trois des bouées sont situées à 400 km au large de la côte (46184 à 46036, allant du nord vers le sud sur la figure ci-dessus). Les autres bouées sont situées le long de la côte ouest exposée (46205 à 46206) et dans les eaux à l'abri. Le niveau de compensation des anomalies est de 4°C par bouée.



Les graphiques démontrent que la magnitude de l'anomalie est comparable à celle observée lors du El Nino de 1997-1998, mais elle était de plus courte durée. Les anomalies enregistrées aux diverses bouées en été 2004 diffèrent de celles observées lors du El Nino. Les anomalies de l'été 2004 indiquent que le réchauffement se produit à toutes les bouées avec un réchauffement plus fort au large des côtes et au nord. Les anomalies qui correspondent au El Nino étaient plus marquées aux bouées situées au sud du plateau continental et étaient faibles, voir nulles au détroit de Géorgie et aux emplacements en mer. Tel que l'indique le résultat de toutes les bouées, les tendances de la TSM à long terme sont presque zéro.

Liens: [Bouées météorologiques](#)  
Personne-ressource au MPO: [Jim Gower](#)

## Indice des anomalies du niveau de la mer du Pacifique Nord-Est

Comme le décrit les deux rapports précédents sur l'état de l'océan, on peut établir un indice qui permettrait d'évaluer la variabilité de l'océan pour le Pacifique Nord-Est à partir des données d'altimétrie satellitaire. Cet indice vient compléter l'indice de l'oscillation décennale du Pacifique (ODP) qui tient compte des données de la température de surface de la mer (TSM). Les altimètres satellitaires mesurent les variations du niveau de la mer à l'échelle mondiale. Selon les échelles de temps interannuelles, le niveau de la mer représente les effets qui ont été verticalement intégrés des anomalies de température et (à un moindre degré) de salinité de la couche supérieure de l'océan, c'est à dire les 300 premiers mètres de la colonne d'eau.

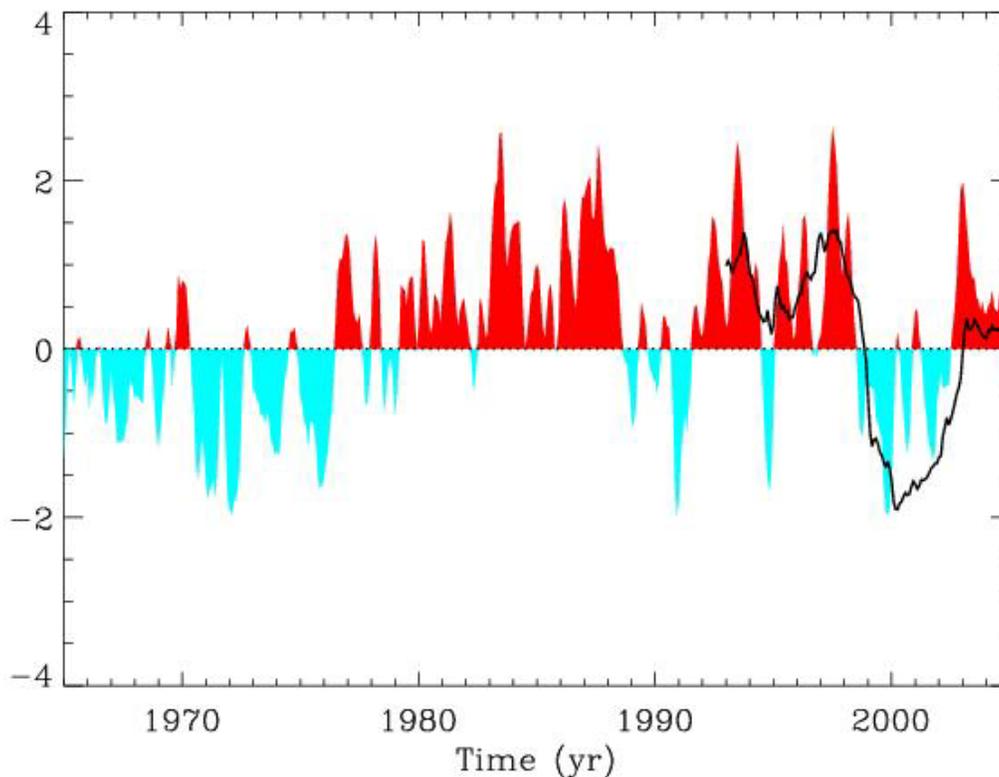


Figure 1: L'indice de l'ODP indique la phase froide en **bleu** et la phase chaude en **rouge**. La courbe **noire** en trait plein indique l'indice de la SSH; les valeurs positives correspondent à la hausse du niveau de la mer au large de la côte ouest de l'Amérique du Nord et aux anomalies du niveau de la mer du signe opposé de la partie centrale du Pacifique. Durant 2003 et 2004, l'indice de la SSH était près de zéro, ce qui indique que le Pacifique Nord-Est n'est pas encore dans une phase très chaude de l'ODP.

L'indice établi en fonction de la hauteur de la surface de la mer (SSH) est défini selon la première composante importante des données altimétriques dont le cycle climatologique saisonnier a été supprimé. Il s'agit d'un indice analogue à l'indice d'ODP qui est défini comme première composante importante des observations de la température de surface de la mer (SST) du Pacifique Nord. Le résultat de cette analyse est une série chronologique de la SSH qui a fourni de l'information sur une période de douze ans entre janvier 1993 et décembre 2004, sur le mode dominant de la variabilité de la SSH à partir des altimètres satellitaires TOPEX/POSEIDON et Jason.

La figure 1 démontre les valeurs historiques de l'indice de l'ODP, ainsi que l'indice de la SSH. L'indice de la SSH est basé sur les données altimétriques du Pacifique Nord-Est; une région délimitée comme suit: la côte ouest de l'Amérique du Nord et la ligne de changement de date le long du 25<sup>ième</sup> degré de latitude

nord. Même si les indices ODP et SSH sont étroitement liés, l'indice de la SSH est moins assujéti à la variabilité haute fréquence, ce qui est préférable pour caractériser les changements à long terme de l'état de l'océan.

Les deux indices présentés à la figure 1 indiquent que des changements significatifs dans les conditions de la région du Pacifique Nord se sont produits au cours des années 1998 et 1999 et que ces changements ont persisté jusqu'en 2002. Ces changements sont marqués par une TSM plus froide et par une baisse de la SSH dans le Pacifique Nord-Est, ce qui caractérise un changement vers une phase froide de l'ODP. On a vivement discuté si les changements qui se sont manifestés en 1998 signifient un changement de régime climatique vers une phase froide persistante de l'ODP. Ceci aurait pour effet d'inverser la situation persistante vers la phase chaude qui s'est produite en 1976 et 1977.

En début de 2003, un faible El Nino dans les tropiques a entraîné des conditions atmosphériques qui ont produit des TSM anormalement élevées dans le Pacifique Nord-Est ainsi que des anomalies positives de la SSH. Ceci a inversé les conditions qui avaient prédominées pendant les 4 dernières années et il se peut que la phase froide de l'ODP qui s'est établie récemment soit de courte durée. En 2003 et 2004, l'indice établi en fonction de la SSH n'a pas présenté de grandes variations et est demeuré presque nul ou légèrement positif. La phase froide qui a commencé en 1998 semble être terminée. Cependant, les conditions du Pacifique Nord-Est ne représentent pas une phase chaude ODP prononcée telle que nous avons connue à la suite du changement de régime climatique en 1996/97.

Liens: [Indice de la hauteur de la surface de la mer dans le rapport intitulé L'état de l'océan en 2003 \(page 18\)](#)

Personne-ressource au MPO: [Patrick Cummins](#)

## Les courants de mer du golfe de l'Alaska: Plus près de la normale en 2004-2005

### Information générale

#### Le développement d'Argo

En début de 2004, on suivait environ 1,100 flotteurs autonomes qui circulaient sur les océans à l'échelle mondiale et qui transmettaient des données tous les 10 jours. En début de 2005, presque 1700 robots océanographiques enregistraient des données jusqu'à une profondeur d'environ 2000 mètres. Argo est un programme international et il y a 20 pays fournisseurs de bouées. Les déploiements internationaux se poursuivent même si le déploiement canadien est suspendu, jusqu'à ce qu'on puisse assurer l'avenir du financement.

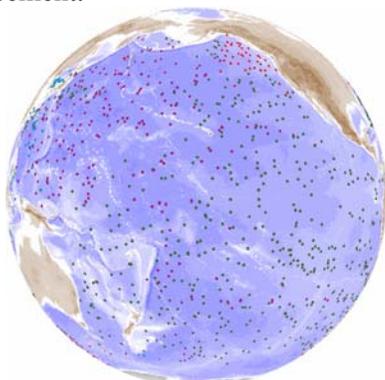


Figure 1: La distribution des flotteurs Argo dans l'océan Pacifique, avril 2005.

Tel que l'indique la figure 1, le réseau est maintenant très impressionnant; ce qui a permis de recueillir des données sur les conditions océaniques du golfe de l'Alaska depuis le milieu de l'année 2002.

#### Changements de circulation

La figure 2 présente la circulation générale des eaux à la surface de l'océan Pacifique Nord durant le mois d'octobre 2004. Ceci démontre que le courant du Pacifique Nord se dirige vers l'est à peu près dans la même direction que le 40°N. Ce courant bifurque vers le nord et vers le sud; celui du nord devient le courant de l'Alaska et celui du sud devient le courant de Californie. Au cours de 2002 et jusqu'au début de 2003, le courant du Pacifique Nord a dévié beaucoup plus vers le nord qu'à l'habitude.

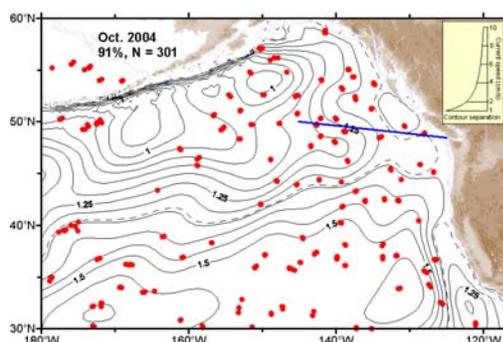


Figure 2: La circulation générale du Pacifique Nord au mois d'octobre 2004. La ligne océanographique P est en bleu. Les courbes représentent les courants et plus forts sont les courants, plus rapprochées sont les courbes. Les points rouges représentent les profils Argo desquels ce champ de circulation fut calculé.

On croit que ces conditions inhabituelles sont liées à un changement de direction du vent dominant du golfe et aussi à la couche de mélange hivernale peu profonde durant l'hiver 2002 et 2003 et l'hiver 2003 et 2004. Depuis ce temps, la circulation dans le golfe de l'Alaska semble être devenue progressivement normale. Cette transition est indiquée à la figure 3 ci-dessous.

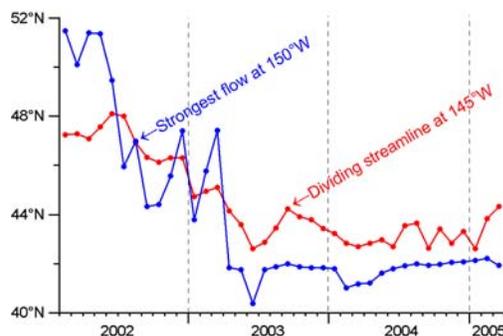


Figure 3: La latitude du courant du Pacifique Nord le long du 150°O (ligne bleue) et la latitude de la ligne de courant qui le divise (ligne rouge).

La figure 3 semble indiquer que depuis la mi-2003, la circulation dans le golfe de l'Alaska a été très stable et près de la normale. Cette constatation est un peu incertaine car nous n'avons pas surveillé les champs de circulation assez longtemps.

La circulation exceptionnelle connue en 2002 et au début de 2003 semble avoir provoqué une augmentation de la température des eaux de

surface du golfe de l'Alaska qui se dissipe graduellement. Ceci a produit une couche de mélange hivernale peu profonde durant l'hiver 2002 et 2003 et l'hiver 2003 et 2004. Enfin, les conditions semblent être revenues à la normale au cours de l'hiver 2004 et 2005. On démontre à la figure 4 la distribution de la couche de mélange hivernale. On peut voir que le mélange se produit à des profondeurs supérieures à 100 m dans la plus grande partie du golfe de l'Alaska et jusqu'à des profondeurs de 120 m dans certaines parties du golfe.

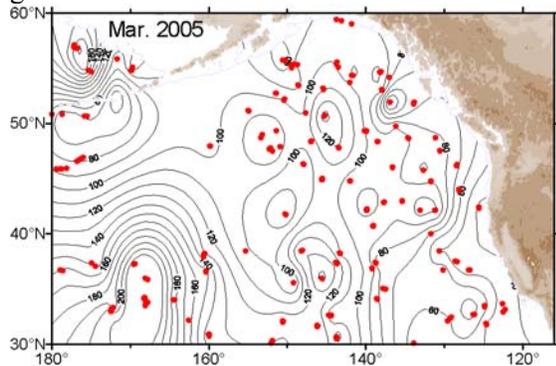


Figure 4: La distribution de la couche de mélange la plus profonde dans le Pacifique Nord-Est durant mars 2005, représentée par des contours à des intervalles de 10 mètres.

### Conditions dans le golfe de l'Alaska

Les océanographes de la région du Pacifique effectue des prélèvements le long de la ligne océanographique P depuis le début des années 1950. Ceci signifie que nous avons une description approfondie des conditions moyennes le long de la ligne océanique P et de la variabilité des conditions moyennes à l'année longue. Depuis la mi-2002, nous avons interpolé les données provenant d'Argo avec les données provenant des stations de la ligne P et nous avons pu créer pour chaque année une série de données artificielles le long de la ligne P. Ces données artificielles représentent seulement les variables dynamiques, la température et la salinité.

Le schéma à la figure 6 représente les écarts par rapport à la norme le long de la ligne

océanographique P en juillet 2004. L'intrusion de l'eau froide qui fut signalée antérieurement tout juste en bas du pycnocline principale est disparue mais l'eau chaude près de la surface est toujours là. Le réchauffement de cette grande surface n'est pas neutralisé par une hausse de salinité, et cela produit une baisse significative de la densité de l'eau à la surface. C'est pour cette raison que nous surveillons la stratification de la couche supérieure de la colonne d'eau du golfe de l'Alaska.

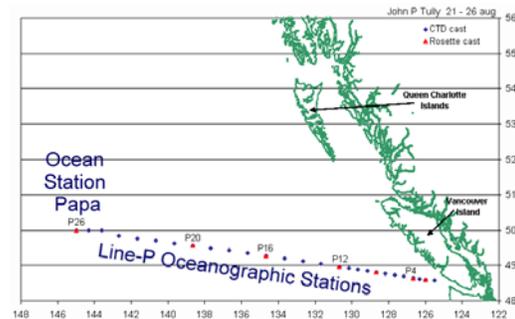


Figure 5: La ligne P dans le golfe de l'Alaska.

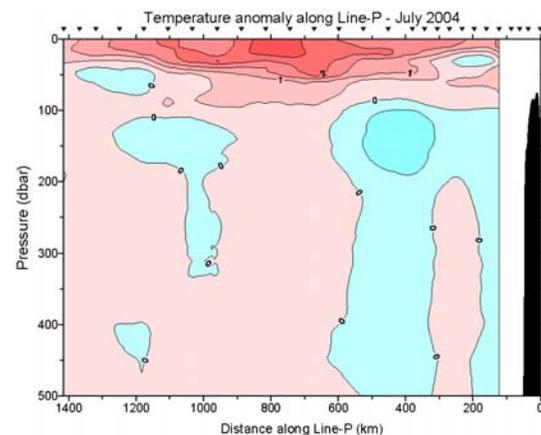


Figure 6: Les anomalies de température le long de la ligne P en juillet 2004.

Liens: [La ligne P](#)  
[Projet Argo](#)  
[Anomalies du courant du Pacifique Nord](#)  
 Personne-ressource au MPO: [Howard Freeland](#)

## Les températures de surface de la mer le long de la ligne P sont élevées pendant l'hiver 2005

Les eaux du golfe de l'Alaska le long de la ligne P jusqu'à des profondeurs de 100-150 mètres étaient de 0.5 à 2.0°C plus chaudes par rapport à la moyenne (figure 1 à la droite). (Les moyennes furent calculées entre 1956 et 1991.)

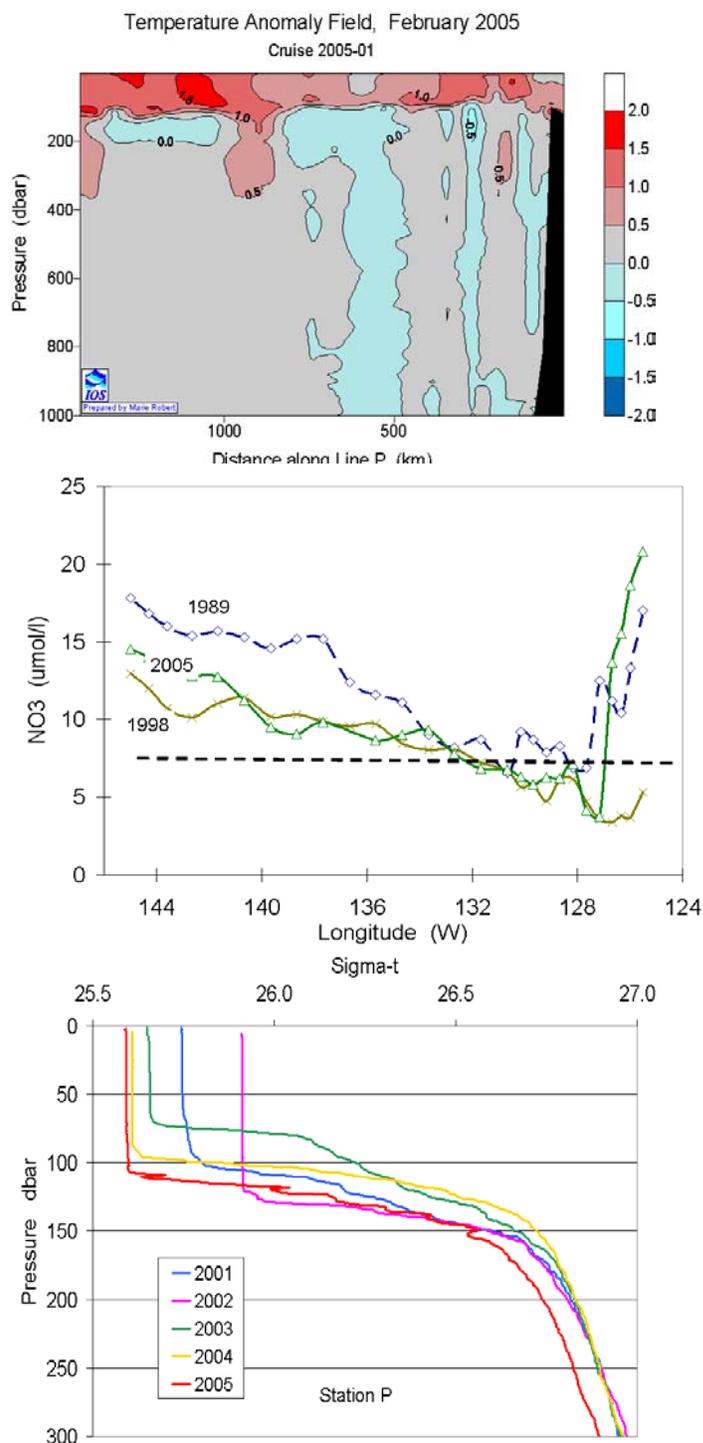
Les concentrations de nutriment à la surface étaient représentatives des années chaudes entre 1995 et 1998 et plus faibles que celles des années froides telles que 1989 ou 1999 (figure 2, au milieu, à la droite). L'appauvrissement du nitrate ( $\text{NO}_3$ ) était répandu le long de la ligne P entre 1994 et 1998 et est revenu à des conditions plus normales près de la côte de la C.-B. au cours de ces dernières années. La teneur en nitrate des eaux côtières entre 124 O et ~133 O détermine son niveau de production primaire au printemps.

La couche de mélange à la station océanographique Papa était plus profonde en février 2005 que pendant les 2 années précédentes (figure 3, en bas à droite), ce qui atténue la stratification marquée produite lorsque la couche de mélange était moins profonde. Cette réduction de stratification semble indiquée que la remontée des eaux plus profondes est plus facile, ce qui permet de diriger une plus grande quantité d'eau riche en nutriments vers la surface. Ceci devrait entraîner une augmentation de la productivité primaire, qui, si tout va bien, pourra être vérifié au cours des prochaines croisières.

**Figure 1 (panneau supérieur à droite):** Anomalies de température le long de la ligne P en février 2005 par rapport aux moyennes calculées entre 1956 et 1991.

**Figure 2 (panneau centre à droite) :** La teneur en nitrate le long de la ligne P en février 2005 était faible par rapport à la normale et ressemblait à la teneur en hiver observée durant l'El Nino de 1997 et 1998. Avant la décennie chaude connue durant les années 90, la teneur en nitrate dans l'océan durant l'hiver était plus élevée (par ex. février 1989). Le soulignement en discontinue représente le niveau habituel de l'abaissement saisonnier de la teneur en nitrate.

**Figure 3 (panneau inférieur à droite):** La densité en février à la station Papa 50° N, 145° O, de 2001 à 2005. La baisse de la densité en 2005 est entraînée par le réchauffement de l'eau.



Liens: [La ligne-P](#)

Personne-ressource au MPO: [Marie Robert](#)

## La couche de mélange hivernale de surface en 2004-05: Plus profonde et plus près de la normale

La circulation exceptionnelle connue en 2002 et en 2003 semble avoir dégagé une grande quantité de chaleur à la surface de l'océan dans le golfe de l'Alaska qui se disperse lentement. Par conséquence, la couche de mélange hivernale fut très peu profonde durant l'hiver 2002 et 2003 et l'hiver 2003 et 2004. Enfin, les conditions semblent être revenues à la normale au cours de l'hiver 2004 et 2005. La figure 1 ci-dessous démontre la distribution de la couche de mélange hivernale. Il est possible de constater que le mélange se produit à des profondeurs supérieures à 100m dans la plus grande partie du golfe de l'Alaska et jusqu'à des profondeurs de 120 m dans certaines parties du golfe.

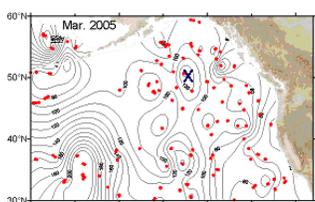


Figure 1: La distribution des profondeurs de la couche de mélange du Pacifique Nord-Est durant mars 2005 est représentée par des courbes à des intervalles de 10 mètres. **Les points rouges** représentent les emplacements des flotteurs Argo. Le **X** représente l'emplacement de la station océanographique Papa.

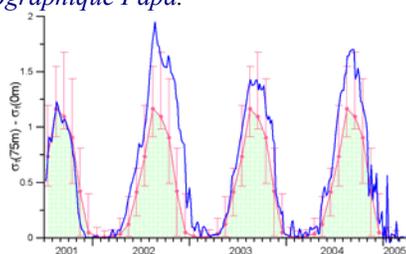


Figure 2: La stratification à la station océanographique Papa pour les années 2002, 2003, 2004 et au début de 2005 telle que déterminée par interpolation selon les données du réseau Argo.

La figure 2 ci-dessus présente un graphique de la stratification entre 2002 et début 2005. La stratification a été estimée comme étant la différence entre la valeur de  $\sigma_t$  à 75 m de profondeur et sa valeur à la surface et a été déterminée par interpolation à partir des données du réseau Argo. La ligne bleue

représente la stratification calculée près de la surface et la ligne rouge pâle représente la moyenne à long terme calculée à partir de toutes les observations provenant de la station océanographique P ainsi que la limite de confiance de 95%. Comme en témoigne cette figure, une très forte stratification de la couche supérieure du golfe de l'Alaska s'est produite au début 2002 avant l'hiver 2002 et 2003. Le mélange vertical qui s'est produit cet hiver a entraîné une faible réduction de la stratification observée en 2003 et 2004 et même si la stratification est restée forte, elle n'a pas atteint les niveaux nettement élevés atteints en 2002. À l'approche de l'hiver 2004/2005, la stratification semble être redevenue normale.

L'approfondissement de la couche de mélange superficielle au cours de l'hiver alimente la couche supérieure de l'océan en nutriments, ce qui stimule la croissance des espèces le printemps suivant. Une couche de mélange peu profonde réduit l'apport en nutriments vers la couche de surface de l'océan le printemps et l'été suivants. Des étés chauds, des eaux de surface fraîches et des tempêtes d'hiver moins fréquentes entraînent des couches de mélange peu profondes.

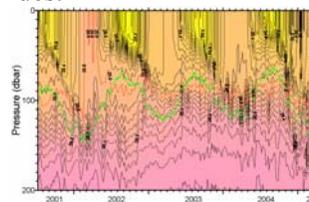


Figure 3: La série chronologique de la densité (courbes en couleurs) et des profondeurs de la couche de mélange (points verts) entre 2001 et début 2005.

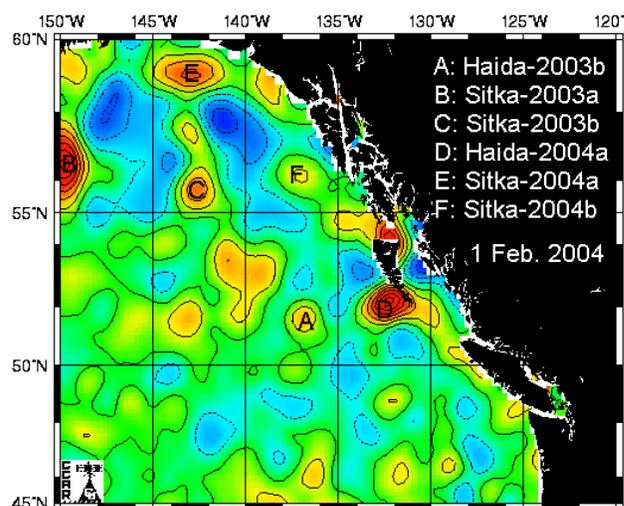
La figure 3 représente l'histoire temporelle de la densité de la couche de surface de l'océan depuis 2001. Comme on peut voir sur cette figure, le mélange profond de l'hiver 2001-2002 a été précédé de deux hivers où la couche de mélange a été très peu profonde.

Liens: [Projet Argo](#)

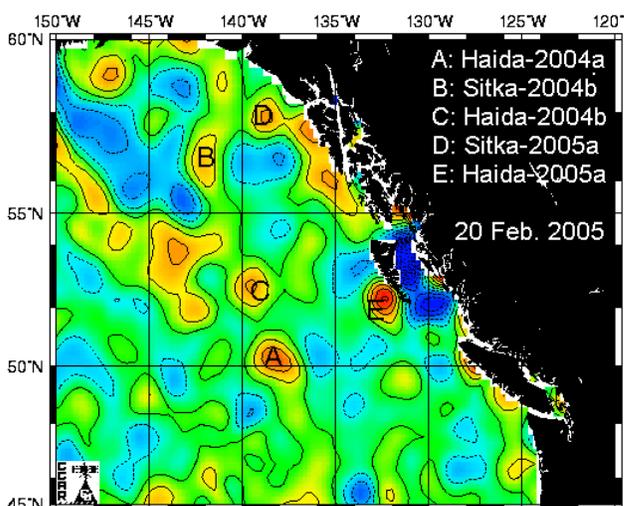
Personne-ressource au MPO:

[Howard Freeland](#)

## Tourbillons du golfe de l'Alaska: Plus grands et plus au sud



Les scientifiques ont observé la formation et les mouvements des grands tourbillons venant du golfe de l'Alaska depuis 1998 à l'aide de mesures satellitaires du niveau de la mer. Les tourbillons, appelés Sitka et Haida selon les régions où ils se forment durant l'hiver, pivotent toujours dans le sens des aiguilles d'une montre et leur diamètre peut atteindre plus de 350 km. Ils dérivent en direction ouest vers le golfe de l'Alaska. Ils prennent forme près de la côte et peuvent se déplacer plus de 1500 km vers l'ouest pendant quelques années avant de se désagréger et disparaître.



Les figures à la gauche représentent des tourbillons (en rouge) observés en février 2004 et en février 2005. Ces images ont été préparées à partir d'observations faites par satellite en utilisant le logiciel du Colorado Centre for Astrodynamics Research. Les courbes représentent la hauteur de la mer à des intervalles de 4 centimètres.

**La couleur rouge représente les tourbillons donc les niveaux les plus élevés de la mer, la couleur bleue représente les niveaux les plus bas.**

Les tourbillons transportent des nutriments et des espèces côtières vers le milieu du golfe de l'Alaska et font dévier la circulation est de l'eau de surface. L'effet des tourbillons sur l'océan est à l'étude.

Les tourbillons Haida, qui se trouvent le long de la côte ouest des îles de la Reine-Charlotte, peuvent transporter de la rive vers le nord près de 60% de la chaleur océanique durant l'hiver, et repousser 15% de l'eau fraîche qui revient l'automne et l'hiver (Crawford, 2005. *Deep-Sea Research II*).

Haida-2004a fut l'un des plus grands tourbillons qui a été observé depuis 1988 et tout comme les grands tourbillons précédents des années 1995 et 1998, il a dérivé plus vers le sud par rapport à la normale pour ce genre de tourbillon. Les scientifiques à bord du navire NGCC John P. Tully ont constaté la présence d'importantes populations d'oiseaux de mer et d'orques le long du flanc sud de Haida-2004a en février 2005.

Liens: [Page web des tourbillons Haida](#)  
Personne-ressource au MPO: [Bill Crawford](#)

## La baisse de la teneur en oxygène des eaux de sub-surface: Très faible teneur aux profondeurs supérieures à 250 mètres

Au cours de la dernière décennie, la teneur en oxygène continue de diminuer dans les eaux de sub-surface à la station océanographique Papa (OSP) à mesure que la teneur en nutriment augmente (figure 1 à droite).

L'oxygène est consommé par divers organismes et, lorsqu'ils oxydent le carbone organique pour des fonctions métaboliques, un des sous-produits est le nitrate.

L'oxygène dans l'eau est réapprovisionné lorsqu'elle entre en contact avec l'atmosphère. Par conséquent, la diminution de l'oxygène indique soit une plus grande consommation de matière organique, soit un manque d'aération. Récemment, la stratification de la couche supérieure de l'océan a diminué l'apport nutritif à la couche supérieure de l'océan, donc la production de matière organique a probablement diminué depuis les dernières décennies.

L'hypothèse est donc que le renforcement de la stratification de la couche supérieure de l'océan par réchauffement est en train de diminuer l'oxygénation des eaux intermédiaires.

En effet, Ono *et al.* (2001, *Geophys. Res. Lett.* 28) ont observé une baisse de la teneur en oxygène au large de la côte du Japon depuis 1990. Vu que celle-ci représente la source principale d'aération du Pacifique subarctique, il semblerait que le golfe de l'Alaska est affecté par des processus à l'échelle de bassin.

Ono *et al.* (2001) ont remarqué une diminution de l'oxygène de  $\sim 5 \mu\text{M}/\text{y}$  à une profondeur de  $\sim 190$  m, tandis que la diminution de l'oxygène à la station océanographique Papa était de  $7 \mu\text{M}/\text{y}$  à une profondeur de 200 m entre 1994 et 2004. Pour pouvoir comprendre cette diminution dans son ensemble, entre 1994 et 2004, n'importe quel organisme marin qui ne pouvait pas tolérer un taux d'oxygène inférieure à  $60 \mu\text{M}$  ( $\sim 2 \text{ mg/l}$ ) aurait perdu une grande partie de son habitat océanique lorsque la profondeur de cette teneur en oxygène est allée de 400 à 250 m.

Liens: [L'eau du Pacifique Nord-Est en 2004](#)

[La ligne océanographique P et la station océanographique Papa](#)

Personne-ressource au MPO: [Frank Whitney](#)

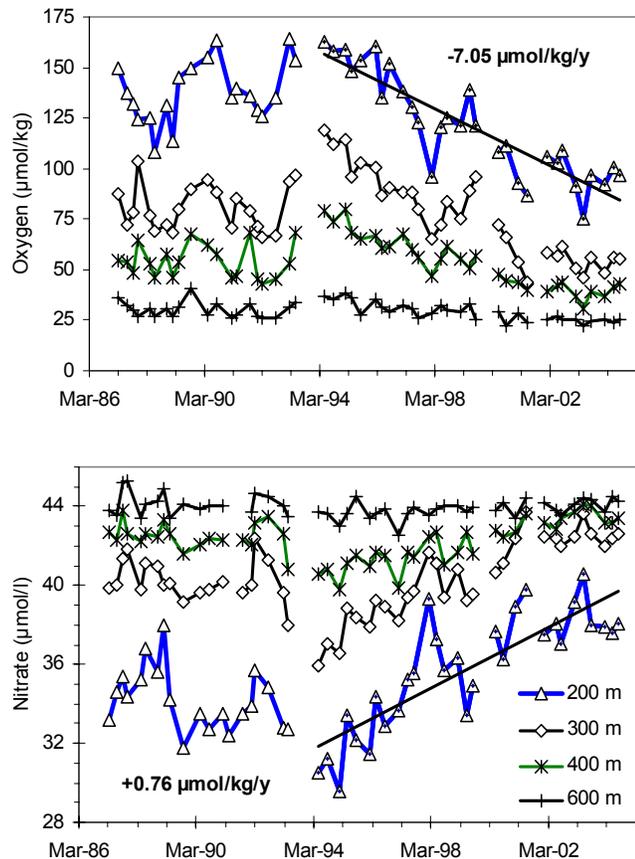
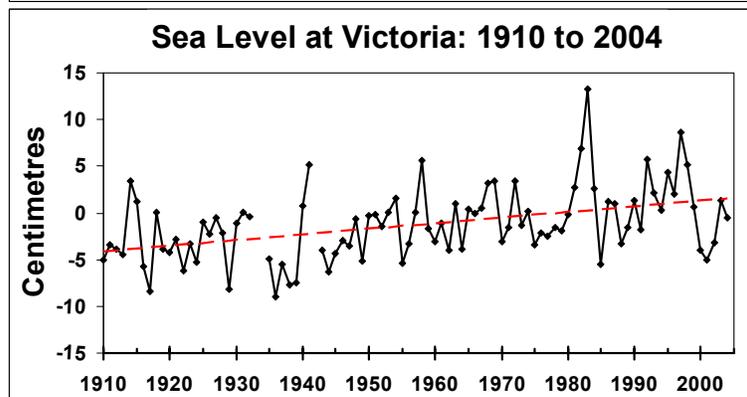
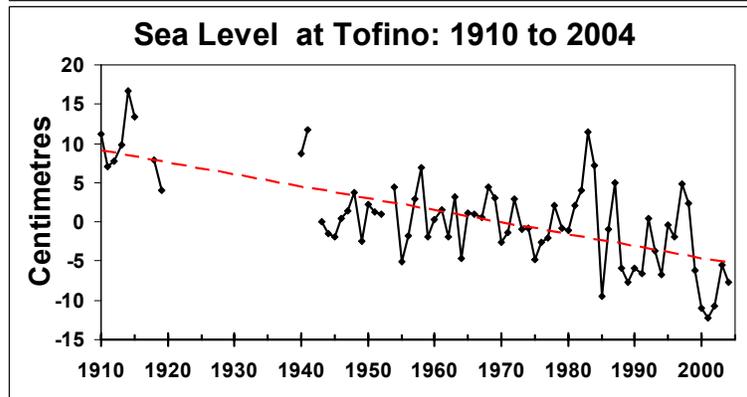
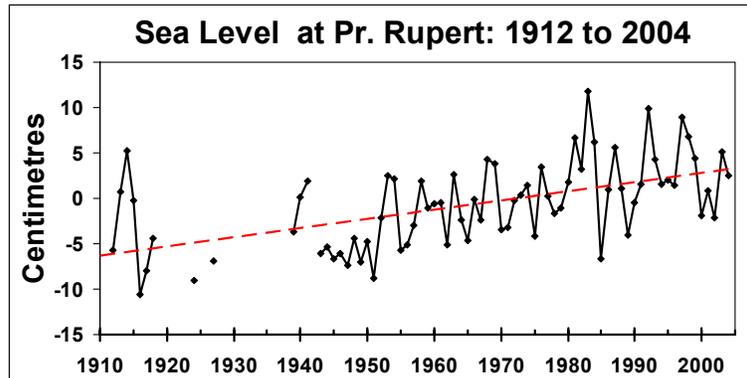


Figure 1: Teneur en oxygène et en nitrate à la station océanographique Papa (50 N, 145 O) entre 1987 et 2004.

## La côte ouest de l'île de Vancouver

Les niveaux de la mer sur la côte: Se situent près de la normale en 2004, mais continue à monter au long terme



Depuis plus de 90 années, le Service hydrographique du Canada surveille le niveau de la mer le long de la côte de la Colombie-Britannique.

Les trois graphiques à gauche représentent les écarts par rapport à la moyenne à long terme et les tendances du niveau de la mer à trois ports de la C.-B.

Les lignes de traits discontinus en rouge représentent la tendance par rapport à la longueur d'enregistrement en centimètres par siècle:

Prince Rupert	+10
Victoria	+ 6
Tofino	- 15

À cause du mouvement tectonique, à Tofino, le niveau de la terre monte plus rapidement que le niveau de la mer augmente, ce qui a pour effet de faire baisser le niveau local de la mer à un taux de 15 cm par 100 ans.

Le prochain tremblement de terre de la zone de subduction de Cascadia entraînera une baisse de niveau de la terre

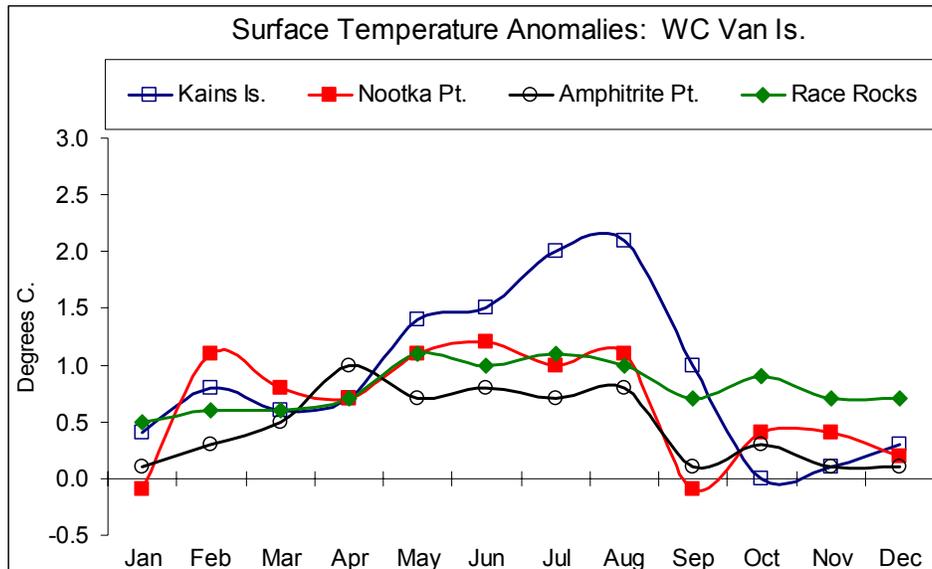
d'environ un mètre à Tofino et le long de la côte ouest de l'île de Vancouver et provoquera un tsunami important vers la côte de la C.-B..

À l'échelle mondiale, le niveau de la mer a monté d'environ 10 à 20 centimètres au cours des 100 dernières années et on s'attend à ce qu'il monte de 9 à 90 centimètres d'ici les prochains 100 ans.

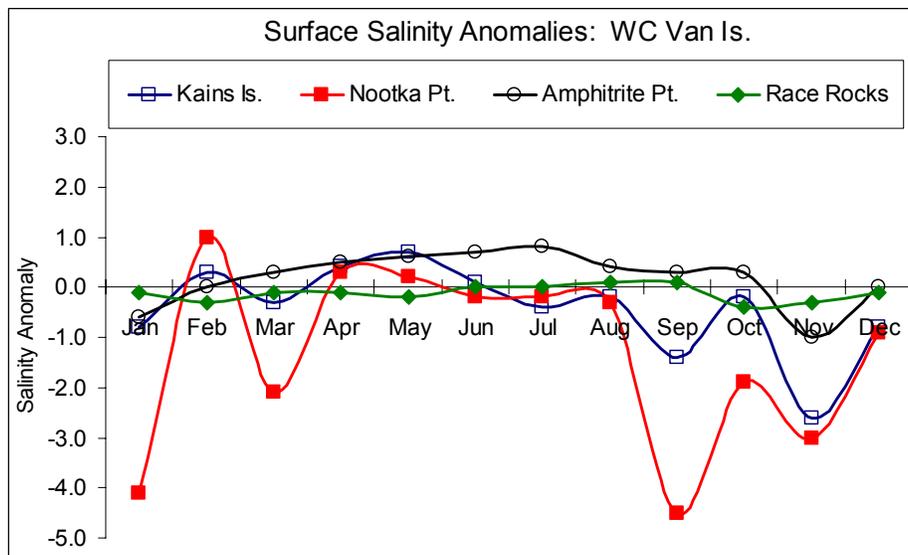
Liens: [Variations du niveau de la mer dans le rapport intitulé L'état de l'océan en 2003 \(p 36\) Service Hydrographique du Canada](#)

Personne-ressource au MPO: [Fred Stephenson](#), [Bill Crawford](#)

## La température et la salinité le long de la côte: Température chaude toute l'année, faible salinité à Nootka Point durant l'automne



Des températures chaudes furent présentes au cours de l'été le long de toute la côte ouest de île de Vancouver et du détroit de Juan de Fuca ainsi qu'au détroit de Géorgie et en Alaska. En automne, la plupart des températures sont redevenues normales, mais la température à Race Rocks est demeurée chaude.

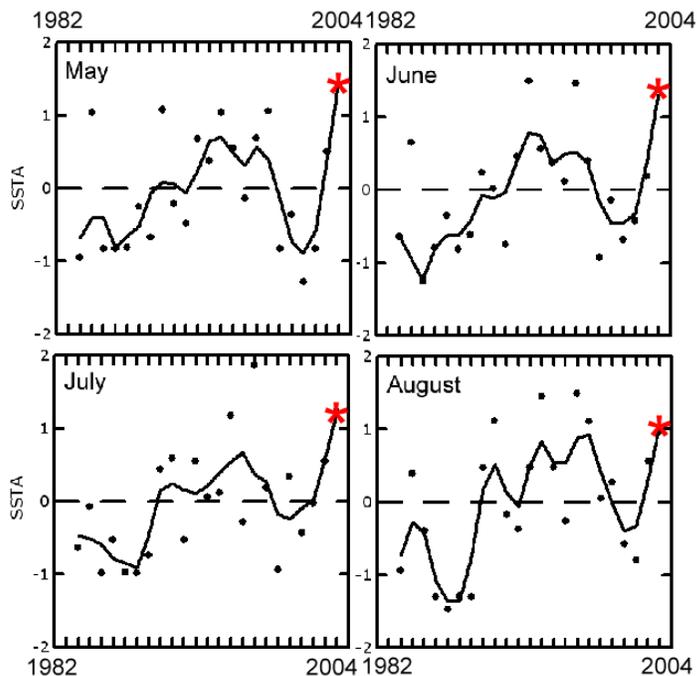
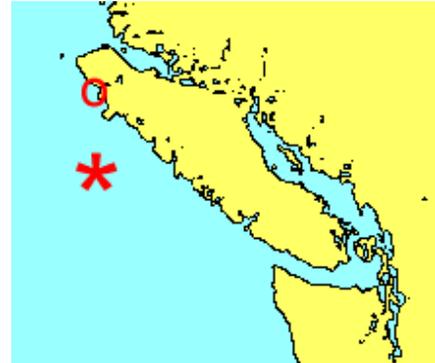


Ce qui fut surprenant c'est que l'eau était fraîche en janvier et de septembre à décembre à l'île Kains, et que la salinité a atteint des valeurs les plus faibles jamais enregistrées. Les eaux des îles voisines de Nootka et d'Egg au nord ont aussi été fraîches entre septembre et décembre. Il aurait fallu des précipitations massives et une variation des vents pour introduire tellement d'eau fraîche au nord de l'île de Vancouver et à l'est du détroit de la Reine-Charlotte.

Liens: [Prélèvement de l'eau de mer aux stations de phare de la C.-B.](#)  
 Personnes-ressources au MPO: [Bill Crawford](#), [Ron Perkin](#)

## Températures de surface de la mer à l'ouest de l'île de Vancouver: Mai a été le plus chaud depuis 22 années d'observations

Les températures ont été enregistrées quotidiennement à l'île Kains (**cercle rouge à droite**) environ depuis 1935. Le site marin indiqué par l'**astérisque \* rouge** est un des sites étudiés par NODC à partir des capteurs à bord des satellites qui mesurent la température et de navires en route. Les moyennes des anomalies mensuelles de température à cet endroit sont reportées pour mai, juin, juillet et août.



**À gauche:** Anomalies mensuelles de température à 49.5N, 128O entre 1982 et 2004 (anomalies en 2004 sont indiquées par l'astérisque **\* rouge**).

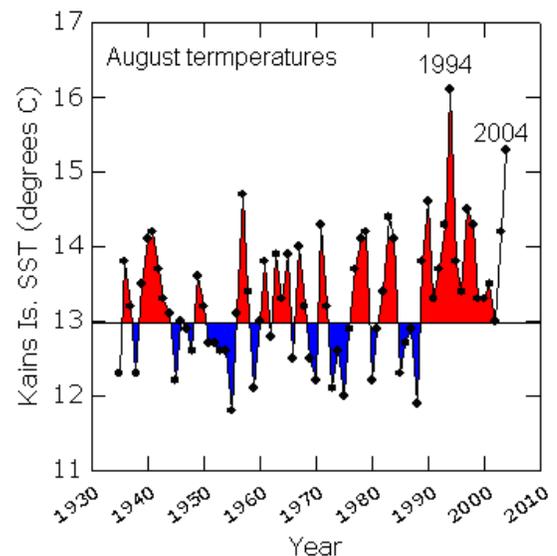
**Les températures côtières à l'ouest de l'île de Vancouver à la fin du printemps et durant l'été 2004 ont atteint un niveau record ou presque record, égale à ou supérieure aux valeurs observées au cours des années chaudes entre 1992 et 1998.**

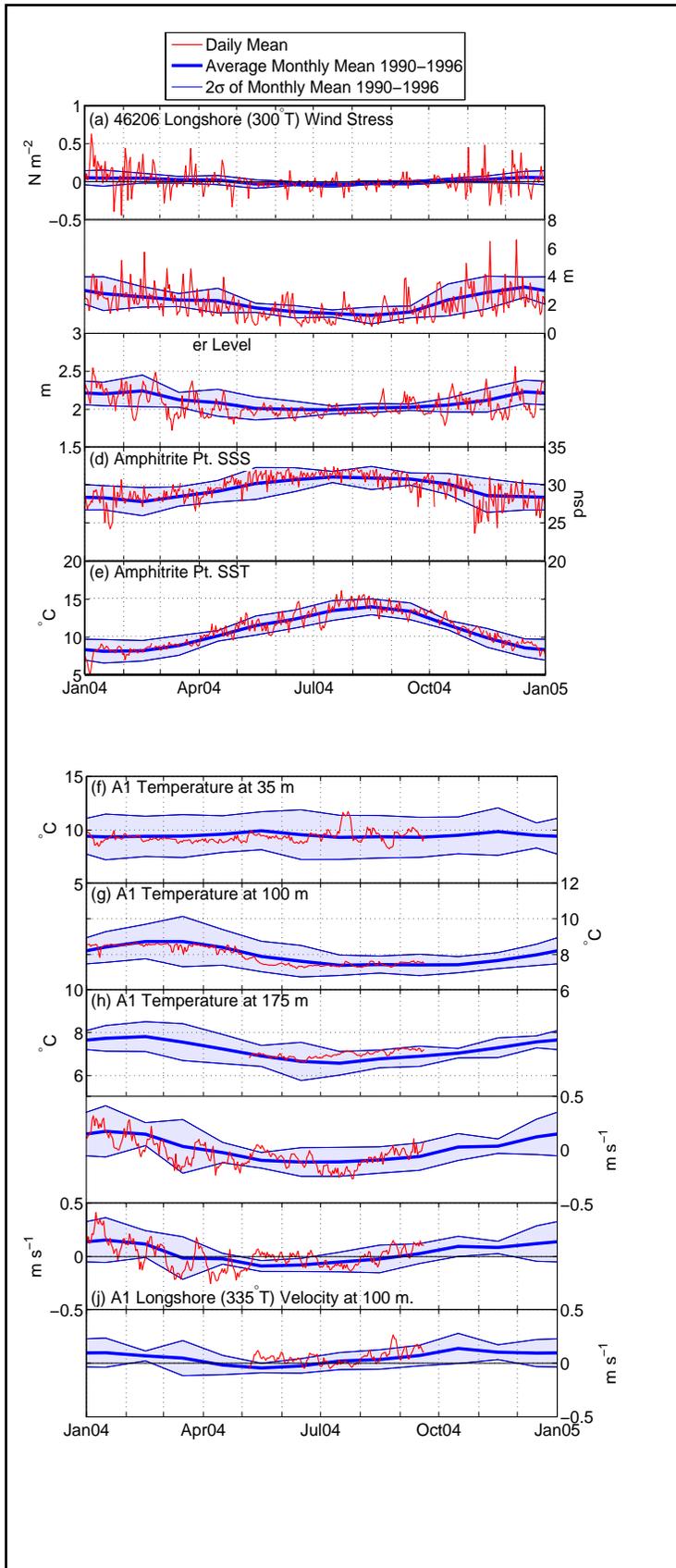
**Ci-bas:** Les températures à l'île Kains en août entre 1935 et 2004.

Il est à noter que depuis 1939, les températures moyennes en août à l'île Kains n'ont jamais été inférieures à 13 °C (**O rouge plus haut**) tandis qu'autrefois elles étaient souvent inférieures à celle-ci, ce qui semble indiquer une variation en forme d'échelon plutôt que d'une tendance ce qui n'est pas le cas du site marin (**\* rouge**).

Les stocks de poissons qui préfèrent les étés plus chauds devraient se développer bien si les étés chauds persistent.

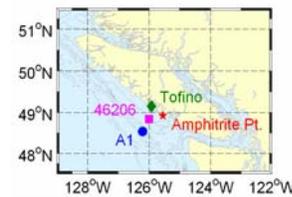
Liens: [Températures NODC](#) Personne-ressource: [Skip McKinnell](#)





### La côte sud-ouest de l'île de Vancouver: Variabilité quotidienne durant 2004

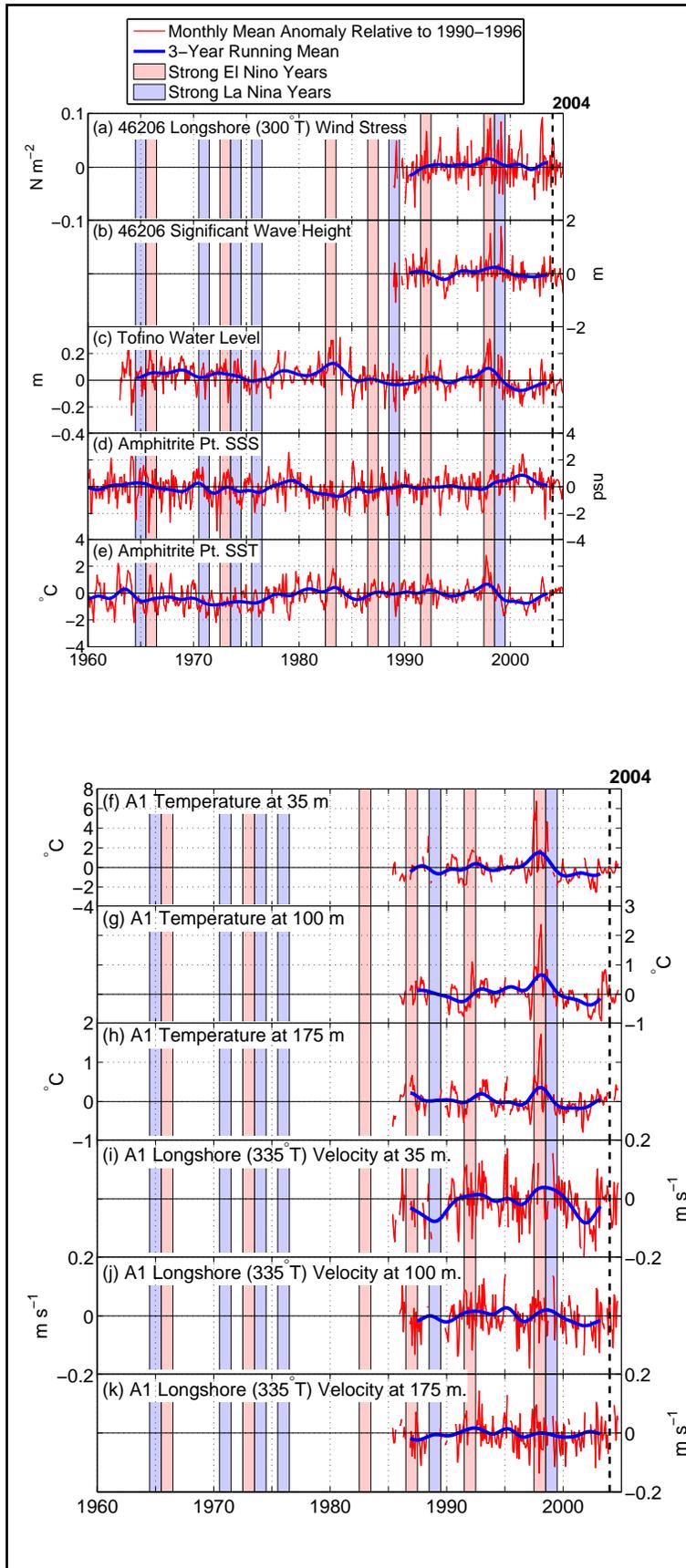
Les anomalies de température de surface de la mer (SST) à la côte ouest de l'île de Vancouver (SST) se situaient entre  $+2^{\circ}\text{C}$  en juillet et août (figure e); ce qui peut être considéré comme le début d'un épisode El Niño de faible ampleur, mais se situaient près de la moyenne calculée entre 1990 et 1996 pour le reste de 2004. Les SST plus élevées auraient pu aussi être le résultat d'une plus faible remontée des eaux en juillet. Des vents favorables à la plongée des eaux (a) étaient supérieurs à la moyenne en janvier et plus faibles en décembre. Des vents favorables à la remontée des eaux étaient supérieurs à la moyenne en mai et octobre. En 2004, la hauteur des vagues et le niveau de l'eau se situaient près de la moyenne mais des épisodes de vents violents ont entraîné une variabilité secondaire durant certains mois (b-c). La salinité de surface de la mer se situait près de moyenne avec des pointes négatives importantes en janvier et en novembre dues fort probablement à l'écoulement provoqué par des tempêtes violentes (d). Les températures et les vitesses du courant littoral étaient près de la moyenne (f-k). Le temps de synchronisation de l'inversion de la direction du courant littoral au printemps et en automne se trouvait près de la moyenne ou légèrement plus tôt (i-k). De mai à juin, le courant littoral se dirigeait en moyenne vers l'équateur mais se dirigeait vers le pôle en 2004.



Ci-dessus: Carte des emplacements des stations.

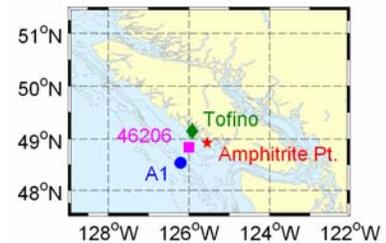
À gauche: Les valeurs quotidiennes de la côte ouest de l'île de Vancouver par rapport au niveau mensuel moyen de 1990 à 1996: (a) la force d'entraînement du vent sur la côte, (b) la hauteur significative des vagues, (c) le niveau d'eau, (d) la salinité de surface de la mer, (e-h) la température de l'eau à la surface, à 35 m, à 100 m et à 175 m de profondeur et (i-k) la vitesse du courant littoral à 35 m, à 100 m et à 175 m de profondeur.

Personnes-ressources au MPO: [Rick Thomson](#), [Roy Hourston](#)



### La côte sud-ouest de l'île de Vancouver: Variabilité basse fréquence

À la suite de l'intense El Niño de 1997 à 1998 (où les températures de la mer sur la côte sud-ouest de l'île de Vancouver étaient les plus élevées jamais enregistrées) et de La Niña (froid) de 1998 à 1999, il y eut une période de 4 à 5 années durant laquelle plusieurs anomalies se rapportant à l'océanographie physique ont été observées au large de la côte ouest de l'île de Vancouver qui étaient soit positives ou négatives de façon persistante. Ce fut le cas pour le niveau de l'eau (inférieur à la moyenne calculée entre 1990 et 1996) (figure c), la salinité de surface de la mer (supérieure) (d), la température de l'eau jusqu'à 175 m de profondeur (plus froide) (e-h) et la vitesse du courant littoral de 35 m à 100 m (en direction de l'équateur) (i-k). Entre 2003 et 2004, les conditions se trouvaient près de la normale.



#### Légendes de figures

**Ci-dessus:** Carte des emplacements des stations.

**À gauche:** Les anomalies mensuelles moyennes observées à la côte ouest de l'île de Vancouver par rapport à la moyenne calculée entre 1990 et 1996 et leur moyenne mobile sur trois ans: (a) la force d'entraînement du vent sur la côte, (b) la hauteur significative des vagues, (c) le niveau d'eau, (d) la salinité de surface de la mer, (e-h) Température de l'eau à la surface, à 35 m, à 100 m et à 175 m de profondeur et (i-k) la vitesse du courant littoral à 35 m, à 100 m et à 175 m de profondeur.

**Personnes-ressources au MPO:** [Richard Thomson](#), [Roy Hourston](#)

## L'abondance des espèces méridionales de zooplancton s'est accrue et la prolifération printanière des espèces dominantes de zooplancton nordique est apparue plus tôt

L'échantillonnage du zooplancton en série chronologique fut effectué de trois à six fois par année à des emplacements déterminés de la plate-forme continentale et de l'océan profonde adjacente au large de l'île de Vancouver (figure 1). Depuis 1979, des prélèvements ont été recueillis à la partie sud de l'île de Vancouver (SIV, 48°-49°N) (des méthodes et des emplacements déterminés depuis 1985) et depuis le début des années 1990, à la partie nord de l'île de Vancouver (NIV, 50°-51.5°N) (des méthodes et des emplacements déterminés depuis 1996). Les séries chronologiques ont été prolongées dans ces deux régions en 2004. Mackas, Thomson et Galbraith (2001) et Mackas, Peterson et Zamon (2004) ont fourni des descriptions détaillées concernant les méthodes de prélèvement et d'analyse à employer. Ces séries chronologiques nous permettent d'évaluer annuellement les anomalies de la majeure partie des principales espèces de zooplancton par rapport à la moyenne de base du cycle saisonnier annuel.

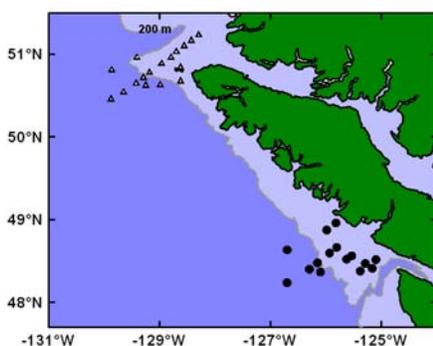


Figure 1: Emplacements de l'échantillonnage du zooplancton au large de la côte ouest de l'île de Vancouver. Les cercles représentent les stations situées au sud de l'île de Vancouver (SIV) et les triangles représentent celles au nord de l'île de Vancouver (NIV). Au même plan, les emplacements sont classifiés selon qu'ils relèvent de la plate-forme continentale (profondeur inférieure à 200 m, fond bleu clair) ou de la pente continentale (fond bleu plus foncé)

### *Le sud de l'île de Vancouver (SIV)*

On présente à la figure 2, le résumé des séries chronologiques des anomalies des cinq grands groupes de zooplancton du SIV, ainsi que les indices hivernaux de la variabilité de la température de surface à grande échelle du Pacifique Nord (Bond *et al.* 2003 et PICES 2005). Des configurations semblables se sont propagées vers le sud jusqu'à la région centrale de l'Orégon (Mackas, Peterson et Zamon, 2004). Les anomalies de zooplancton sont illustrées sur une échelle logarithmique: une anomalie de +1 signifie que l'abondance du zooplancton était en moyenne dix fois plus élevée par rapport à la période de référence de 1979 à 1991; une anomalie de -1 signifie que le zooplancton était moins abondant qu'un dixième de la période de référence. La série chronologique démontre de très fortes variations (facteur de cinq à dix ou plus) de tous les grands groupes d'espèces de zooplancton (pas seulement les espèces présentées à la figure 2). Les variations étaient particulièrement fortes vers la fin des années 1980 et entre 1998 et 1999. On a constaté un grand changement cumulatif dans les populations de copépodes pendant les années 1990s; les espèces méridionales sont devenues plus abondantes et les espèces boréales subarctiques sont devenues moins abondantes. Cette tendance fut subitement renversée en 1999, avec l'arrivée du El Niño et de La Niña de 1997 à 1999. De 1999 à 2002, la biomasse de la plupart des espèces de zooplancton retrouvées le long de la marge continentale de l'île de Vancouver demeurait inchangée par rapport à la période de référence de 1979 à 1991. En 2003 et 2004, on a pu observer un certain rétablissement de la communauté zooplanctonique de la région du SIV vers le niveau de la fin des années 1990. Les espèces méridionales étaient sensiblement plus abondantes par rapport à la moyenne et les espèces nordiques ont réagi de façon variée: les espèces océaniques (*Neocalanus* spp.) et les espèces endémiques à la plate-forme qui produisent des oeufs benthiques comme stratégie hivernante (*Centropages* et *Acartia*) étaient un peu plus

abondantes par rapport à la moyenne tandis que les autres espèces endémiques à la plate-forme étaient un peu moins abondantes que la moyenne.

### Le Nord de l'île de Vancouver (NIV)

Les séries chronologiques des anomalies pour la région du NIV sont présentées à la figure 3. La variabilité interannuelle de la communauté zooplanctonique de cette région, bien qu'il existe une corrélation positive significative aux anomalies de la région du SIV et de l'Orégon (Mackas *et al.* 2004), a également été plus faible au large du NIV. En particulier, le remplacement des copépodes endémiques à la plate-forme boréale par des espèces endémiques au courant de Californie au milieu des années 1900 et l'inversion de cette tendance en 1999 étaient moins prononcés dans la région du NIV.

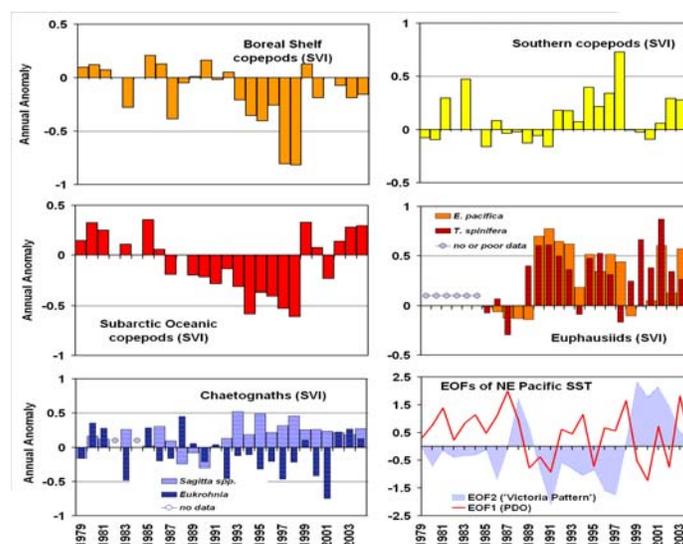


Figure 2: Séries chronologiques du zooplancton pour le sud de l'île de Vancouver: Les anomalies de zooplancton sur une échelle logarithmique par rapport au cycle saisonnier annuel de cette région entre 1979 et 1991.

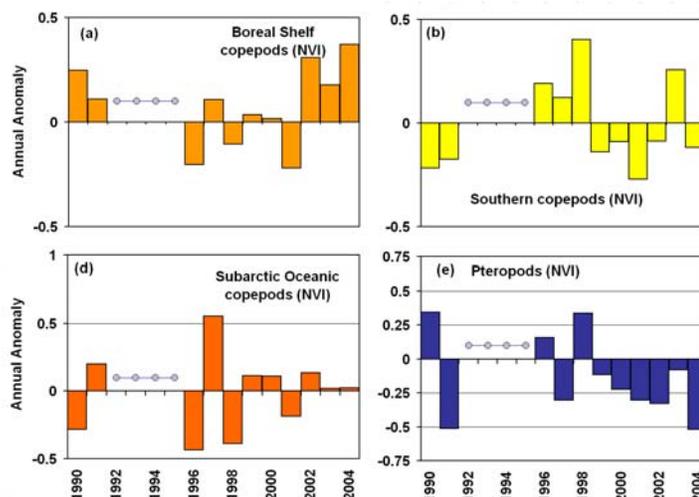


Figure 3: Séries chronologiques du zooplancton pour le nord de l'île de Vancouver: Les anomalies de zooplancton sur une échelle logarithmique par rapport au cycle saisonnier annuel de cette région entre 1990 et 2001.

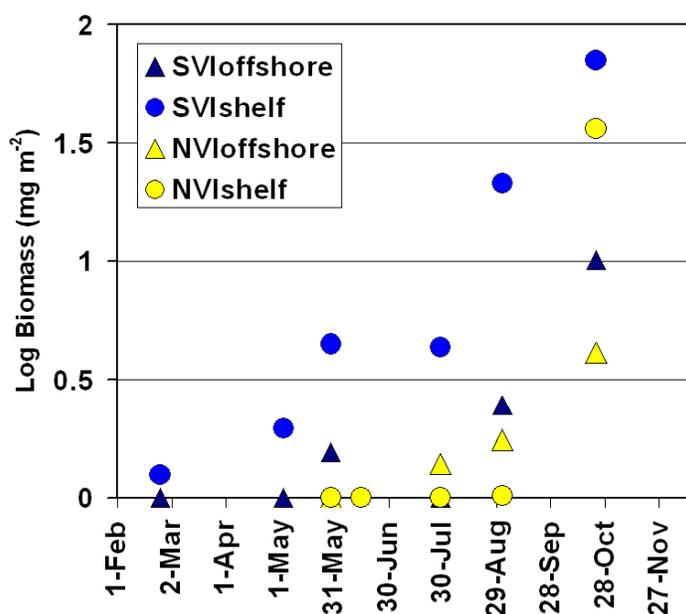
Liens: [Le groupe du dynamique du plancton à l'Institut des sciences de la mer](#)  
Personnes-ressources au MPO: [Dave Mackas](#), [Moira Galbraith](#), [Steve Romaine](#)

## Premier enregistrement d'une invasion par une espèce exotique de zooplancton dans les eaux du plateau continental de la C.-B

Le copépode *Acartia tonsa* est endémique aux mers marginales situées en moyennes latitudes de l'Atlantique et de l'Europe, mais au cours des 2 dernières décennies a établi une population résidente dans la baie de San Francisco (J. Cordell, comm. pers.) et on en a retrouvé quelques-uns au large des côtes de l'Orégon durant les années chaudes lorsqu'il y avait des courants nordiques forts (W. Peterson, comm. pers.). La morphologie de *A. tonsa* ressemble à celle de son congénère plus petit, *Acartia longiremis* (figure 1), qui était jusqu'à présent, sur cette côte, l'espèce dominante d'*Acartia*.



Figure 1: Comparaison morphologique côte à côte des femelles adultes d'*Acartia longiremis* (gauche) et *Acartia tonsa* (droite). La grille de fond est d'un mm. *A. Tonsa* est plus gros et plus robuste. En d'autres régions, ils sont capables de tolérer une faible salinité.



*A. tonsa* est apparu pour la première fois dans nos échantillons de la Colombie-Britannique en 2003. Sa biomasse s'est accrue rapidement, à peu près de façon exponentielle en 2004 (figure 2). Jusqu'à présent, aucun déclin correspondant de *A. longiremis* n'a été observé. Il s'agit de la première preuve manifeste dans notre région d'une invasion d'un milieu marin par une espèce exotique de zooplancton.

Figure 2: L'augmentation de la biomasse moyenne de *A. tonsa* sur le plateau continental près de l'île de Vancouver en 2004.

Liens: [Le groupe du dynamique du plancton à l'Institut des sciences de la mer](#)  
 Personnes-ressources au MPO: [Dave Mackas](#), [Moira Galbraith](#), [Steve Romaine](#)

## Euphausiacés et prédateurs de la côte ouest de l'île de Vancouver: Plus de nourriture pour les saumons cohos et les saumons rouges et augmentation de la prédation du merlu

Une de nos activités de recherche vise à évaluer de façon simultanée l'influence des stocks, de la nourriture et de la prédation sur la productivité du hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*), du saumon coho (*Oncorhynchus kisutch*), du saumon rouge (*O. nerka*) et du saumon kéta (*O. keta*) le long de la côte ouest de l'île de Vancouver. Une analyse de leur régime alimentaire indique que le hareng et le saumon coho préfèrent se nourrir de l'euphausiacé *T. spinifera* et que ceux-ci préfèrent que leur proie mesure plus de 17 et 19 mm respectivement. Le saumon rouge (*O. nerka*) préfèrent les *T. spinifera* qui mesurent entre 3 et 5 mm et le saumon kéta (*O. keta*) préfère les *T. spinifera* qui mesurent entre 3 et 4 mm. La série chronologique de la biomasse de *T. spinifera* entre 1991 et 2004 est présentée à la figure 1.

Le merlu du Pacifique (*Merluccius productus*) domine la biomasse pélagique durant l'été et est considéré comme étant le plus important des prédateurs. En ce qui concerne le recrutement du merlu, pour la classe d'âge de 1999 et par rapport à l'estimation des poissons qui étaient âgés de +2, leur nombre était inférieur par 10 % seulement par rapport aux des recrutements observés entre 1973 et 2003. (Voir le lien vers le merlu du Pacifique ci-dessous). En 2004, le merlu de cette classe d'âge avait tellement profité qu'il a pu commencer à manger d'autres poissons.

L'analyse historique démontre que le recrutement du hareng de la côte ouest de l'île de Vancouver (COIV) était lié de façon négative à la biomasse du merlu dans la zone canadienne. Les résultats de l'analyse récente semblent indiquer que le recrutement du stock de hareng du détroit de Géorgie et de la COIV est influencé par la densité des stocks et par la prédation des merlus. Ces analyses ont été prolongées pour permettre de tenir compte des trois stocks nordiques principaux d'harengs (côte centrale, côte du nord, îles de la Reine-Charlotte). Contrairement aux populations méridionales, le recrutement est déterminé par la biomasse de merlus; aucun effet discernable sur le stock n'a été perçu. La productivité du saumon kéta est indexée selon le taux de retour des poissons à l'écloserie de la rivière Nitinat et est surtout influencée par les variations de la biomasse du merlu. Les variations des retours du saumon coho sauvage de la COIV et du saumon rouge du détroit de Barkley (lacs Sproat et Great Central) et de la côte centrale (lacs Oweekeno et Long) peuvent s'expliquer par les variations de la biomasse des *T. spinifera* qui se produisent lorsqu'ils sont juvéniles. La dynamique des populations d'euphausiacés est assez complexe qu'une estimation de la biomasse de la proie spécifique à un prédateur doit être effectuée. Les biomasses de proie pour le saumon coho et le saumon rouge en 2004 étaient supérieures (respectivement 10 et 80 fois) à celles de 2003. En 2004, les biomasses de proie étaient inférieures (65 et 44 % respectivement), à celles de chacune des autres années.

Ce qui suit représente les conséquences anticipées du niveau de la biomasse des prédateurs et des proies en 2004.

- Le hareng: le recrutement à tous les stocks principaux devrait commencer à diminuer en 2007 en raison de la prédation par les merlus;
- Le saumon coho sauvage de la COIV: on prévoit une augmentation du taux de survie en mer par environ 5% pour l'année de retour 2005 en raison de l'amélioration de la disponibilité de nourriture pour les saumoneaux de la classe d'âge de 2004;
- Le saumon rouge du détroit de Barkley: en 2005, on prévoit que les retours seront faibles en raison d'une faible disponibilité de nourriture pour les saumons rouges âgés de 4 ans

- (saumoneaux de la classe d'âge de 2003) et de 5 ans (saumoneaux de la classe d'âge de 2002) mais devraient augmenter en 2006 en raison d'une amélioration de la biomasse des proies pour les poissons âgés de 4 ans (saumoneaux de la classe d'âge de 2004);
- Le saumon rouge de la côte centrale: les retours seront faibles en 2005 et en 2006 à la suite des augmentations de la biomasse des euphausiacés en 2004;
  - Le saumon kéta de l'écloserie de la rivière Nitinat: les retours diminueront sensiblement à partir de 2007 en raison de la prédation par les merlus.

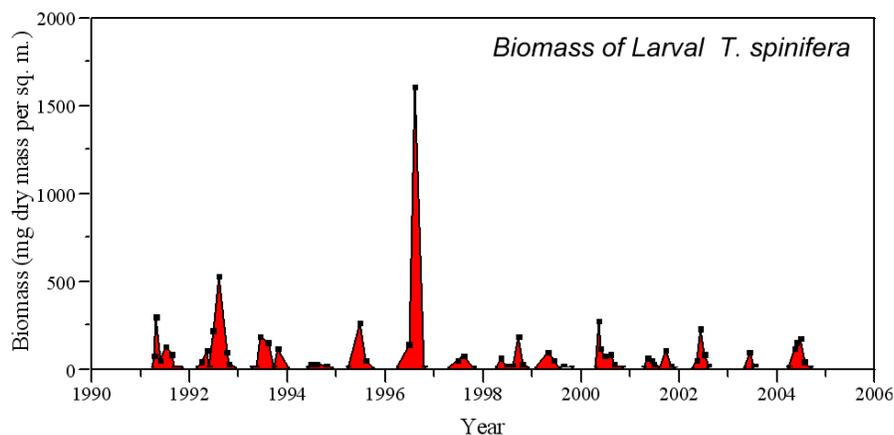
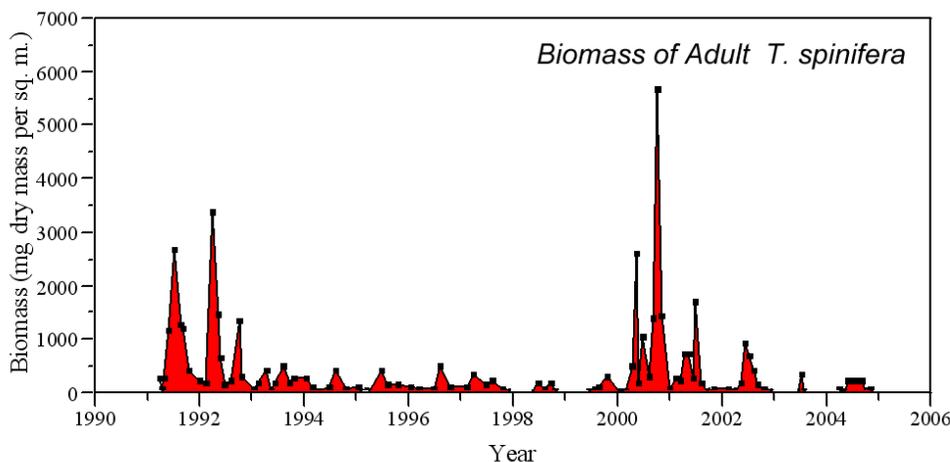


Figure 1: La série chronologique de la biomasse de larves (panneau supérieur, < 10mm) et d'adultes (panneau inférieur > 9 mm) de *T. spinifera* entre 1991 et 2004. La biomasse médiane des larves et des adultes était respectivement de 3 et 10 fois supérieure à celle de 2003, ce qui était l'année où il y eut les plus faibles biomasses de larves et d'adultes. En 2004, les biomasses étaient inférieures à celles des autres années, soit respectivement de 58 % et 78 %.



Liens: [Merlus du Pacifique dans le rapport intitulé l'État de l'océan en 2003 \(page 45\)](#)  
[Merlus du Pacifique dans le rapport intitulé l'État de l'océan en 2004 \(page 49\)](#)  
 Personne-ressource au MPO: [Ron Tanasichuk](#)

## Croissance et état énergétique du saumon coho juvénile: Les juvéniles les plus grands jamais repérés depuis le début des campagnes de prélèvement en 1998

Depuis 1998, des campagnes océaniques de prélèvement du saumon juvénile à bord du navire NGCC W.E. Ricker ont évalué la croissance, la santé et le taux de survie des saumons provenant des différentes régions de l'écosystème côtier de la Colombie-Britannique. D'habitude, ces prélèvements étaient effectués en juin et juillet et en octobre et novembre. Depuis 2001, les saumons juvéniles ont également été prélevés en février et mars. Les résultats semblent indiquer que la taille des saumons cohos juvéniles capturés au large de la côte de l'île de Vancouver en juin 2004 était de plus petite taille jamais observée dans cette région depuis 1998 (figure 1). Par contre, la taille des saumons cohos juvéniles du nord de la Colombie-Britannique et de la partie sud-est de l'Alaska (NBC/SEAK) étaient la plus grande jamais observée dans cette région depuis 1998 (figure 1). En octobre 2004, les saumons cohos juvéniles au large de la COIV étaient parmi les plus gros de cette région jamais capturés lors d'un prélèvement (figure 1). Ceci suppose qu'en 2004, les saumons cohos juvéniles au large de la COIV ont connu un taux de croissance estivale remarquable ou bien que la mortalité sélective, en fonction de leur taille corporelle, favorisait les poissons ayant un taux de croissance rapide. De façon générale, les saumons cohos juvéniles capturés au cours de l'automne dans le nord de la Colombie-Britannique et dans la partie sud-est de l'Alaska (NBC/SEAK) étaient plus gros que ceux des stocks méridionales de toutes les années, ce qui semble indiquer que les conditions d'alimentation étaient meilleures durant l'été dans les latitudes nordiques.

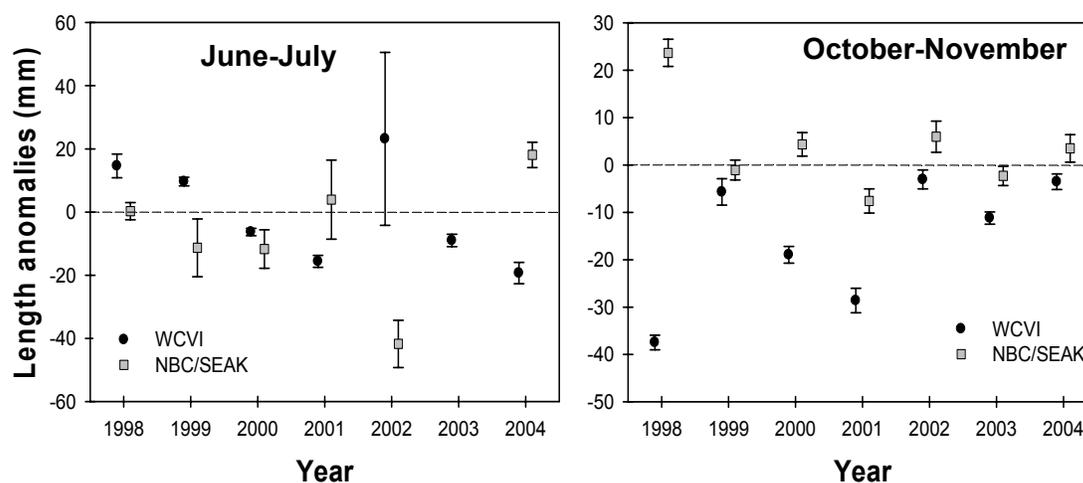


Figure 1: Anomalies de la longueur à la fourche d'été et d'automne des saumons cohos juvéniles capturés lors de leur première année en mer au large de la côte ouest de l'île de Vancouver (COIV), de la partie nord de la C.-B et du sud-est de l'Alaska (NBC/SEAK). Les anomalies de longueur étaient calculées comme étant la différence entre la longueur à la fourche observée et prévue, dont la moyenne est calculée pour tous les poissons en fonction de la saison, de l'année et de la région. La longueur à la fourche prévue a été estimée à partir de l'ajustement d'un polynôme de degré 3 à la longueur à la fourche par rapport au jour de l'année. Nous avons ajouté 365 jours au jour de l'année pour les cohos qui ont été capturés lors de leur deuxième année en mer.

Le pourcentage de masse sèche, un indice de la teneur en calories et de la teneur en lipides des poissons (Trudel *et al.* 2005, *N. Am. J. Fish. Manag.* 25: 364-390) a fait partie des mesures prises à l'automne et à l'hiver d'une partie des échantillons du saumon coho juvénile recueillis. Au large de la COIV, le pourcentage de masse sèche des saumons juvéniles cohos a augmenté

pratiquement de la même manière à chaque année et a atteint des niveaux plus élevés en 2004 (figure 2). À l'exception d'octobre 1999, le pourcentage de masse sèche des saumons juvéniles cohos demeure plus élevé dans la NBC/SEAK qu'au large de la COIV (figure 2), ce qui semble indiquer que les saumons juvéniles cohos provenant des latitudes nordiques se développent non seulement plus rapidement mais sont en meilleure condition à la fin de la saison de croissance. Ceci pourrait peut-être expliquer le taux de survie en mer plus élevé des saumons cohos de SEAK (13.6%) comparés aux stocks provenant du sud de la C.B. (3.5%). Le pourcentage de masse sèche a également diminué durant l'hiver (figure 2), qui semble indiquer que les saumons juvéniles cohos comptent en partie sur des réserves d'énergie accumulées pendant la saison de croissance pour maintenir leurs taux métaboliques pendant les mois d'hiver lorsque la production de nourriture est moins abondante.

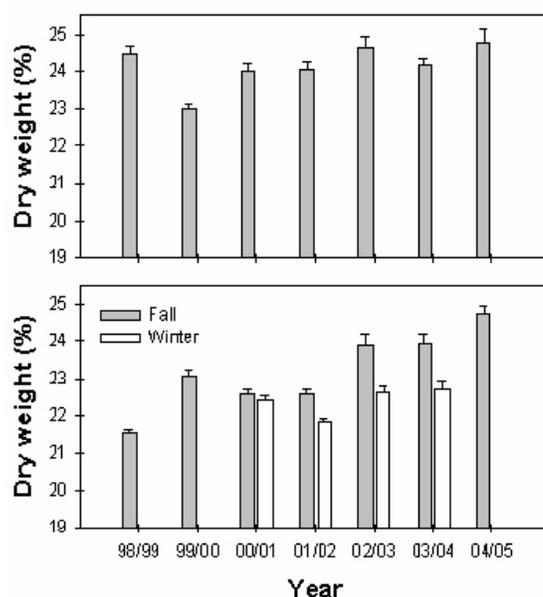


Figure 1: Anomalies de la longueur à la fourche d'été et d'automne des saumons cohos juvéniles capturés lors de leur première année en mer au large de la côte ouest de l'île de Vancouver (COIV), de la partie nord de la C.-B et du sud-est de l'Alaska (NBC/SEAK). Les anomalies de longueur étaient calculées comme étant la différence entre la longueur à la fourche observée et prévue, dont la moyenne est calculée pour tous les poissons en fonction de la saison, de l'année et de la région. La longueur à la fourche prévue a été estimée à partir de l'ajustement d'un polynôme de degré 3 à la longueur à la fourche par rapport au jour de l'année. Nous avons ajouté 365 jours au jour de l'année pour les saumons cohos qui ont été capturés lors de leur deuxième année en mer.

L'hypothèse générale de cette recherche est qu'on prévoit que le taux de survie en mer soit élevé lorsque le taux de croissance des saumons est rapide et que les saumons sont en bon état et qu'il diminue durant les années où le taux de croissance et l'état des poissons est faible. Par conséquent, on s'attend à ce que la survie en mer soit positivement corrélée avec les indices du taux de croissance tels que la taille atteinte pendant l'été et l'automne.

La survie en mer était négativement corrélée avec la longueur à la fourche durant l'été dans trois des sept stocks de saumon coho provenant du sud de la Colombie-Britannique, bien que cette relation ait seulement été significative pour l'écloserie de la rivière Quinsam (figure 3). En revanche, la survie en mer était corrélée positivement avec la taille des saumons cohos à l'automne de l'écloserie de la rivière Robertson (figure 4). En général, le taux de survie des différents stocks de saumon coho d'élevage n'est pas fortement corrélé avec les stocks ni aux tailles observées en mer. Le mécanisme qui produit ces relations variables est mal compris et

exigera davantage de recherche mais les différents taux de survie nous indiquent que les stocks ne sont pas tous situés dans le même secteur.

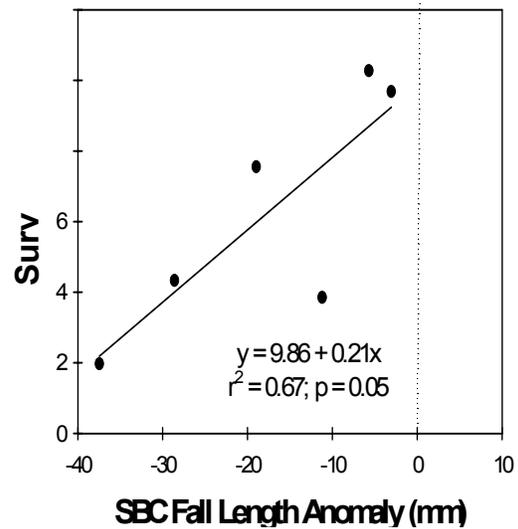
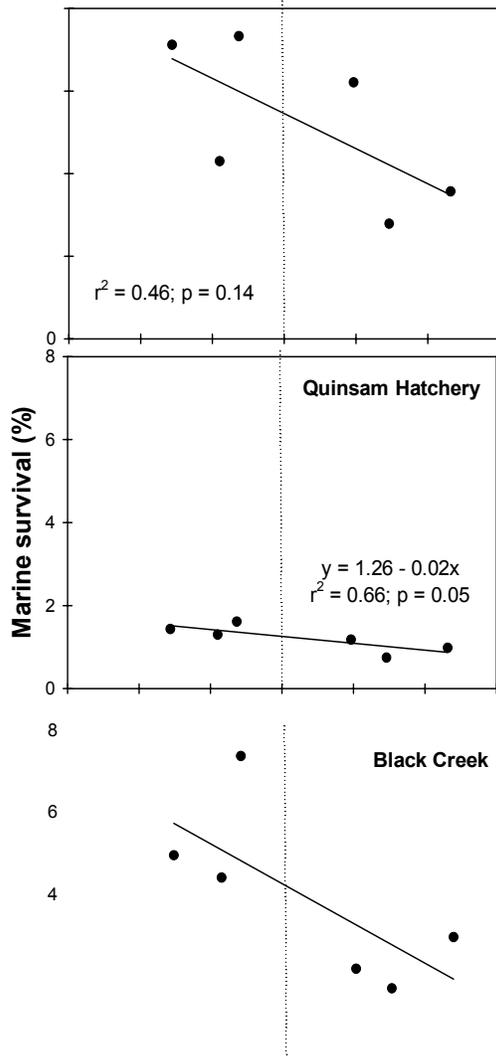


Figure 4: Relation entre le taux de survie en mer et les anomalies de longueur à la fourche en été au large de la côte ouest de l'île de Vancouver pour le saumon coho de l'écloserie de la rivière Robertson.

Figure 3: Relation entre le taux de survie en mer et les anomalies

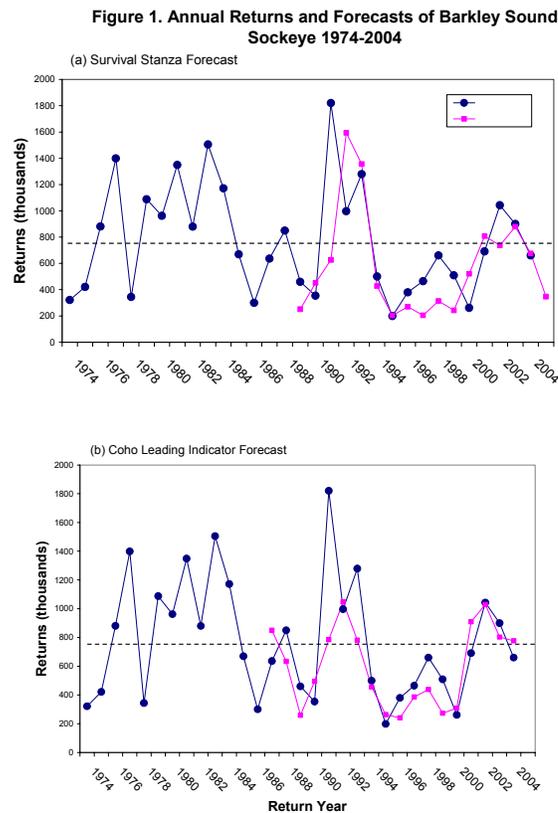
Lien: [La page web du MPO au sujet du saumon](#)  
 Personne-ressource au MPO: [Mark Trudel](#)

## Le recrutement du saumon rouge dans la baie Barkley: Variations, l'évolution de l'état de l'océan et de sa production en 2004

La variabilité annuelle du recrutement du saumon rouge de la baie Barkley (BkSd) à la côte ouest de l'île de Vancouver (COIV) influence les taux d'abondance par plus d'un ordre de grandeur à des intervalles de 2 à 3 ans (figure 1). Alors, un retour maximal de 1.7 million de saumons rouges en 1991 fut suivi par un retour minimal de seulement 113,000 saumons rouges adultes trois ans plus tard. Ces grandes fluctuations observées dans la production des saumons de la région de BkSd provoquent des cycles d'expansion et de ralentissement dans les secteurs de pêche indigène, récréative et commerciale. Ce qui vient davantage compliquer la situation est le fait que les fluctuations d'abondance du saumon rouge de BkSd ne se produisent pas avec la même régularité associée à la dominance cyclique du saumon rouge du fleuve Fraser. Depuis longtemps, les scientifiques effectuent l'étude des mécanismes et des origines biophysiques (c.-à-d. environnement d'eau douce ou marin) qui causent des variations dans la production de saumons rouges de BkSd (Hyatt et Steer 1987) et, plus récemment, ils se sont penchés plus précisément sur le suivant: (1) en moyenne, les variations annuelles des conditions du milieu marin et du milieu dulcicole représentent chacun environ 50 % de variations observées dans la production (Hyatt et Steer 1988), (2) la variation de la production dulcicole révèle aucune tendance temporelle évidente mais la variation de la production marine fluctue de temps à autre en fonction des changements physiques (la température et/ou salinité) du milieu marin, (3) les changements dans les communautés dominantes des prédateurs et des proies que le saumon rouge de BkSd aborde sur le plateau continental pendant la première partie de leur migration vers le large se répercutent sur le taux de survie (Hyatt, résultats non publiés), (4) un modèle des deux états simples des périodes et du taux de survie (SStM, Hyatt et Steer 1988) du saumoneau à l'adulte, qui varie entre une valeur moyenne supérieure (5 %) lorsque les conditions océaniques sont favorables (c.-à-d. SST > la moyenne calculée sur 30 ans pendant la migration des saumoneaux) et une valeur moyenne inférieure (2.5 %) lorsque les conditions océaniques sont défavorables (c.-à-d. SST < la moyenne calculée sur 30 ans pendant la migration des saumoneaux), a été utilisée depuis 1988 afin de prévoir (figure 1a.) avec exactitude l'effondrement des stocks (fin 1980s, mi-1990s) et la récupération (début 1990s, 2000s) liés respectivement aux épisodes intenses d'El Nino et de La Nina. Ces prévisions constituent un outil essentiel à la planification des ouvertures et des fermetures annuelles de pêche pour le saumon rouge de la baie Barkley (Hyatt *et al.* 2003), (5) les modifications de l'état de l'écosystème de la COIV se répercutent non seulement sur le taux de survie du saumon rouge de BkSd mais également sur d'autres populations de saumons de la COIV (par exemple, le saumon rouge du lac Hobiton, (données non publiées de Hyatt) le saumon rouge du lac Kennedy, (Robinson et Hyatt 1999); le saumon coho de la rivière Robertson, (Hyatt *et al.*, 2000) et le saumon quinnat de la rivière Robertson, (résultats non publiés de Hyatt *et al.*), (6) le saumon coho de la rivière Robertson devient adulte et retourne vers l'eau douce une année plus tôt que le saumon rouge donc la variation du taux de survie en mer observée pour le saumon coho peut servir de base aux prévisions des retours de saumons rouges de BkSd selon le Coho Leading Indicator (CLI) (figure 1b, Dobson *et al.* 2005).

Étant donné les observations ci-dessus, les variations du recrutement et des retours annuels des saumons rouges de la baie Barkley observées dans la série chronologique peuvent être considérées comme un des éléments dans une série intégrée d'indices biophysiques qui pourraient se révéler utiles (la température, salinité, abondance de taxa principaux de proie, par exemple d'euphausiacés, taux de survie du saumon coho de la rivière Robertson) pour expliquer les modifications importantes antérieures ou ultérieures apportées à l'état des écosystèmes marins côtiers de la COIV. Les retours du saumon rouge furent quelque peu inférieurs à la moyenne à long terme en 2004 mais étaient très près des niveaux prévus par les modèles de SStM et de CLI

(figure 1). Ceci reflète l'effet combiné des conditions qui favorisaient tout d'abord les taux de survie en mer plus élevés en 2001 (la SST et l'indice ENSO multivarié étaient négatifs) ainsi que des taux de survie diminués pour les saumons juvéniles de la COIV pendant leur année de migration vers la mer en 2002 (la SST et l'indice ENSO multivarié étaient positifs). En 2004, la SST au point d'Amphitrite (Crawford, ce rapport) et l'indice ENSO multivarié provenant de NOAA [www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/](http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/)) se sont ajoutés à une série de valeurs positives produites depuis 2002. Par conséquent, le taux de recrutement de plusieurs stocks de saumons de la COIV (tous les stocks de saumon rouge en provenance des lacs d'élevage de la COIV, le saumon coho de la rivière Carnation, le saumon coho et le saumon quinnat de la rivière Robertson) ont de grandes chances d'être inférieurs à la moyenne (par exemple le saumon rouge de la baie Barkley, Dobson *et al.* 2005) pour les saumons qui remontent en 2005 et en 2006.



Personne-ressource au MPO: [Kim Hyatt](#)

### Références

- Dobson, D., R. W. Tanasichuk et K. D. Hyatt. 2005. PSARC Working Paper 2005
- Hyatt, K. D. et G. J. Steer. 1987. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 96: 435-457.
- Hyatt, K. D. et G. J. Steer. 1988. PSARC Working Paper S88-2.
- Hyatt, K. D., W. Luedke, J. Till, D. P. Rankin, et D. Lewis. 2000. PSARC Working Paper S2000-06. 29 p.
- Hyatt, K., W. Luedke, P. Rankin, J. Till, et D. Lewis. 2003. CSAS Research Document 2003/033.
- Robinson, C. L. K. et K. D. Hyatt. in Brian Egan (ed.) Proceedings of the Helping Heal the Land Conference on Ecological Restoration in British Columbia, Nov. 5-8, Victoria, B. C. Published by the BC Environmental Network Educational Foundation. 251 p., 2 appendices.

## Reproduction des oiseaux de mer sur l'île Triangle: Une bonne année pour la reproduction des macareux

### Information générale au sujet de l'île Triangle et histoire naturelle des espèces

Les oiseaux de mer peuvent être des indicateurs efficaces de l'état des écosystèmes marins parce qu'ils se rassemblent pour se reproduire et comme groupe sont des prédateurs d'organismes appartenant à tous les niveaux trophiques (du zooplancton jusqu'au poisson). Le succès de la reproduction de l'oiseau marin est étroitement lié à la disponibilité des espèces primordiales de proie, et en conséquence, peut varier considérablement d'une année à l'autre, selon les conditions océaniques. L'île Triangle (50°52' N, 129°05' W), qui fait partie des îles Scott au large de la côte de l'île de Vancouver, accueille la plus grande et la plus diverse colonie d'oiseaux de mer de la côte de la Colombie-Britannique. Depuis 1994, les chercheurs du Centre de l'écologie de la faune (un partenariat du Service canadien de la faune et de l'Université Simon Fraser), ont visité l'île Triangle entre la fin mars et la fin août pour recueillir des données chronologiques annuelles sur la démographie et l'écologie des oiseaux de mer. Nous présentons ici un compte rendu des principaux indicateurs sur la reproduction des oiseaux de mer à l'île Triangle en 2004, et plus particulièrement sur les espèces appartenant à la famille Alcidae, en vue de présenter les résultats obtenus en 2004 dans le cadre des données chronologiques recueillies entre 1974 et 2003.

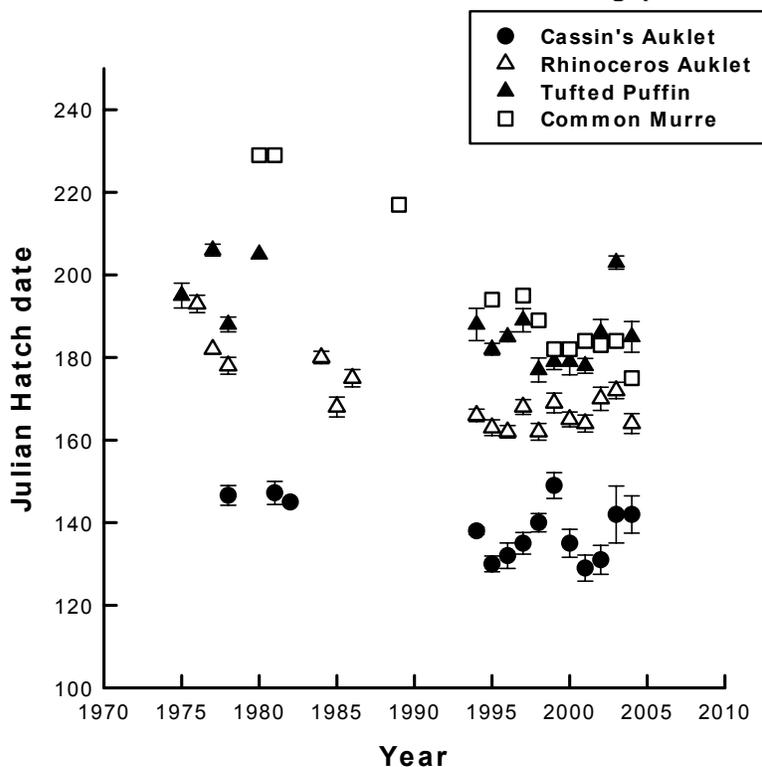


Figure 1: La période de reproduction pour les oiseaux de mer de l'île Triangle en Colombie-Britannique, entre 1975 et 2004.

On y présente les dates moyennes d'éclosion et les intervalles de confiance à 95 %, pour les stariques de Cassin, les macareux rhinocéros et les macareux huppés, ainsi que les dates du séjour au nid où les oisillons du guillemot marmette ont été vus pour la première fois.

La reproduction des quatre espèces était plus tôt (très tôt pour le guillemot marmette) ou près de la normale.

### Période de reproduction

La synchronisation de la reproduction avienne semble être déterminée principalement par l'état de la femelle avant et pendant la période de formation de l'œuf, ceci est lié à la disponibilité de nourriture en début de saison. En général, la période de reproduction des alcidés était plus tôt ou normale à l'île Triangle en 2004, par rapport aux années précédentes (figure 1), ce qui laisse supposer que la nourriture était très accessible au début de la saison. En particulier, la date de la ponte des guillemots marmettes était une des plus hâtives jamais enregistrée.

*Succès de reproduction*

En 2004, les alcidés à l'île Triangle se sont reproduits de façon satisfaisante. La reproduction des stariques de Cassin et des macareux rhinoceros était égal ou supérieur au niveau observé depuis 1994 et nettement supérieur à celle prévue par les températures de surface de la mer observées au début de la saison à l'île Pine. On a remarqué que le taux élevé de réussite en 2004 s'est produit sans la présence de plusieurs facteurs liés au succès de reproduction des saisons précédentes: les oisillons du starique de Cassin ont mangé moins de *Neocalanus cristatus* par rapport aux années précédentes où le taux de reproduction était élevé (notamment 1999 et 2000), et plus d'euphausiacés (particulièrement *Thysanoessa inspinata*) et de poissons larvaires; les oisillons du macareux rhinoceros ont mangé moins de lançon du Pacifique (*Ammodytes hexapterus*) par rapport aux années précédentes où le taux de reproduction était élevé et la majorité des lançons, y compris ceux âgés de 0+, sont apparus plus tard. En 2004, les oisillons du macareux rhinoceros se nourrissaient principalement de saumon et de sébaste tandis que le sébaste juvénile était également la nourriture principale des oisillons du guillemot marmette. Tout compte fait, le taux de reproduction annuel des oiseaux de mer à l'île Triangle fut remarquable.

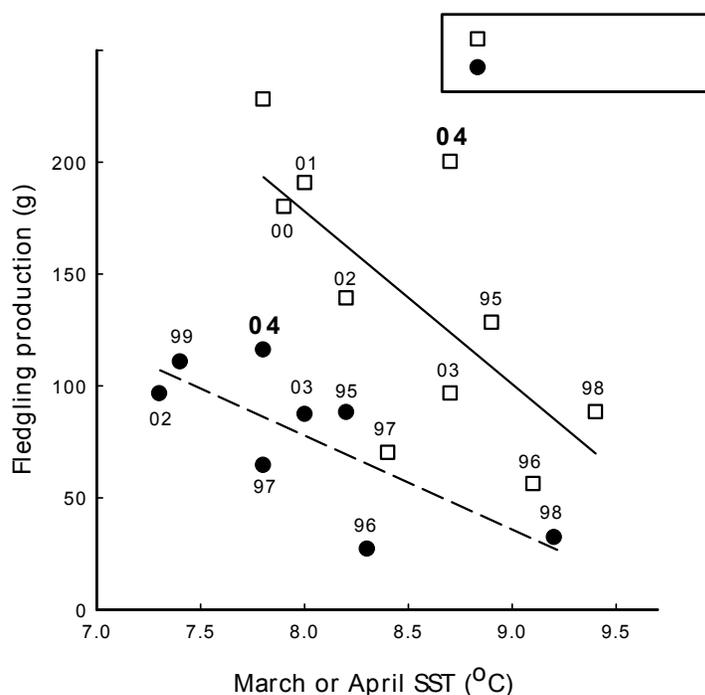


Figure 2: L'effet de la température de surface de la mer en avril, selon les données de la station de phare de l'île Pine (50°35'N 127°26'), sur les stariques de Cassin et les macareux rhinocéros qui se reproduisaient sur l'île Triangle en Colombie-Britannique entre 1994 et 2003. La production de jeunes à l'envol est calculée comme suit: succès d'éclosion \* % succès d'envol des jeunes \* masse moyenne des jeunes à l'envol; en d'autres mots, la masse moyenne des jeunes à l'envol par oeuf pondu. Les deux espèces ont réussi à bien se reproduire en 2004, à un taux nettement supérieur aux valeurs prévues à partir de la SST enregistrées à la station de phare de l'île Pine.

Liens: [Réserve de faune marine de l'archipel des Îles Scott](#)

[La surveillance des oiseaux de mer sur les côtes de la Colombie-Britannique - Service canadien de la faune](#)

[Les oiseaux de mer dans le rapport intitulé l'état de l'océan en 2003 \(page 69\)](#)

Personne-ressource à Environnement Canada: [Mark Hipfner](#)

## Le hareng et les sardines de la côte ouest de l'île de Vancouver en 2004: Abondance moyenne du hareng mais moins de recrues; les sardines étaient tardives et peu abondantes dans les eaux au large

### *Le hareng*

Le recrutement du hareng au large de la côte ouest de l'île de Vancouver a diminué entre 1977 et vers la fin des années 1900s. En 2004, le taux d'abondance s'est rapproché de celui de l'année précédente mais a poursuivi sa tendance à la hausse. Les températures océaniques chaudes semblent être associées à un taux faible de recrutement du hareng (à l'opposé des stocks de hareng dans le détroit de Géorgie) et à une augmentation de la biomasse estivale des prédateurs. Compte tenu de la prédation, les conditions océaniques semblent se réchauffer, ce qui entraîne un faible taux de survie en mer des harengs si bien que le recrutement des stocks en 2005 et 2006 pourrait diminuer.

Environ depuis 1977, le recrutement du hareng au large de la côte ouest de l'île de Vancouver a été plutôt faible (figure 1). La productivité du hareng de la côte ouest de l'île de Vancouver (figure 2) est à la baisse depuis 1989 puisque le recrutement de ce stock a été faible durant les 6 à 10 dernières années (figure 1) bien que récemment, un certain rétablissement a été perçu. En 2003, la biomasse féconde (figure 2) a augmenté et se situait dans la moyenne calculée sur les deux dernières décennies, ce qui ressemble à celle de 2004. Des études de recherche semblent indiquer qu'il existe une corrélation négative entre le recrutement du hareng de cette région et la température, ce qui, selon toute probabilité, reflète: 1) des conditions d'alimentation défavorables pour les larves et pour les juvéniles du hareng pendant leur première saison de croissance; et 2) une augmentation générale du taux de mortalité des larves et des juvéniles due à une augmentation de l'intensité de la prédation par les invertébrés et les poissons dans l'aire d'élevage au cours des années chaudes. Des études ont été conçues pour permettre de mesurer le taux de prédation et ont confirmé que la corrélation négative entre le recrutement du hareng et la biomasse des merlus pourrait être une conséquence de la prédation. Le réchauffement de l'océan qui s'est produit ces dernières années s'est répercuté sur le taux de survie du hareng en 2002 et en 2003 et pourrait entraîner une baisse dans le recrutement du stock au cours des années 2005 et 2006.

**Interprétation des pêcheries et des résultats spéculatifs:** On s'attend à ce que l'abondance du hareng sur la côte ouest de l'île de Vancouver demeure au niveau actuel ou diminue légèrement à moins que les conditions océaniques qui entraînent la baisse de l'abondance des prédateurs dans cette région s'améliorent. Les conditions récentes ont été défavorables à la survie du hareng en 2002 et en 2003, et on s'attend à un plus faible recrutement des stocks dans les deux prochaines années.

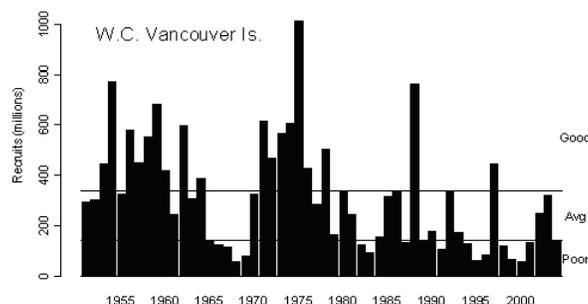


Figure 1: Variabilité interannuelle et tendances décennales du recrutement du hareng sur la côte ouest de l'île de Vancouver. On représente les limites de recrutement selon l'échelle 'faible', 'moyen' et 'fort'. Fait à noter: 6 des 10 derniers recrutements ont été 'faibles'.

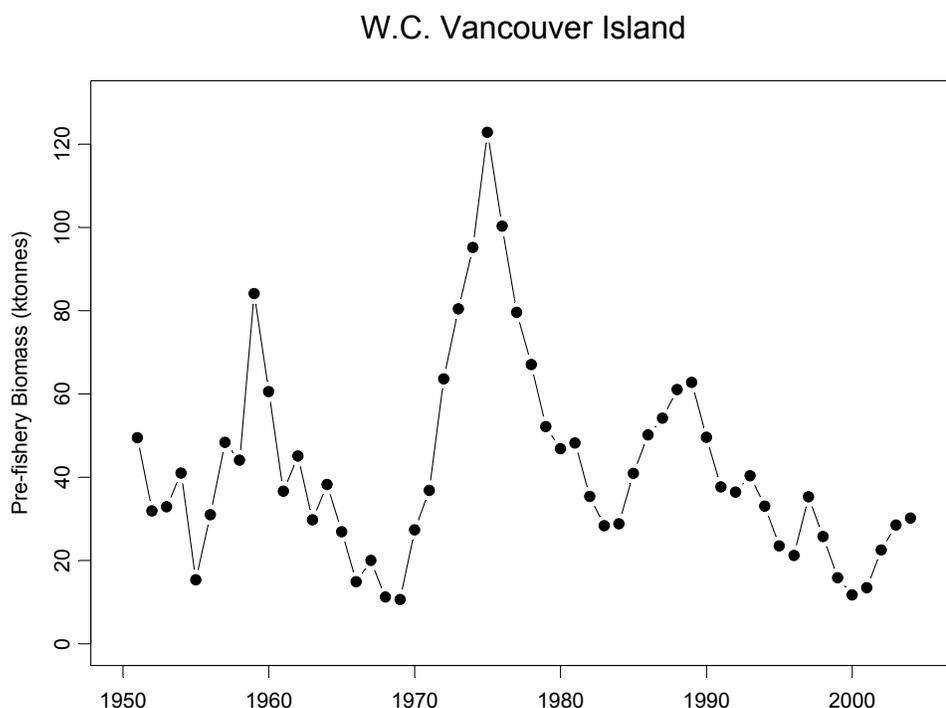


Figure 2: Abondance du stock du hareng de la côte ouest de l'île de Vancouver.

### ***Sardine du Pacifique***

La sardine du Pacifique est une espèce migratrice. Lorsque la population nordique de sardine est abondante et que les conditions océaniques sont favorables, les sardines migrent l'été vers la Colombie-Britannique pour se nourrir. La plupart des sardines migratrices retournent frayer au large des côtes ouest et sud de la Californie en automne. La pêche à la sardine dans les eaux canadiennes a chuté en 1947, et la même situation s'est produite au large de la Californie au début des années 1950 en raison des conditions environnementales défavorables. Après une absence de 45 années, les sardines sont réapparues dans les eaux de la Colombie-Britannique, au large de la côte ouest de l'île de Vancouver en 1992. Entre 1992 et 1996, on les retrouvait à la partie sud de l'île de Vancouver. En 1997, leur zone de répartition géographique s'est élargie vers le nord et à partir de 1998, on les retrouvait dans les eaux à l'est des îles de la Reine Charlotte, du détroit d'Hécate jusqu'à l'entrée Dixon. Du frai de poisson fut observé au large de la côte ouest de l'île de Vancouver en 1997 et en 1998. En 1999, à la suite de l'El Niño, la zone de répartition de la sardine s'est de nouveau rétrécie cette fois-ci vers le sud. Au cours de 2003 et de 2004, les sardines ne sont apparues dans les eaux canadiennes que vers la fin juillet où on les a retrouvées aux bras de mer côtiers, le long de l'île de Vancouver et de la côte centrale. La dernière évaluation américaine semble indiquer que les stocks de sardine se sont stabilisés (figure 3). Les relevés par chalutage en 2003 au large de l'île de Vancouver (figure 4) ont indiqué qu'il n'y avait pas beaucoup de sardine en mer sauf au sud et à l'entrée des bras de mer. Un plus petit nombre de sardines étaient présentes entre 1997 et 1999 lorsque l'eau était plus chaude.

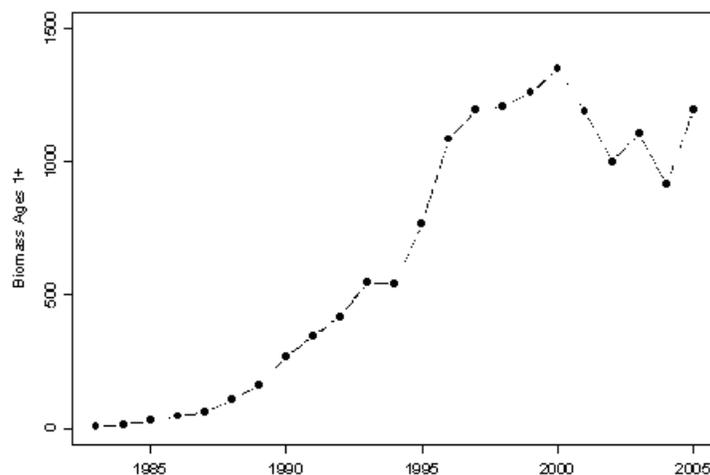


Figure 3: Série chronologique de la biomasse du stock de sardine du Pacifique (x 1,000 mt) âgée d'un an ou plus, d'après un modèle d'évaluation des stocks qui est structuré selon leur âge (données provenant de Conser, R.J., Hill, K.T., Crone, P.R., Lo, N.C.H., et R. Felix-Uraga. 2004. Assessment of the Pacific sardine for U.S. management in 2005. De plus amples informations sont disponibles sur le site suivant: [http://swfsc.nmfs.noaa.gov/frd/Coastal%20Pelagics/Sardine/Sardine\\_Assessment\\_Nov\\_2004\\_revised.pdf](http://swfsc.nmfs.noaa.gov/frd/Coastal%20Pelagics/Sardine/Sardine_Assessment_Nov_2004_revised.pdf).)

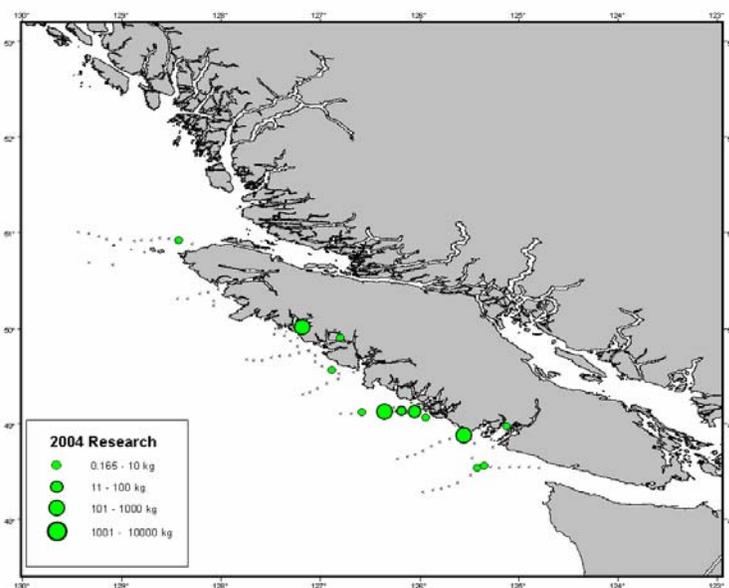


Figure 4: Les stocks de sardine du Pacifique sont limités aux zones méridionales côtières au cours de 2004. Les points représentent des ensembles de sardines jusqu'à 45m de profondeur où il n'y a pas eu de prises. Les cercles représentent des ensembles jusqu'à 45m de profondeur où des sardines ont été capturées.

**Interprétation des pêcheries et résultats spéculatifs:** Les sardines sont réapparues au large de la côte ouest de l'île de Vancouver en 1992. Pendant les années 1990, leur aire de répartition s'est étendue vers le nord, empruntant le détroit d'Hécate jusqu'à l'entrée Dixon. Cependant, en 2003 et en 2004, l'aire de répartition de la sardine s'est rétrécie encore une fois, où l'on retrouve des populations de sardines seulement au sud dans les régions au large et dans les bras de mer de l'île de Vancouver.

Liens: [Division des poissons pélagiques au MPO](#)  
 Personne-ressource au MPO: [Jake Schweigert](#)

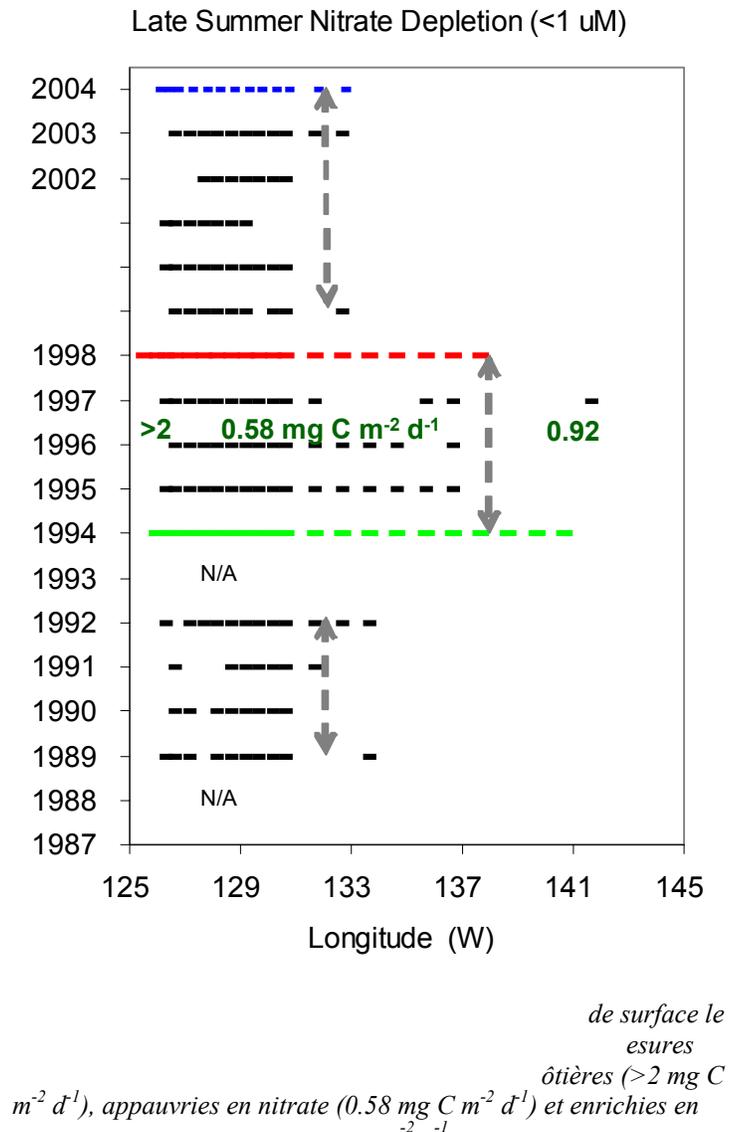
Les tendances estivales d'appauvrissement en nutriments de la région à l'ouest de l'île de Vancouver: Les eaux de surface à faible teneur en nitrates s'étendent plus au large en 2003 et en 2004, mais pas aussi loin qu'a été observé lors de la pénurie de nitrate qui s'est produite vers la fin des années 1990s

La disponibilité en nitrate est le facteur principal qui limite la croissance phytoplanktonique dans l'océan côtier, surtout à cause des autres nutriments qui pourraient limiter sa croissance et qui sont fournis en abondance par les rivières et par le plateau continental (p.ex. silicate et fer; Whitney *et al.* à l'impression. *Deep-Sea Res.*).

Au cours des années 1990s, les conditions persistantes d'El Nino ont favorisé le déplacement des eaux subtropicales vers le nord au large de la côte de la C.-B., si bien que l'apport de nitrate vers la surface de l'océan en hiver fut réduit pendant plusieurs années (figure 1). Durant ce temps, les données indiquent qu'en été les eaux épuisées en nitrate ont une plus faible productivité primaire par rapport aux eaux côtières qui sont alimentées par la remontée de l'eau et aux eaux à contenu faible de fer en provenance de l'océan. (Whitney *et al.* 1998. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 170).

Depuis 1999, l'appauvrissement en nitrate durant l'été est semblable à celui observé vers la fin des années 80s, bien que l'apport en nutriments durant l'hiver est inférieur à celui observé pendant les années 70s. Cette eau appauvrie en nitrate s'étend plus loin au large en 2003 et en 2004 que durant les années plus fraîches de 2000 et de 2001. La stratification de la couche supérieure de l'océan contrôle l'apport en nutriments vers la couche de surface océanique.

Liens: [La ligne P et la station océanographique Papa](#)  
[La profondeur de la couche de mélange et l'apport nutritif à la surface de la mer dans le rapport intitulé L'état de l'océan en 2003 \(page 30\)](#)  
 Personne-ressource au MPO: [Frank Whitney](#)



## La teneur en oxygène de l'eau profonde du plateau continental au large de la C.-B.: En diminution continue depuis le début des enregistrements en 1979

Les eaux faibles en oxygène provenant de l'ouest du Pacifique et du golfe de l'Alaska s'écoulent en aval vers la côte de la Colombie-Britannique. Les eaux côtières sont également influencées par le sous-courant de la Californie qui pourrait être la masse dominante d'eau au large de l'île de Vancouver (Mackas *et al.* 1987. *J. Geophys. Res.* 92).

**La tendance d'une baisse de la teneur en oxygène sur la côte de la C.-B. se répercute dans les eaux subarctiques.** Au large des îles de la Reine-Charlotte et de l'île de Vancouver, la teneur en oxygène diminue de  $\sim 1 \mu\text{M}/\text{y}$  le long des surfaces isopycnes à des profondeurs de 150 à 300 m au cours des deux décennies précédentes. Cette échelle de profondeur représente l'eau profonde et l'eau de fond du plateau continental de la C.-B..

Les poissons et les organismes marins qui ont des taux métaboliques plus élevés, y compris les poissons pélagiques ainsi que les poissons de fond à plusieurs stades préliminaires de la vie, qui pourraient tolérer des faibles teneurs en oxygène rendus adultes, sont les plus sensibles aux baisses de la teneur en oxygène.

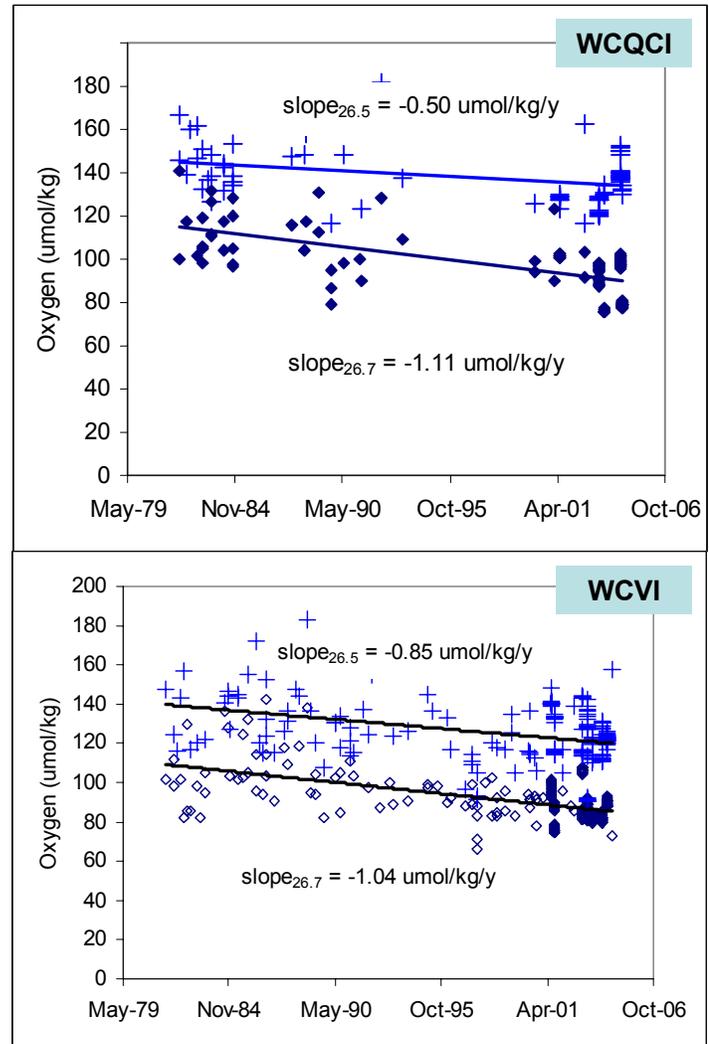
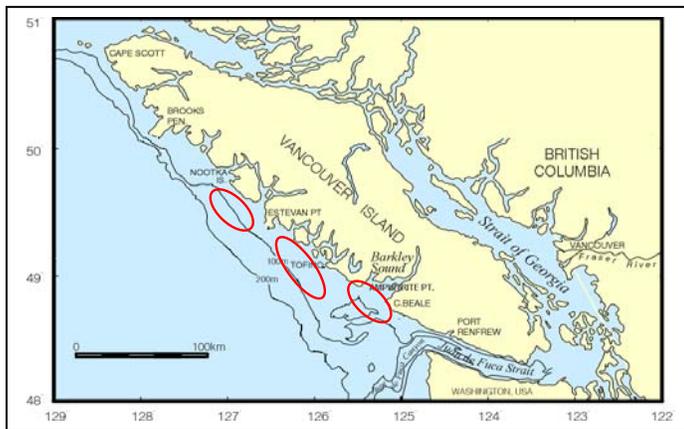


Figure 1: Teneur en oxygène à 2 surfaces isopycnes, 26.5 ( $\sim 150$  m) et 26.7  
Van  
(CO)

Liens: [Les eaux du Pacifique Nord-Est en 2004](#)  
[La ligne P et la station océanographique Papa](#)  
 Personne-ressource au MPO: [Frank Whitney](#)

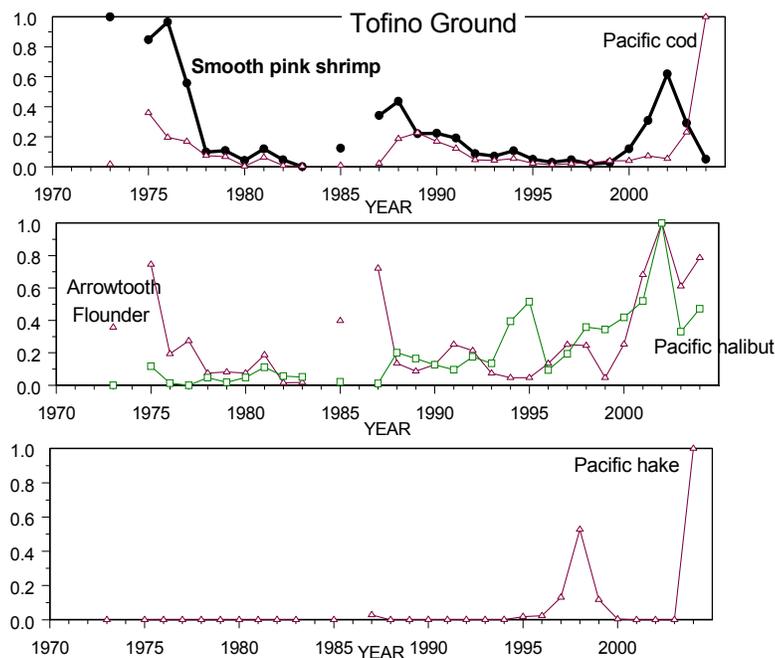
Les relevés au chalut de fond à petites mailles au large de l'île de Vancouver: En 2004, l'eau plus chaude a produit moins de crevette mais plus de merlu, de morue, de flétan et de plie à grande bouche.

À chaque année depuis 1973, des relevés au chalut de fond à petites mailles (visant les crevettes roses lisses *Pandalus jordani*) ont été effectués au cours du mois de mai. Le relevé de 2004 indique que la population de crevettes roses lisses *Pandalus jordani* continue à diminuer (par rapport au point culminant atteint en 2002), en raison du faible recrutement. En revanche, les prises de morue et de merlu du Pacifique ont fortement augmenté en 2004, et une légère augmentation des prises de plie à grande bouche et de flétan du Pacifique s'est produite (ce qui a inversé la diminution observée depuis 2002). Dans son ensemble, ces changements semblent indiquer que l'eau s'est réchauffée en 2003 et en 2004 par rapport aux conditions d'eau plus froide entre 1999 à 2002.



À gauche: Carte indiquant les 3 principaux champs de pêche aux crevettes (*Pandalus jordani*) au large de l'île de Vancouver (ovales rouges). Le champ de pêche à Tofino est l'ovale du milieu.

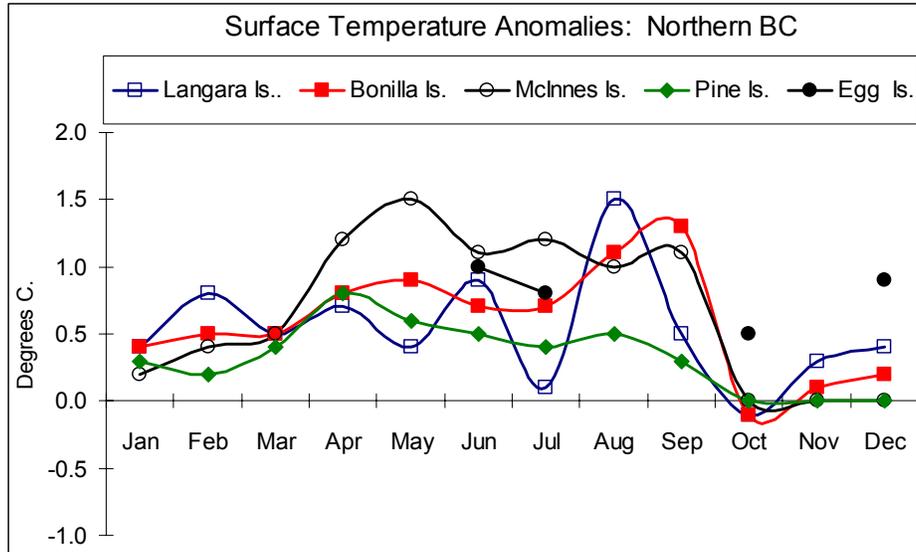
En bas: Série chronologique du relevé des captures normalisées de la crevette lisse, de la morue du Pacifique, du flétan du Pacifique, de la plie à grande bouche et du merlu du Pacifique.



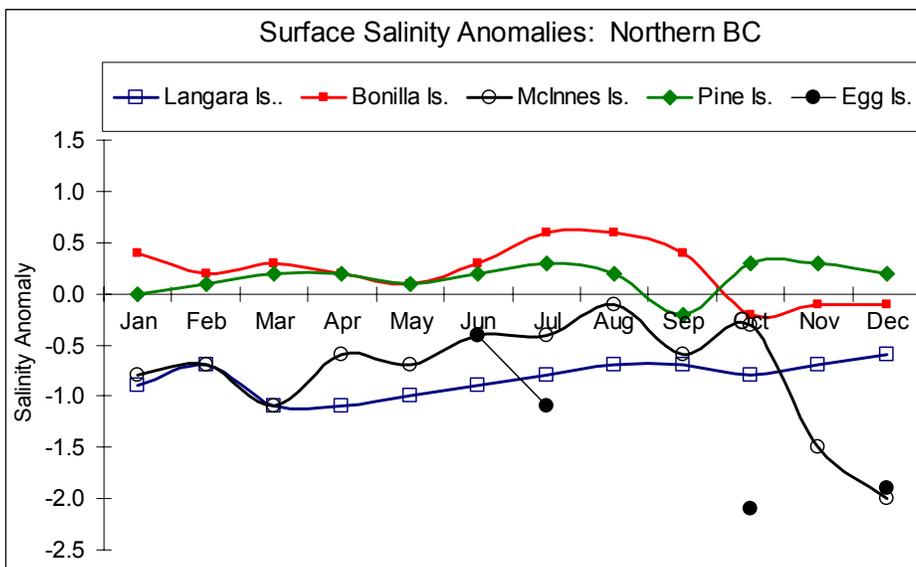
Personne-ressource au MPO: [Ian Perry](#)

## Le nord de la Colombie-Britannique

La température et la salinité le long de la côte: Température chaude toute l'année, faible salinité aux îles Egg et McInnes à l'automne



À l'exception d'une baisse signalant un retour à des valeurs normales en octobre, toutes les stations ont enregistré des températures d'eau plus chaudes toute l'année au nord de la C.-B.. Les anomalies dépassaient 1° Celsius partout sauf à l'île Pine.



Il est pourtant étonnant que la salinité observée aux îles McInnes et Egg en automne était faible, se situant à 2 parties par millier inférieure à la normale pour cette période de l'année. Au sud, des anomalies encore plus fraîches ont été observées à l'île Kains et à la pointe Nootka pendant l'automne.

Liens: [L'échantillonnage de l'eau de mer aux phares de la C.-B.](#)  
 Personnes-ressources au MPO: [Bill Crawford](#), [Ron Perkin](#)

## Le hareng du détroit d'Hécate: Un faible taux de recrutement en 2004 pourrait réduire leur nombre aux îles de la Reine-Charlotte, à Prince Rupert et dans la région de la côte centrale

La biomasse exploitable de hareng de la région du détroit d'Hécate est un regroupement des stocks migrateurs des îles de la Reine-Charlotte, de Prince Rupert et de la côte centrale. Pendant la dernière décennie, leur nombre a diminué aux îles de la Reine-Charlotte tandis qu'à Prince Rupert et sur la côte centrale leur nombre est demeuré élevé (figure 1, 3, 5). Les taux de recrutement des îles de la Reine-Charlotte ont diminué (figure 2); 6 classes des 10 dernières d'années ont été faibles tandis que le stock de Prince Rupert (figure 4) a connu un recrutement important au moins à tous les 4 ans depuis 1980. Le recrutement du stock de la côte centrale (figure 6) a été moins régulier mais les prises de certaines classes d'âge étaient abondantes. Tout semble indiquer que le recrutement le plus récent de la classe d'âge de 2001 est historiquement un des plus faibles jamais observé. Ceci indiquerait que le nombre des trois stocks nordiques diminuerait légèrement au cours des 2 prochaines années.

### *Interprétation des pêcheries et spéculation des résultats*

Les stocks de hareng de la région du détroit d'Hécate sont un regroupement des stocks migrateurs des îles de la Reine-Charlotte, de Prince Rupert et de la côte centrale. Au cours de la dernière décennie, l'abondance et le recrutement du stock des îles de la Reine-Charlotte ont diminué tandis que l'abondance et le recrutement du stock de Prince Rupert et de la côte centrale sont restés élevés. Cependant, le recrutement en 2004 était parmi le plus bas jamais observé, ce qui pourrait se répercuter à court terme sur l'abondance des trois stocks nordiques.

Liens: [Évaluation du hareng par le MPO](#)

[Le hareng de la cote nord dans le rapport intitulé L'état de l'océan en 2003 \(page 79\)](#)

Personne-ressource au MPO: [Jake Schweigert](#)

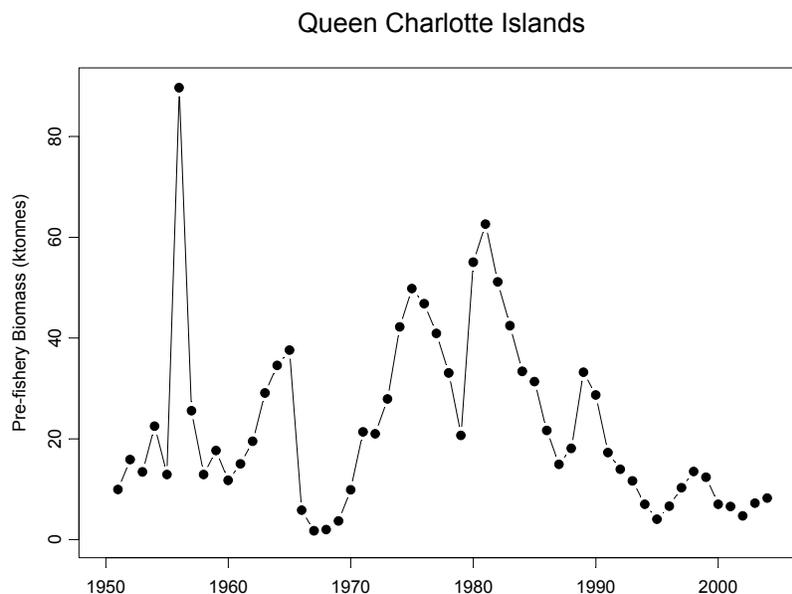


Figure 1: Abondance du hareng aux îles de la Reine Charlotte.

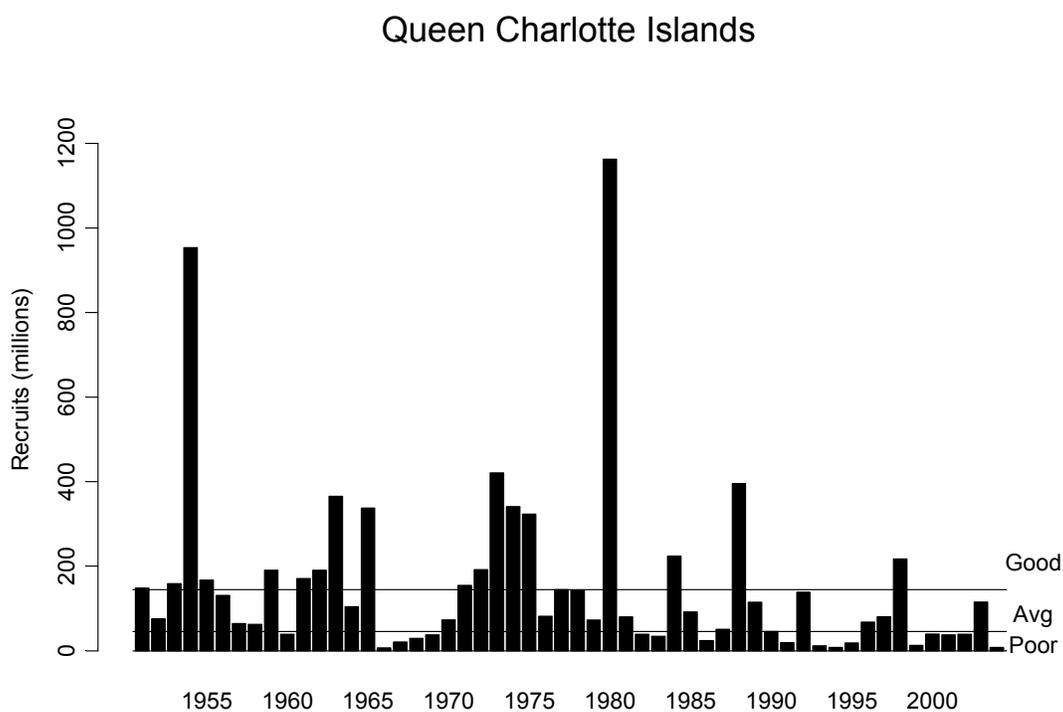


Figure 2: Variabilité interannuelle et tendances décennales du recrutement du hareng des îles de la Reine-Charlotte. On indique les limites du recrutement selon l'échelle 'faible', 'moyen' et 'fort'. Il est à noter que 6 des 10 derniers recrutements ont été 'faibles'.

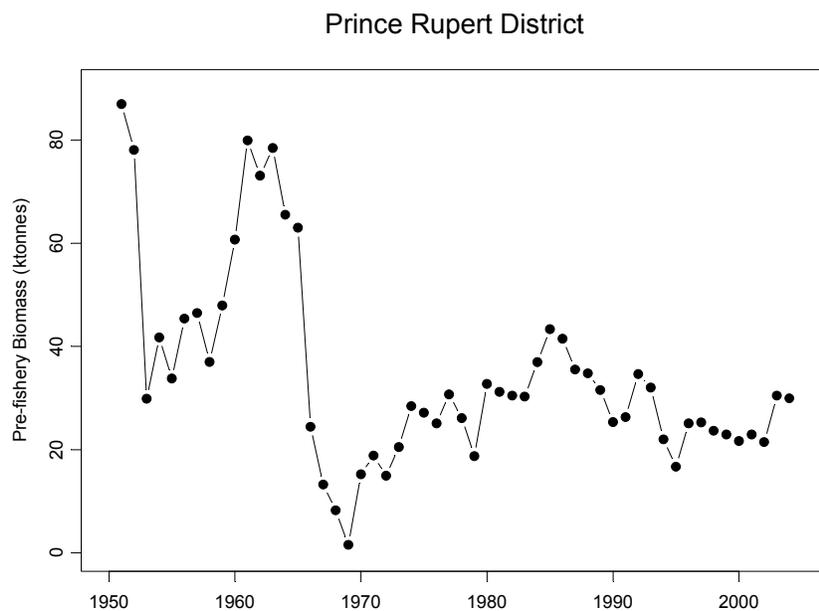


Figure 3: Abondance du hareng dans le secteur de Prince Rupert.

## Prince Rupert District

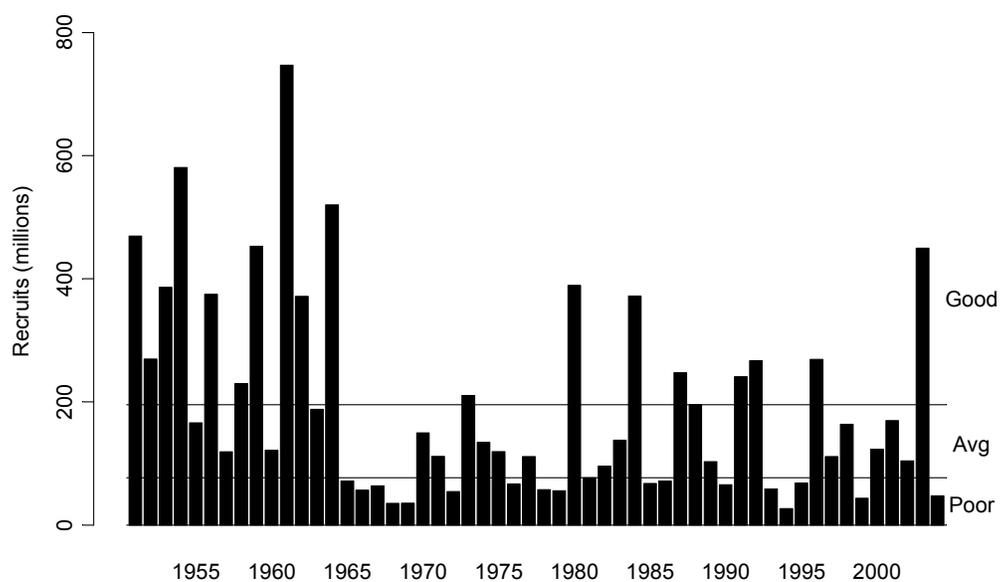


Figure 4: Variabilité interannuelle et tendances décennales du recrutement du hareng du secteur de Prince Rupert. On indique les limites concernant le recrutement selon l'échelle 'faible', 'moyen' et 'fort'. Il est à noter que des recrutements 'forts' se sont produits à presque tous les quatre ans depuis 1980.

## Central Coast

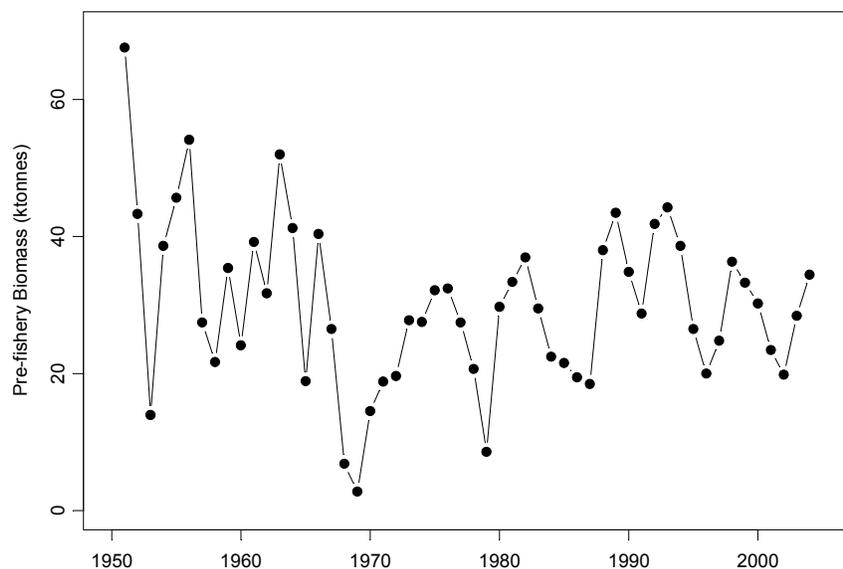


Figure 5: Abondance du hareng sur la côte centrale.

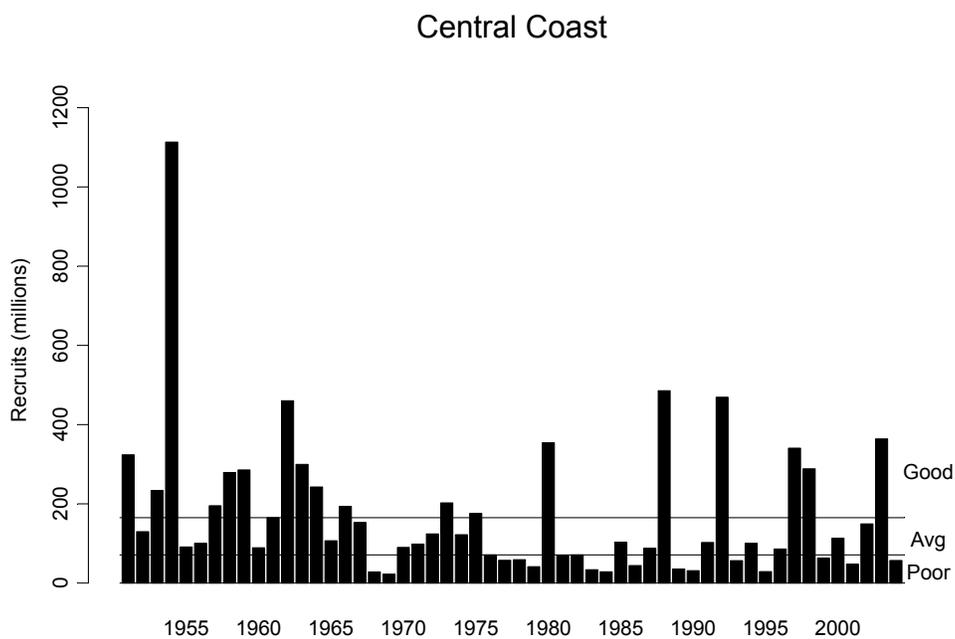
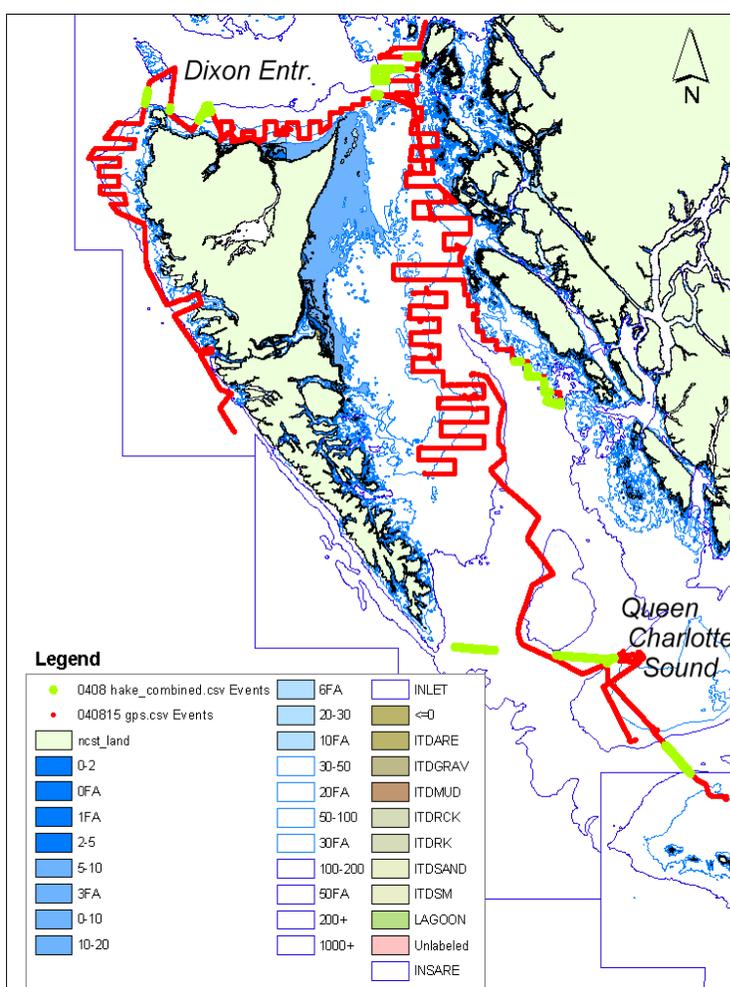


Figure 6: Variabilité interannuelle et tendances décennales du recrutement du hareng sur la côte centrale. On indique les limites concernant le recrutement selon l'échelle 'faible', 'moyen' et 'fort'.

## La distribution du merlu du Pacifique le long de la côte ouest canadienne en 2004: Quelques merlus ont été observés à l'entrée Dixon; ce qui semble indiquer que ceux-ci se déplacent vers le nord

Des prises aléatoires de merlu du Pacifique (*Merluccius productus*) ont été faites en route (Therriault *et al.* 2004) lors du prélèvement du hareng du Pacifique en 2004. On a retrouvé des petites agrégations de merlus le long du banc Goose du détroit de la Reine-Charlotte et à l'entrée Dixon. L'étendue de leur migration vers le nord semble indiquer des conditions plus chaudes que normales qui persistent depuis 2003. Cependant, vu qu'aucune étude évaluative du merlu n'a été effectuée en 2004, il n'est pas certain que ces agrégations font partie d'une plus grande répartition côtière ou s'il s'agit d'itinérants qui habitent la région depuis 2003. Les relevés au chalut semi-pélagiques signalent que les prises étaient surtout composées de poissons plus âgés ayant une taille moyenne de 50 à 54 cm.



### Références

Therriault, T., K. Cooke, M. Thomson, et K. Daniel. 2004. *Cruise report on CCGS W.E. RICKER acoustic-trawl survey in Queen Charlotte Sound, west coast Queen Charlotte Islands, Dixon Entrance, and Hecate Strait, August 4-15, 2004.* Rapport interne. Station biologique du Pacifique, 3190 chemin Hammond Bay, Nanaimo, C.-B. V9T 6N7

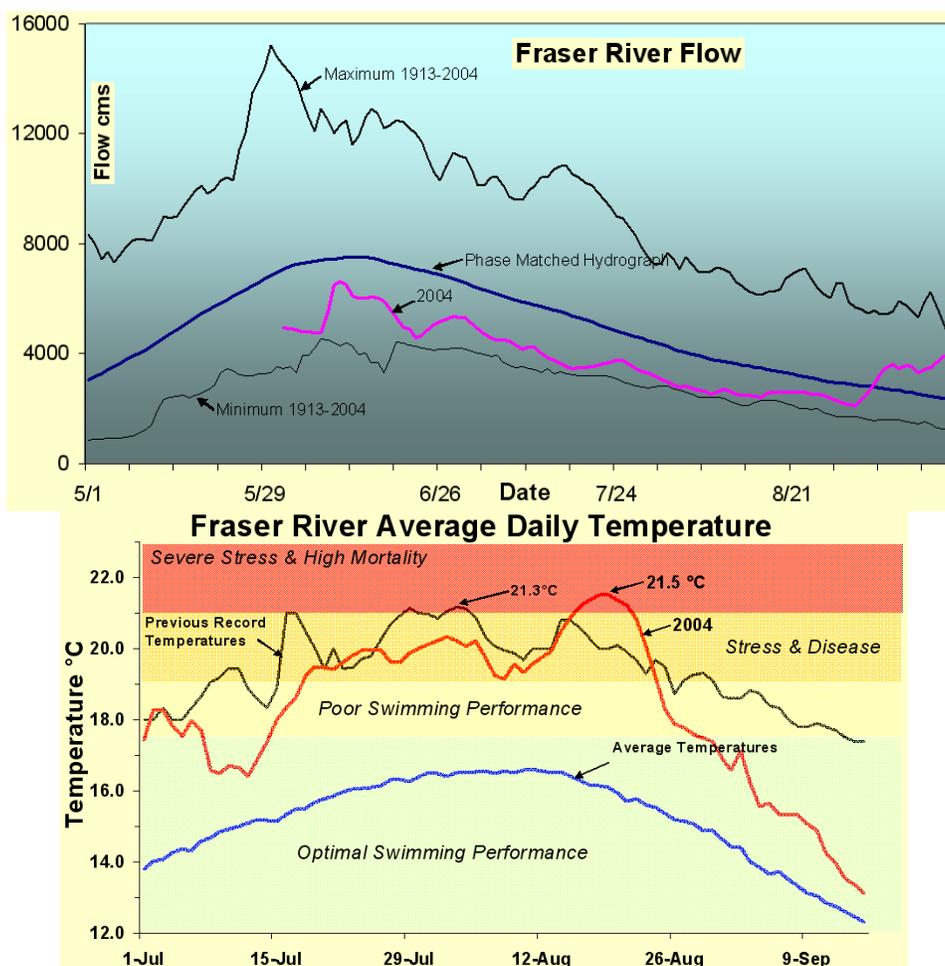
Thompson, M., Daniel, K. et Therriault, T.W. 2004. *Offshore Northern British Columbia Herring Survey, August 2004.* Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2713: v + 41 p. (à l'impression).

Liens: [Rapport intitulé L'état de l'océan en 2003 \(page 45\)](#)  
[Rapports sur l'état des stocks en 2003](#)  
 Personne-ressource au MPO: [Ken Cooke](#)

## Le bassin de Géorgie et le fleuve Fraser

### Le fleuve Fraser à l'été 2004: Des températures record et un débit faible ont perturbé les saumons rouges en montaison

Un grand débit et des températures chaudes peuvent entraver le cycle de reproduction du saumon rouge<sup>1,2</sup>. L'année 2004 s'est avérée une année exceptionnelle par des températures chaudes jamais enregistrées depuis 90 années et aussi par un faible débit. Les températures élevées persistantes du fleuve Fraser pendant l'été 2004 ont atteint un niveau record au début et au milieu juillet. Une nouvelle température record de 21.5°C a été établie le 18 et 19 août. Le débit du fleuve était inférieur à la normale pendant l'été et une baisse presque record depuis 60 années d'observations a été atteinte en juillet et août. Une montaison faible en 2004 est attribuée à ces débits chauds.



<sup>1</sup> Macdonald, J.S., Williams, I.V. et Woodey, J.C. 2000a. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2315: 120p.

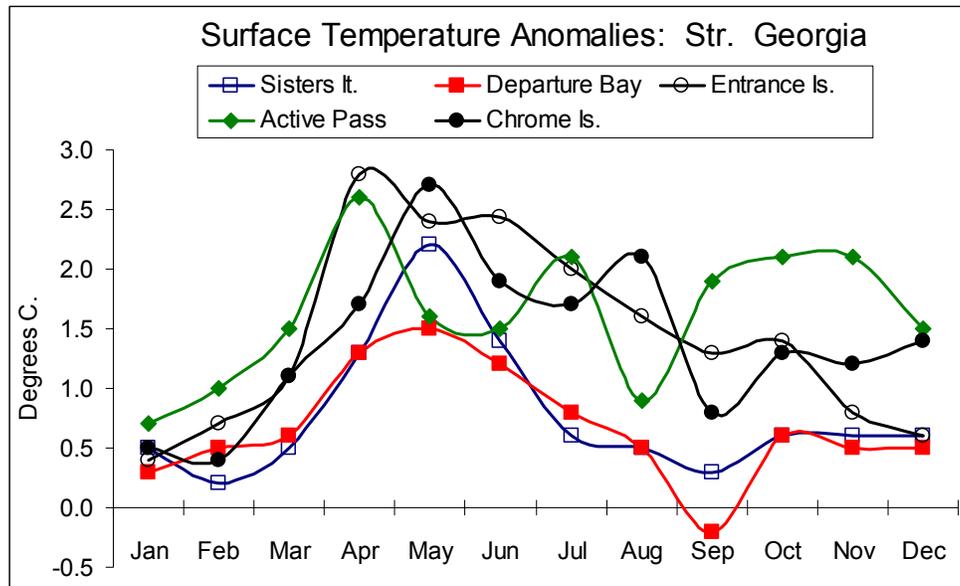
<sup>2</sup> Macdonald, J.S., Foreman, M.G.G., Farrell, T., Williams, I.V., Grout, J., Cass, A., Woodey, J.C., Enzenhofer, H., Clarke, W.C., Houtman, R., Donaldson, E.M., et Barnes, D., 2000b. Can. Tech. Rep. Fish. and Aquat. Sci. 2326: 117p.

Liens: [Rapport sur le saumon rouge du fleuve Fraser présidé pour l'occasion par Bryan Williams publié en avril 2005](#)

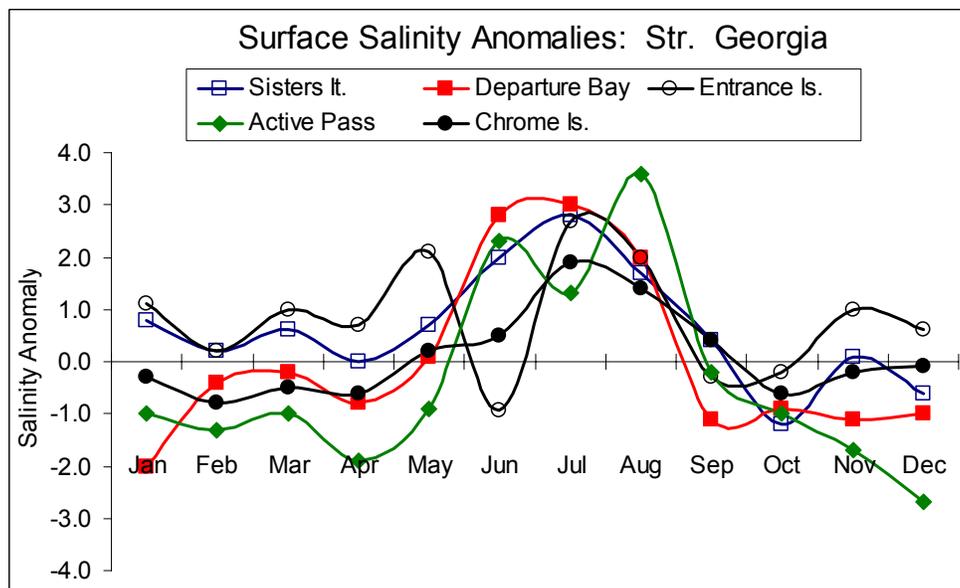
[La prévision de la température du fleuve Fraser à l'ISM](#)

Personnes-ressources au MPO: [John Morrison](#), [Mike Foreman](#)

## La température et la salinité le long de la côte: Température chaude toute l'année, forte salinité durant l'été



Des mesures quotidiennes de la température et de la salinité enregistrées aux phares le long de la côte de la Colombie-Britannique font partie d'un programme amorcé durant les années 1930. Les moyennes mensuelles provenant de 5 stations du détroit de Géorgie et Active Pass signalent que les températures étaient chaudes durant toute l'année.



La salinité aux stations était supérieure à la normale à la fin du printemps et à l'été, provoquée sans doute par la faible crue nivale du fleuve Fraser. En septembre, la salinité a diminué à un niveau près de la normale suite à des pluies abondantes.

Liens: [L'échantillonnage de l'eau de mer aux phares de la C.-B.](#)  
 Personnes-ressources au MPO: [Bill Crawford](#), [Ron Perkin](#)

## Détroit de Géorgie, 2004: L'eau chaude dans toute la colonne d'eau, surtout à la surface au printemps

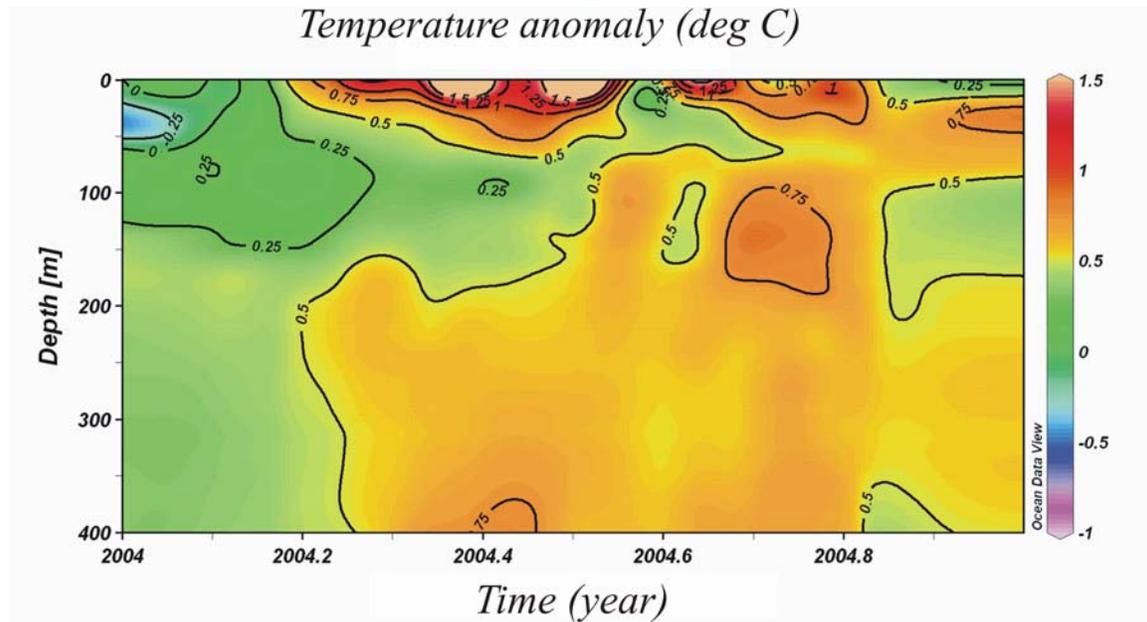


Figure 1: Les anomalies de température (degré C) mesurées à la station navale de la baie de Nanoose, située au large de la baie Nanoose dans le détroit de Géorgie. Les anomalies sont calculées par rapport à la période entre 1970 et 2004.

Les conditions plus chaudes en 2003 ont persisté durant 2004 dans le détroit de Géorgie (figure 1). Les anomalies de température près de la surface furent plus élevées au printemps. En fait, une anomalie mensuelle de température de +2.7 °C enregistrée en avril 2004 à la station de phare de l'île Entrance était la plus élevée depuis 1937.

Liens: [Le détroit de Géorgie dans le rapport intitulé L'état de l'océan en 2003 \(page 82\)](#)  
[Monitoring des eaux côtières du sud de la C.-B.](#)  
[Évolution des propriétés physico-chimiques de l'eau de mer dans les détroits de Géorgie et de Juan de Fuca](#)  
Personne-ressource au MPO: [Diane Masson](#)

## Le hareng du détroit de Géorgie: Un recrutement important devrait assurer que ce stock demeure à un niveau élevé pendant les prochaines années

Le stock de hareng du Pacifique du détroit de Géorgie se déplacent vers la côte en automne et s'éloignent du détroit après le frai du printemps. Les conditions de survie pour les harengs juvéniles du détroit de Géorgie ont été exceptionnellement bonnes au cours de la décennie précédente. L'abondance du hareng dans le détroit de Géorgie a récemment atteint un niveau quelque peu supérieur à 150,000 tonnes (figure 1) en 2003, ce qui surpasse le record en 1955. Le recrutement de ce stock fut abondant puisque 7 des 10 dernières classes d'âge recrutées étaient égales ou supérieures à la moyenne (figure 2). Les conditions d'élevage des juvéniles du détroit de Géorgie semblent être la raison principale du succès de recrutement pour ce stock puisque la majorité des juvéniles ne quittent pas la région avant leur deuxième été. Les relevés d'abondance du hareng juvénile du détroit de Géorgie indiquent que les classes d'âge qui correspondaient au recrutement de 2003 et de 2004 devraient être fortes mais dans ce cas, le recrutement se situe dans la moyenne. Les indications initiales semblent démontrer que le recrutement des prochaines années pourrait également être faible. Néanmoins, ces périodes de fort recrutement devraient assurer une forte abondance du stock au cours des prochaines années.

### *Interprétation des pêcheries et résultats spéculatifs*

L'abondance du hareng en 2004 a légèrement diminué par rapport au niveau record de 150,000 tonnes en 2003. Le nombre actuel est nettement supérieur à l'évaluation la plus faible jamais enregistrée en 1968 (11,000 tonnes) selon les données chronologiques de 1951 à 2004. L'abondance du stock a augmenté de façon constante depuis le milieu des années 1980. Les relevés récents du hareng juvénile semblent indiquer que la récente tendance vers la hausse semble s'être terminée et on s'attend à ce que l'abondance soit diminuée au cours des prochaines années.

Liens: [Évaluation du hareng au MPO](#)  
[Le hareng dans le détroit de Géorgie selon le rapport intitulé L'état de l'océan en 2003 \(page 89\)](#)  
Personne-ressource au MPO: [Jake Schweigert](#)

(Voir les figures à la page suivante)

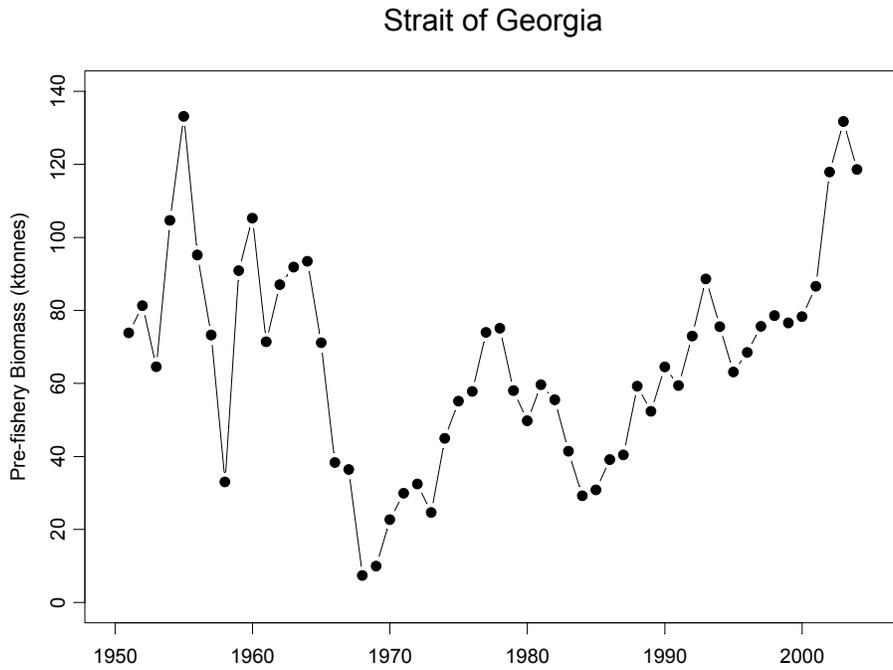


Figure 1: Abondance du hareng du détroit de Géorgie.

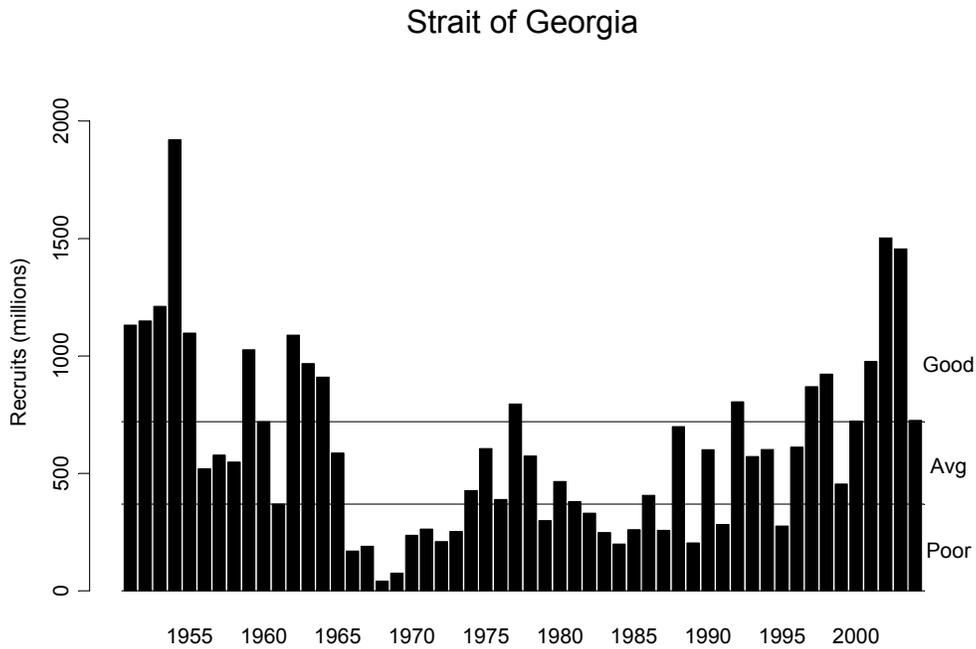


Figure 2: Variabilité interannuelle et tendances décennales du recrutement du hareng du détroit de Géorgie. Les lignes horizontales représentent les valeurs limites du recrutement 'faible', 'moyen' et 'fort'. Il est à noter que 6 des 10 dernières classes d'âge ont été 'fortes'.

## Le saumon juvénile du détroit de Géorgie: Le saumon quinnat et le saumon rouge étaient abondants durant l'été, mais de plus petite taille

Le **taux d'abondance** du saumon quinnat, du saumon kéta et du saumon rouge juvéniles en juillet 2004 était supérieur à celui de 2002 et près du taux d'abondance moyen observé en 2001. (Figure 1 en bas. Sweeting *et al.* 2004). On effectue des prélèvements du saumon rose juvénile durant les années paires et le taux d'abondance en 2004 se situait près du taux observé en 2000. (Sweeting *et al.* 2004). En juillet 2004, le taux d'abondance du saumon coho juvénile se situait à 4.0 millions, ce qui était supérieur à celui de juillet 2003 (3.0 millions) mais nettement inférieur à ceux observés en 2001 et en 2002 qui se situaient à 11.2 et 9.5 millions respectivement (figure 1).

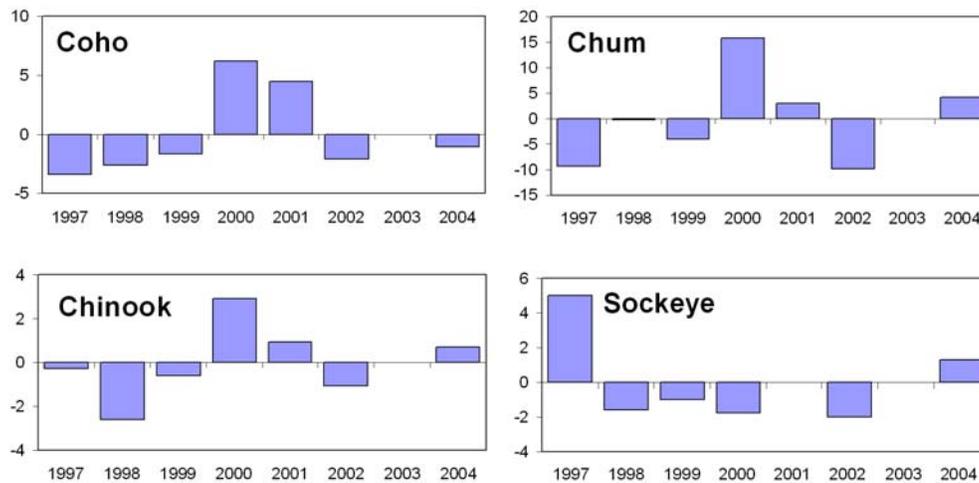


Figure 1: L'anomalie du taux d'abondance du saumon quinnat, du saumon kéta et du saumon rouge juvéniles observée en juillet de chaque année. Le plan d'étude et le calcul du taux d'abondance sont décrits dans Beamish *et al.* (2000) (aucun relevé en juillet 2003).

En 2004, la **longueur moyenne** des saumons quinnats et des saumons rouges juvéniles a diminué à 120 mm et 108 mm respectivement, des longueurs les plus basses jamais observées depuis le début de ce régime climatique. La longueur moyenne du saumon rose et du saumon rouge juvéniles se situait dans la moyenne. La **longueur moyenne** du saumon coho juvénile se situait également dans la moyenne pour ce régime climatique et était légèrement supérieure à celle observée en 2002 (figure 2 en bas). En 2005, on prévoit que les retours du saumon coho vers le détroit de Géorgie soient supérieurs à ceux de 2002 mais qu'ils demeureront faibles.

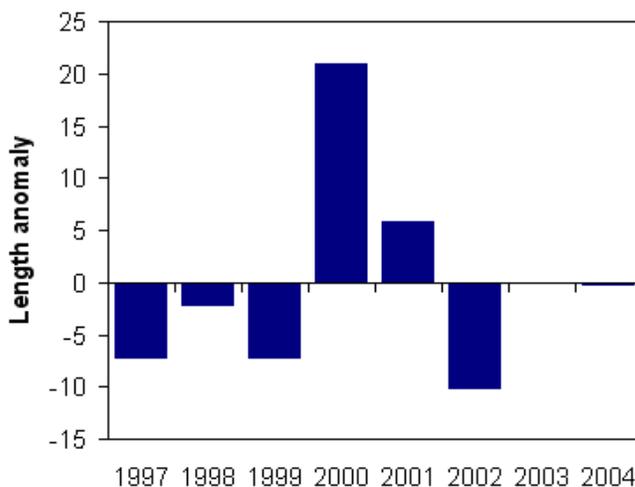


Figure 2: Anomalie de la longueur à la fourche des saumons cohos (en centimètre) à partir des relevés effectués aux mois de juillet et septembre dans le détroit de Géorgie entre 1997 et 2004. Il est à noter qu'il s'agit du saumon coho lors de sa première année en mer, et qu'aucun relevé n'a été effectué en juillet 2003.

En 2001 et en 2003, les retours des saumons roses vers le fleuve Fraser ont atteint un niveau record. Si on se fie au nombre qui composait la montaison du saumon rose juvénile en 2004, on s'attend à un taux élevé de retour en 2005. L'abondance du saumon rose juvénile du détroit de la Reine-Charlotte était très élevée et on s'attend à des retours record de saumon rose adulte vers le fleuve Fraser en 2005.

Les premières observations faites en 2000 de l'impact du changement du régime climatique de 1998 sur la productivité du détroit de Géorgie, (Beamish *et al.* 2001, 2002, 2004), indiquent que celui-ci a persisté jusqu'en 2004. La température moyenne de l'eau en surface et à 10 m de profondeur demeure inférieure par rapport à la moyenne calculée du régime climatique précédant; cependant, ces deux températures augmentent et la température annuelle à 10 m de profondeur en 2004 était la deuxième plus chaude jamais enregistrée depuis 1970 (figure 3). Les températures moyennes de l'eau de fond étaient plus chaudes que durant le régime climatique précédant et étaient les plus chaudes lors de la période de prélèvement en 2004.

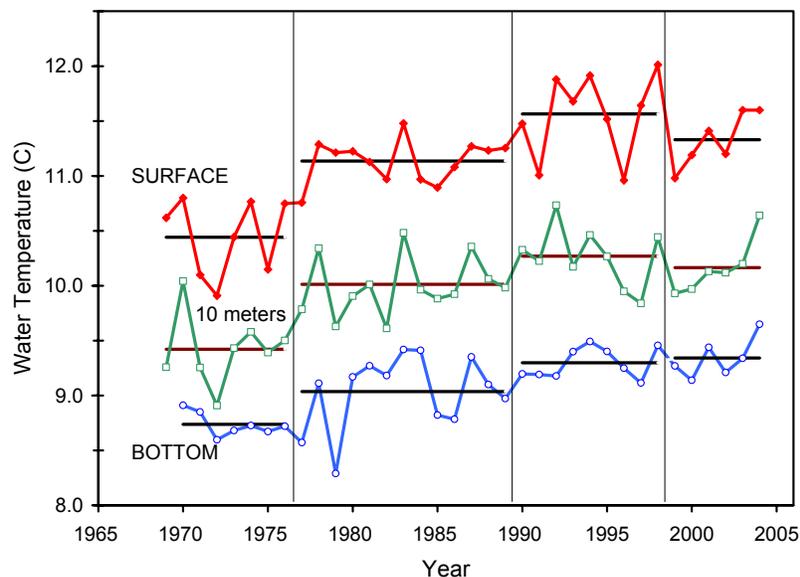


Figure 3. Les profils de température annuelle moyenne de l'eau (à la surface, à 10m et à 395m de profondeur) entre 1969 et 2003, obtenus à partir de la station navale de la baie de Nanoose, située tout près de l'île Ballenas. Les lignes verticales représentent la synchronisation du changement de régime climatique et les lignes horizontales noires représentent la température moyenne pendant le régime.

Beamish et al (2004) a fait la preuve que la relation entre le stock et le recrutement pour le saumon rose et le saumon rouge du fleuve Fraser est mieux expliquée en examinant les données de chaque régime séparément plutôt que toutes les données en même temps. Cette étude prend en considération les trois régimes climatiques qui se sont produits avant 1988, tel qu'indiqué à la figure 3. Selon les retours du saumon rouge et du saumon rose entre 2000 et 2004, cette période climatique continue d'être plus productive pour ces stocks que le régime précédant comme en témoigne les forts taux d'abondance d'adultes à la suite des forts taux d'abondance des juvéniles.

La variabilité de la survie en mer qui existe entre les espèces de saumon du détroit de Géorgie est mal comprise. De plus, à la différence du détroit de Géorgie, le taux de survie du saumon coho du détroit Puget s'est amélioré au cours des années précédentes. Cette divergence entre le détroit de Géorgie et le détroit Puget fait l'objet d'une étude financée par la Commission du saumon du Pacifique qui se poursuivra en 2005.

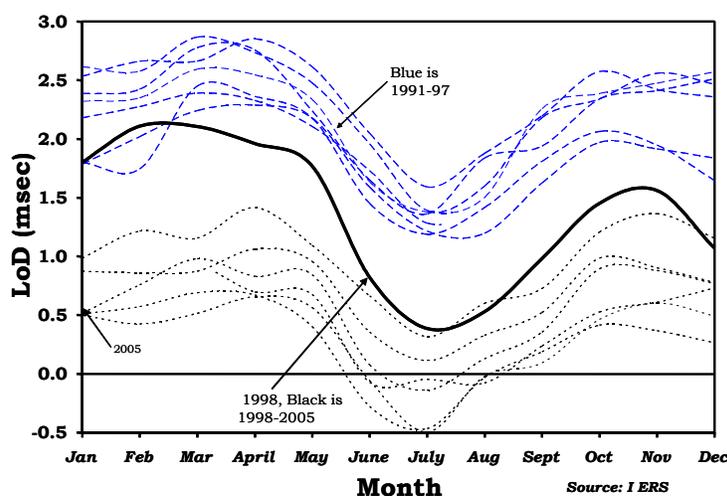


Figure 4: L'indice de la longueur du jour (LOD), indiquant les variations saisonnières et le changement de régime climatique en 1998. Les lignes bleues discontinues représentent les valeurs entre 1991 et 1997. La ligne solide représente les valeurs de l'année 1998 et les lignes courtes discontinues représentent les années entre 1999 et 2005. La LOD est la différence (en ms) entre la détermination astronomique de la durée du jour et 86,400 secondes (24 heures) et représente les variations de la vitesse de rotation de la Terre.

Nous utilisons l'indice de la longueur du jour (figure 4) en tant de mesure approximatif des tendances de la circulation atmosphérique afin de démontrer que le régime commençant en 1998 persiste, en dépit des variations de productivité dans le détroit de Géorgie en 2002 et en 2003. On reconnaît que l'utilisation de l'indice saisonnier de la longueur du jour est expérimentale et il devrait être mis à l'essai lors du prochain régime climatique.

Beamish, R.J., D. McCaughran, J.R. King, R.M. Sweeting et G.A. McFarlane. 2000. Estimating the abundance of juvenile coho salmon in the Strait of Georgia by means of surface trawl. *N. Am. J. Fish. Manage.* 20:369-375.

Beamish, R.J., C.M. Neville, R.M. Sweeting, et K.L. Poier. 2001. Persistence of the improved productivity of 2000 in the Strait of Georgia, British Columbia, Canada, through to 2001. (NPAFC Doc. 565). Direction des Sciences de Pêches et Océans Canada - Région du Pacifique, Station biologique du Pacifique, Nanaimo, C.-B., Canada V9R 5K6. 19pp.

Beamish, R.J., C. Neville, R. Sweeting, K. Poier, et R. Khan. 2002. Recent increases in coho production in the Strait of Georgia are related to changes in climate. Pages 10-19 in T. Droscher (ed.) *Proceedings of the 2001 Puget Sound Research Conference. Plenary Session and Panel Discussion: The challenges facing Puget Sound and Georgia Basin scientists.* Puget Sound Action Team. Olympia, Washington.

Beamish, R.J., R.M. Sweeting, et C.M. Neville. 2004. Improvement of juvenile Pacific salmon production in a regional ecosystem after the 1998 regime shift. *Transactions of the American Fisheries Society* 133: 1152-1164.

Sweeting, R.M., R.J. Beamish, et C.M. Neville. 2004. The continuation of the productive regime in the Strait of Georgia. (NPAFC Doc. 818). Direction des Sciences de Pêches et Océans Canada - Région du Pacifique, Station biologique du Pacifique, Nanaimo, C.-B., Canada V9T 6N7.

Personnes-ressources au MPO: [Chrys Neville](#), [Ruston Sweeting](#), [Richard Beamish](#)

## **Citation exacte pour cette publication**

MPO, 2005. **L'état de l'océan en 2004 pour la région du Pacifique**. Rapport d'état – MPO Science.