

# L'état de l'océan en 2003 pour la région du Pacifique

## Contexte

Le présent rapport documente l'état de l'océan en 2003 et au début de 2004. L'état physique, chimique et biologique du milieu marin a des répercussions sur la productivité (croissance, reproduction, survie, répartition) des organismes marins ainsi que sur les activités de l'industrie des pêches. L'évolution de l'état de l'océan peut contribuer directement à des variations dans le rendement des ressources, leur potentiel de reproduction, les chances de capture, la force des classes d'âge, le recrutement et la biomasse reproductrice, en plus d'influer sur la salubrité perçue des écosystèmes et sur l'efficacité et la rentabilité de l'industrie des pêches.

À cause de l'importance des modifications du milieu pour les ressources marines, une somme importante de données physiques, chimiques et biologiques est recueillie dans le cadre de relevés menés par des navires scientifiques. S'ajoutent à ces données les mesures de séries chronologiques produites par les stations de phare côtières, les courantomètres mouillés, les stations marégraphiques côtières, les profileurs océanographiques autonomes et les bouées météorologiques. Des renseignements supplémentaires sont fournis par la télédétection par satellite (imagerie thermique, chlorophylle et niveau de la mer), par les observations émanant de navires de passage et de navires de pêche et par des bouées dérivantes suivies par satellite.

Les données des relevés scientifiques, les données marégraphiques, les observations météorologiques provenant d'instruments mouillés et les données des bouées dérivantes sont révisées avant leur transmission au Service des données sur le milieu marin (SDMM) du Canada en vue de leur archivage dans la base de données nationale. Une copie de travail de la base de données est conservée à l'Institut des sciences de la mer, à Sidney (Colombie-Britannique), tout comme les données produites par les courantomètres et les stations de phare, et les données sur le zooplancton. Les données sur les pêches sont archivées à la Station biologique du Pacifique, à Nanaimo.

## Résumé

Le faible courant El Niño et l'oscillation australe de 2002 à 2003 ont donné lieu à des températures anormalement élevées de surface de la mer et à des vents cycloniques anormalement favorables à la plongée des eaux dans la portion canadienne du golfe d'Alaska d'octobre 2002 au début de 2003. Au milieu de l'année 2003, les eaux à la surface de l'océan se sont quelque peu refroidies, se rapprochant de la température "moyenne" jusqu'au début de 2004. En mai 2004, les eaux littorales au large de la Colombie-Britannique avaient une température supérieure à la moyenne, peut-être associée au temps exceptionnellement chaud et ensoleillé d'avril; on ignore si ce réchauffement sera persistant. Les vents de l'hiver 2003/2004 n'ont présenté aucune des anomalies persistantes qui caractérisaient les régimes précédents. La période du milieu de 2003 au début de 2004 pourrait avoir été une année de transition, ce qui rend incertaine la nature du régime vers lequel nous nous dirigeons. Nous verrons peut-être un régime "moyen" se poursuivre. Malgré cette incertitude face à l'avenir, on sait que les effets des régimes précédents vont persister.

Cette évolution des températures en 2003 a été beaucoup plus faible que celle que nous avons connue au cours du brusque changement de régime à la fin de 1998, ou encore pendant les changements de régime survenus en 1976/1977 et en 1989. On reconnaît de plus en plus la variabilité de l'échelle décennale des régimes comme une cause de changements brusques dans les tendances de la production marine, en particulier pour les poissons de fond et les saumons du Pacifique. Des modes de variabilité encore plus longs (de 70 à 90 ans) pourraient avoir une importance pour les espèces dont la durée de vie est longue.

On peut attribuer une bonne part de la variabilité des eaux côtières et du biote de la Colombie-Britannique depuis 1970 aux variations des vents dominants en hiver. Les années 1970 à 2002 ont été caractérisées par des régimes décennaux importants et persistants, séparés par des changements de régime d'une force surprenante. Les changements les plus marqués semblent être survenus en 1976/1977 et en 1998/1999; un autre changement peut-être plus faible s'est produit en 1989. Nombre des modifications océaniques et biologiques survenues au cours d'un régime ont persisté pendant une bonne partie du régime suivant. Par exemple, les eaux froides qui se sont formées à la subsurface, à une profondeur de 120 mètres, au cours du régime frais de 1999 à 2002, y sont restées jusqu'au début de 2004. Certains changements sont survenus sans délai apparent. Par exemple, les indicateurs du saumon coho dans le détroit de Géorgie ont oscillé en phase avec les régimes de température, comme l'ont observé Simpson *et al.* (2004) : [Traduction] "Tous les indicateurs des saumons cohos sauvages et d'élevage dans le bassin de Géorgie suivent la même tendance : un taux de survie minimal vers 1998 après un déclin décennal relativement stable, suivi d'une légère amélioration jusqu'en 2001 et d'une diminution depuis."

En général, les régimes plus chauds sont associés à des vents du sud plus forts le long de la côte, à des concentrations de nutriments plus faibles à la surface, à un courant côtier plus puissant vers le nord, à une hausse du nombre et du pourcentage d'espèces de plancton méridionales et d'espèces de poissons telles que la sardine et le merlu, et à une baisse du taux de survie en mer des saumons du Pacifique à la limite sud de leur aire de répartition. Les vents froids inversent ces tendances. Il y a bien entendu des exceptions et des variations à l'intérieur de ces régimes "chauds" et "froids", comme le souligne le rapport, mais certaines tendances se dégagent tout de même d'une perspective pluriannuelle.

Les figures ci-dessous illustrent les hivers pendant lesquels on a observé une persistance de la direction du vent sur le littoral ouest, tel que décrit par Bond *et al.* (2003) et par Jim Overland (comm. pers.).

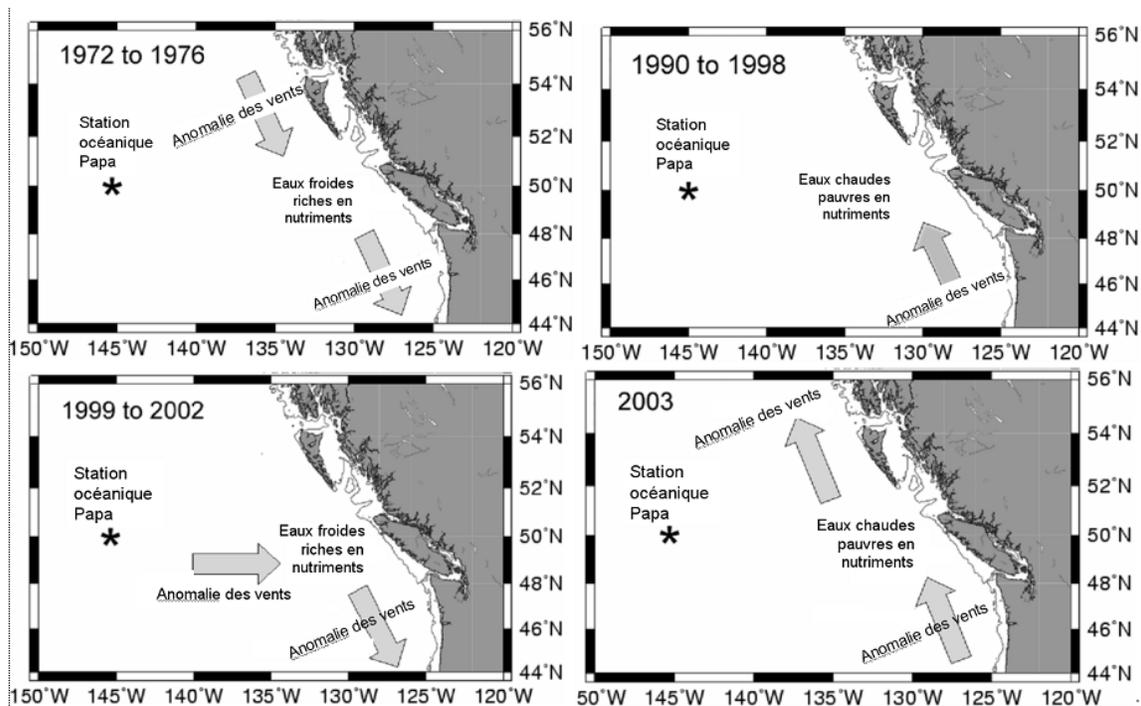


Figure 1. Anomalies persistantes des vents en hiver sur le littoral ouest. On entend par "hiver" les mois de novembre à mars, l'année indiquée correspondant à celle des observations effectuées de janvier à mars.

Le régime froid observé de 1972 à 1976 a été marqué par des vents du nord anormalement violents en hiver (en réalité, par des vents du sud plus faibles) et par le refroidissement des eaux de surface au large de la Colombie-Britannique. Immédiatement après la fin de ce régime, les anomalies des vents se sont inversées pour suivre une tendance qui a persisté pendant les 12 années suivantes environ (tendance non tracée), ce qui a réchauffé les eaux littorales. La carte en haut et à droite illustre les anomalies persistantes des vents qui sont survenues de 1990 à 1998 et qui ont déplacé des eaux et des espèces méridionales vers le nord, le long de la côte. Ce régime s'est lui aussi brusquement inversé en 1998, passant à un régime froid pour les années 1999 à 2002. Le faible courant El Niño présent de 2002 au début de 2003 (carte en bas et à droite) a mis fin au régime des années froides ou l'a interrompu.

**Nombre de caractéristiques océaniques et d'espèces biologiques ont réagi en 2003 aux variations passées des vents d'hiver et des températures de surface de l'océan au Canada. On trouvera ci-dessous une liste d'exemples de réponse de certaines caractéristiques ou espèces.**

Le **niveau des eaux côtières** était nettement supérieur à la normale au cours de la chaude décennie 1990, inférieur à la normale de 1999 à 2002, et de nouveau légèrement supérieur en 2003.

Le **courant du Pacifique Nord** s'est fait sentir plus au nord à la fin de 2002 et au début de 2003, alors qu'El Niño était faible. Il s'écoule normalement vers l'est le long du 40<sup>e</sup> parallèle, en direction de l'Amérique du Nord. Au début de 2003, peut-être lorsque les vents de type El Niño se sont calmés dans le golfe d'Alaska, il est revenu à un cours plus normal.

Les **températures** enregistrées aux stations de phare étaient au-dessus de la normale au cours de l'hiver 2002/2003 le long de la côte ouest de l'île de Vancouver et normales pendant le reste de 2003. Dans le détroit de Géorgie et le nord de la Colombie-Britannique, les températures ont été plus élevées en 2003 qu'au cours des quatre années froides qui ont précédé.

Les **eaux océaniques de surface** de la zone économique exclusive canadienne (jusqu'à la limite des 200 milles) étaient elles aussi plus chaudes en 2003 qu'au cours des trois ou quatre années précédentes. Cependant, les eaux de subsurface à des profondeurs de 100 à 200 mètres ont continué de présenter les températures plus faibles qui caractérisaient le régime froid de 1999 à 2002, car il faut plus d'un an au réchauffement de la surface de l'océan pour pénétrer au-dessous des 100 mètres de profondeur.

En 2003, le **courant littoral** sur le plateau continental de l'île de Vancouver a connu un retour au courant moyen orienté vers le nord de la période de 1990 à 1996, après un changement graduel, mais remarquable, vers une composante orientée davantage sur l'équateur qui avait débuté en 2000. Ces deux fluctuations sont probablement attribuables à la configuration hivernale des vents décrite plus haut.

La croissance du **phytoplancton** au printemps 2003 sur le littoral sud-ouest de l'île de Vancouver a été plus faible que celle qui avait été observée par satellite pendant les quatre années froides qui avaient précédé, se rapprochant davantage de la faible croissance observée au printemps 1998, soit l'année chaude précédente.

D'après l'analyse préliminaire de quelques échantillons, la biomasse du **zooplancton pélagien** au printemps (mai-juin) était deux fois plus faible en 2003 qu'au cours des deux années froides qui avaient précédé. (Souvent, quand les eaux de surface se refroidissent, la teneur en nutriments augmente.) De juin à août 2003, il semble que les espèces subtropicales se sont propagées plus au nord et que les espèces boréales ont continué de bien survivre dans toute la région.

Le **zooplancton de la côte ouest de l'île de Vancouver** a subi les effets du courant El Niño de 2002/2003. La biomasse des espèces méridionales s'est accrue à la suite d'une augmentation de celle des espèces nordiques au cours des années 1999 à 2002, marquées par la froideur des eaux littorales. Pour

la plupart des espèces, les anomalies les plus fortes sont survenues au printemps et au début de l'été 2003, et la situation est presque revenue à la normale au début de l'automne.

La biomasse des larves et des adultes d'**euphausiacés** (*T. spinifera*) **du bassin de Barkley** en 2003 était la plus basse de toute la série chronologique; la biomasse des adultes était au moins 10 fois plus faible que la plupart des autres années et 100 fois plus faible qu'en 2000.

Le **merlu du Pacifique** se trouvait lui aussi plus au nord en 2003, comparativement à la période de 1999 à 2002, peut-être à cause du réchauffement des eaux du plateau continental ou de la propagation continue et normale vers le nord des merlus d'une certaine classe d'âge. La biomasse des merlus a augmenté en 2003 en raison de la croissance des individus de la classe d'âge de 1999, qui domine la population de la côte ouest.

Des langues californiennes (*Symphurus atricauda*) ont été observées en mai 2003 dans le bassin de Barkley; il s'agit de l'occurrence la plus septentrionale jamais signalée pour cette espèce. Ce phénomène va dans le sens du réchauffement des eaux et de la présence du faible courant El Niño en 2002/2003.

L'indice de l'**eulakane sur la côte ouest de l'île de Vancouver** s'est accru au cours des années froides de 1999 à 2002, mais il a légèrement fléchi au cours de 2003, une année plus chaude.

Les classes d'âge du **hareng** pour les années froides 2000 et 2001 sont importantes sur la côte ouest de l'île de Vancouver; elles devraient entraîner une amélioration du recrutement dans ce stock en 2003 et 2004. Le réchauffement des eaux en 2003 pourrait avoir un impact sur les stocks de harengs en accroissant le nombre de merlus, un prédateur de l'espèce.

Les **sardines** étaient rares lors des relevés au chalut effectués en 2003 au large de l'île de Vancouver, sauf dans le sud et dans certaines concentrations à l'embouchure des bras de mer. Leur nombre s'était accru pendant les années chaudes de la fin de la décennie 1990, mais il avait diminué pendant la période froide de 1999 à 2002. Le réchauffement de 2003 a probablement été trop bref et trop récent pour contrebalancer ce déclin.

Les conditions de croissance des **cohos juvéniles** au large du sud-ouest de la Colombie-Britannique ont été moins bonnes en 2002 et 2003 que pendant la période de 2001 à 2002, mais semblables aux conditions observées pendant les trois années froides qui avaient précédé. En général, les cohos juvéniles de cette région sont en meilleure santé quand les années sont froides; la détérioration de leur état qui a suivi l'hiver plus chaud de 2002/2003 confirme ce constat.

Le nombre de **saumons roses** retournant dans le Fraser a atteint un record en 2001 et, d'après les estimations, devait être élevé en 2003. (Ces saumons sont entrés dans l'océan en 2000 et 2002.)

Le nombre de **saumons rouges** retournant dans le Fraser a été supérieur aux attentes en 2002 et près de la moyenne en 2003.

En 2003, le **hareng du Pacifique** a connu sa plus forte biomasse dans le détroit de Géorgie depuis 1955. Les trois stocks d'adultes ont probablement bien répondu au régime froid qui a débuté en 1999. L'hiver chaud de 2002/2003 est trop récent pour avoir eu un impact sur les stocks actuels d'adultes.

La production chancelante de **stariques de Cassin** a été plus importante en 2003 qu'au cours des années chaudes de la décennie 1990, à l'île Triangle, au large du nord de l'île de Vancouver, mais plus faible que pendant les années froides de 1999 à 2002. Cette production varie probablement avec l'approvisionnement en proies, surtout les **lançons**, dont la biomasse varie elle aussi en fonction de la température locale, de la présence des nutriments et de la biomasse du plancton.

**Certaines caractéristiques océaniques ou espèces biologiques semblent n'avoir pas répondu tel que prévu ou de façon constante aux variations de la température de l'océan au cours des dernières années. On trouvera ci-dessous une liste d'exemples de non-réponse de certaines caractéristiques ou espèces.**

La **profondeur de la couche de mélange océanique** au milieu du golfe d'Alaska en hiver est généralement plus faible lors des hivers marqués par un courant de type El Niño. Cependant, bien que l'hiver 2003/2004 n'ait pas été marqué par un tel courant, la couche de mélange océanique qu'il a produite vient au deuxième rang en termes de faible profondeur depuis près de 50 ans.

La **salinité** à l'île Langara, au nord-ouest des îles de la Reine-Charlotte, a diminué chaque année depuis 2000, suivant ainsi une tendance générale vers l'adoucissement des eaux qui dure depuis 30 ans. Les autres stations littorales de Colombie-Britannique ne révèlent pas cette tendance des 30 dernières années.

Les **tourbillons Haïda** sont souvent plus importants et plus nombreux après un hiver chaud au niveau de mer élevé. On se serait donc attendu à de forts tourbillons en 2003. Au lieu de cela, ces derniers ont été faibles en 2003.

Les **guillemots marmettes** ont réussi à se reproduire sur l'île Triangle (76 % des couples ont élevé des petits jusqu'au départ de ceux-ci de la colonie) même si les autres espèces d'oiseaux ont échoué.

Les piètres conditions océaniques pour les **saumons juvéniles** observées dans le détroit de Géorgie en 2002 ont persisté en 2003, comme l'indiquent le faible nombre de prises et la faible taille moyenne des poissons. Les conditions océanographiques et climatiques ne montraient aucune tendance claire qui explique ce déclin depuis 2000-2001, et nous continuons d'étudier les causes sous-jacentes de cette variabilité à l'intérieur du régime actuel.

Les **saumons rouges juvéniles** présentent peut-être eux aussi un changement de comportement en ce qu'ils semblent passer beaucoup plus de temps dans le détroit de Géorgie que la documentation et notre expérience antérieure ne le laissent supposer.

## Table des matières

<b>Contexte</b>	<b>1</b>
<b>Résumé</b>	<b>1</b>
<b>Résumé par région</b>	<b>7</b>
Climat mondial .....	7
Golfe de l'Alaska .....	7
Côte ouest de l'île de Vancouver .....	8
Côte Nord.....	10
Basin de Géorgie et chenaux adjacents .....	11
<b>Climat mondial</b>	<b>11</b>
Indices climatiques.....	13
<b>Golfe de l'Alaska</b>	<b>19</b>
Anomalies de pression atmosphériques à grande échelle.....	19
Conditions le long de la ligne océanique P et à la station océanographe Papa .....	22
Profondeur de la couche de mélange et apport nutritif à la surface de la mer.....	30
Courants de surface .....	34
Variations à long terme du niveau de la mer.....	36
Données globales composites de SeaWiFS.....	37
Zooplancton du Pacifique Nord-Est .....	40
Prédateurs et populations d'euphausiacés .....	43
Merlus du Pacifique .....	45
<b>Côte ouest de l'île de Vancouver</b>	<b>49</b>
Conditions physiques .....	49
Données de surface de la mer.....	51
Données de sub-surface.....	55
Phytoplancton.....	59
La surveillance côtière à partir de nouvelles images satellitaires.....	61
Zooplancton.....	63
Crevette, eulakane et comparaison d'espèces .....	65
Hareng .....	67
Sardine du Pacifique.....	68
Saumon coho .....	70
Reproduction des oiseaux de mer sur l'île Triangle.....	73
<b>Côte Nord</b>	<b>76</b>
Température et salinité moyennes.....	76
Niveau de la mer en hiver et morue du Pacifique .....	76
Formation des tourbillons le long de la marge continentale.....	77
Hareng du détroit d'Hécate.....	79
<b>Détroit de Géorgie et les chenaux adjacents</b>	<b>82</b>
Fleuve Fraser .....	82
Température et salinité .....	83
Prolifération printanière et dates de début.....	86
Hareng .....	89
Saumon.....	90
<b>Interprétation des pêcheries et résultats spéculatifs</b>	<b>93</b>
Côte ouest de l'île de Vancouver .....	93
Côte Nord .....	93
Détroit de Géorgie et chenaux adjacents .....	94
<b>Contributeurs</b>	<b>94</b>
<b>Références</b>	<b>95</b>
<b>Citation exacte pour cette publication:</b>	<b>96</b>

## Résumé par région

### Climat mondial

Les températures mondiales sont demeurées bien au-dessus des conditions moyennes observées de 1960 à 1991, et 2003 a égalé la marque de 2002, qui était au deuxième rang des années les plus chaudes jamais enregistrées, 1998 ayant été la plus chaude.

La tendance pluridécennale vers une hausse des températures s'est maintenue, les plus fortes augmentations survenant sur les continents de l'hémisphère Nord.

Les valeurs de l'**indice d'oscillation australe** pour 2002/2003 indiquent qu'un faible courant El Niño s'est développé pendant la deuxième moitié de 2002 et a persisté jusqu'au début de 2003. Ce régime a été suivi, plus tard en 2003, par des conditions généralement normales, sans courant El Niño ou La Niña.

L'**oscillation décennale du Pacifique** (ODP) a pris de l'ampleur pendant toute la période 2002-2003, peut-être à cause de variations dans la circulation atmosphérique qui ont coïncidé avec le faible courant El Niño de 2002/2003. L'ODP a ensuite décliné, affichant des valeurs faibles vers la fin de 2003.

Le **mode de Victoria** de l'ODP était fortement positif depuis 1999, mais il a décliné pour atteindre de faibles valeurs positives en 2003 et au début de 2004. Ce déclin pourrait être attribuable au faible courant El Niño de 2002/2003. Les calculs de ce mode au début de 2004 reposent uniquement sur des observations faites en février, dans une région océanique réduite comparativement au mode standard de Victoria.

L'**indice d'oscillation de l'Arctique** était légèrement positif au début de 2003; il a diminué et a atteint des valeurs faibles plus tard au cours de l'année.

L'**indice de la dépression des Aléoutiennes** (IDA) était extrêmement élevé en 2002, ce qui indique une forte dépression des Aléoutiennes. Bien que moins élevée qu'en 2002, la valeur de l'IDA en 2003 reflète quand même une forte dépression des Aléoutiennes.

### Golfe de l'Alaska

La **dépression des Aléoutiennes** a été extrêmement forte en 1998; son intensité s'est modérée de 1999 à 2001, tandis qu'elle se déplaçait vers le nord. Ce déplacement vers le nord de 1999 à 2001 a poussé des eaux plus froides vers les régions du sud de la Colombie-Britannique. À l'hiver 2002/2003, le centre de cette dépression s'est déplacé vers le sud, et son intensité s'est renforcée à cause des conditions météorologiques associées à El Niño. La puissance des dépressions aléoutiennes est associée à une augmentation de la remontée des eaux et de la productivité au milieu du golfe d'Alaska et à une diminution de la remontée des eaux sur le littoral ouest du Canada. (La plongée des eaux se produit lorsque des eaux de surface chaudes et pauvres en nutriments envahissent une région, repoussant les eaux froides et riches en nutriments loin sous la surface. Lorsqu'il y a remontée, les eaux chaudes à la surface sont repoussées par les vents et remplacées à la surface de l'océan par des eaux froides et riches en nutriments qui remontent à partir des profondeurs.)

Une nouvelle analyse des pressions atmosphériques et des vents révèle que, de 1999 à 2002, les hivers dans le nord-est du Pacifique ont été dominés par un régime de temps qui avait été relativement faible au cours des décennies précédentes. Ce régime, appelé le **mode de Victoria** de l'oscillation décennale du Pacifique, a coïncidé avec le déplacement vers le nord de la dépression aléoutienne (décrit plus haut). Il a entraîné des eaux froides dans les régions littorales de la Colombie-Britannique, du Washington et de l'Oregon de 1999 à 2002.

Ces **eaux froides de subsurface** près de la côte ont été observées jusqu'à une profondeur d'environ 200 mètres; des froids anormaux records ont été enregistrés à des profondeurs de 100 à 200 mètres en 2002. Ces eaux froides de subsurface ont persisté jusqu'au début de 2004 et faibli par la suite.

Les **températures au sol** ont été plus chaudes en 2003 qu'en 2002 sur le littoral du Pacifique du Canada.

Les vents hivernaux refroidissent la surface de l'océan et mélangent les eaux de surface avec les eaux des profondeurs de l'océan, ce qui fait remonter des eaux riches en nutriments des profondeurs à la surface. Une bonne part du centre du golfe d'Alaska repose sur cet apport hivernal en nutriments qui assure la vie en surface. La profondeur à laquelle se trouve cette **couche de mélange superficielle** à la fin de l'hiver est donc un indicateur de l'apport en nutriments pour la croissance des espèces au printemps et à l'été. La couche de mélange hivernale au milieu du golfe se trouvait à une profondeur moindre pendant les hivers 2002/2003 et 2003/2004 que pendant tous les autres hivers depuis le début des relevés en 1956, en raison des anomalies notées plus haut (eaux chaudes à la surface et eaux froides en profondeur) et des vents relativement faibles. Ces deux records en termes de faible profondeur de la couche de mélange s'inscrivent dans une tendance de 45 ans vers la baisse de la profondeur de la couche de mélange au milieu du golfe en hiver.

Les **concentrations de nutriments** de l'océan ont réagi à cette baisse de profondeur de la couche de mélange. Les nitrates font partie des principaux nutriments de l'océan à faire l'objet d'une surveillance depuis quelques décennies. Les concentrations de nitrates au milieu du golfe étaient faibles dans les eaux de surface au cours des hivers 2002/2003 et 2003/2004, mais plus fortes à une profondeur de 100 mètres, juste au-dessous de la couche de mélange. En revanche, de 1980 au début de la décennie 1990, la teneur en nitrates était la même à la surface et à 100 m de profondeur. Fait intéressant, la teneur en nitrates à la surface se rapproche de la moyenne à long terme, tandis que la teneur en nitrates à 100 m de profondeur est très forte comparativement aux années antérieures.

Un programme d'échantillonnage du **zooplancton pélagien** qui dure depuis cinq ans a permis de constater que sa biomasse printanière (mai-juin) en pleine mer à la surface était environ deux fois plus faible en 2003 qu'au cours des deux années plus froides qui avaient précédé, bien qu'elle ait été semblable aux niveaux observés en 2000 et, au demeurant, pas inhabituelle (du moins dans la mesure où on peut déterminer une tendance "habituelle" à partir d'une série chronologique aussi brève). Ce programme d'échantillonnage établit la répartition spatiale nord-sud du zooplancton; il a permis de constater qu'à l'été 2003 les espèces méridionales ont accru leur concentration relative dans les portions nordiques du golfe et que les espèces boréales de zooplancton ont également bien survécu. Autrement dit, ces espèces ont davantage prospéré dans les mêmes régions qu'au cours de la décennie précédente, peut-être en raison des températures élevées de surface et faibles de subsurface.

On a observé des **merlus du Pacifique** plus au nord le long de la marge continentale du Canada en 2003 que lors du relevé précédent, effectué en 2001, bien qu'on n'en ait observé aucun au nord du milieu du détroit de la Reine-Charlotte. L'extension vers le nord de l'aire de répartition pourrait s'expliquer par la chaleur accrue des eaux de surface en 2003. La population de l'espèce est toujours dominée par la classe d'âge de 1999.

## Côte ouest de l'île de Vancouver

Les relevés des courants océaniques et des températures de subsurface sur le littoral ont débuté en 1990; la période de 1990 à 1996 sert de référence pour ce qui est des conditions normales dans la section qui suit.

L'année 2003 a marqué un retour à une **température de surface de la mer (TSM)** et à une **salinité de surface de la mer (SSM)** plus normales après une longue période de salinité élevée et de temps froid qui a débuté pendant La Niña de 1998/1999. La **tension du vent le long du littoral** et la **hauteur des vagues** se sont maintenues à des niveaux normaux en 2003. L'**indice de remontée des eaux** est revenu à la normale en 2003 après avoir connu des valeurs inférieures à la moyenne depuis le milieu de la décennie 1990. La variabilité de faible fréquence dans le **niveau de la mer** reflète celle de la SST depuis les années 1970; tout comme la SST, le **niveau de la mer** est revenu à la normale après avoir connu des valeurs inférieures à la moyenne depuis le milieu de 1998.

Les **températures de subsurface de l'océan** au-dessus de la pente continentale, à des profondeurs de 35, 100, 175 et 400 mètres, ont été plus élevées que la normale en janvier et février 2003, avant de se refroidir et de descendre sous la normale jusqu'à l'automne (la série de données se termine à la fin de septembre 2003).

En 2003, le **courant littoral sur la pente continentale** a été marqué par un retour à des conditions normales après un passage à un courant plus orienté vers le sud qui a débuté en 2000 et s'est poursuivi jusqu'en 2002.

Les observations par satellite des concentrations de **chlorophylle** le long de la côte **sud-ouest** de l'île de Vancouver indiquent qu'en 2003 la prolifération printanière du phytoplancton a débuté en mars, comme lors des deux années précédentes (2001 et 2002), plutôt qu'en avril, tel que l'indiquent les données SeaWiFS dont nous disposons pour les années antérieures (1998 à 2000). En 2003, l'amplitude de la prolifération printanière du phytoplancton dans les eaux intérieures a été moins marquée que pendant les années froides de 1999 à 2002. Les concentrations de chlorophylle ont rarement indiqué une prolifération printanière du phytoplancton le long de la côte **nord-ouest** de l'île de Vancouver entre 1998 et 2003; on n'y a observé une prolifération printanière qu'en 2001. En général, on observe des concentrations plus fortes à la fin de l'été le long de la côte **nord-ouest** de l'île. On a observé des concentrations de chlorophylle plus élevées sur les côtes **sud-ouest** et **nord-ouest** de l'île de Vancouver de juillet à septembre 2003; ces concentrations se trouvaient plus près du rivage en 2003 qu'en 2002.

Les observations du **zooplancton**, qui nécessitent des mesures à partir d'un navire, se sont poursuivies pendant toute l'année 2003 sur la côte ouest de l'île de Vancouver, bien que le nombre de périodes d'échantillonnage ait été inférieur à la moyenne en raison de lacunes sur le plan du financement et de la disponibilité des navires. En 2003, on a pu observer les effets, sur le zooplancton du sud-ouest de l'île de Vancouver, du faible courant El Niño survenu à la fin de 2002 et au début de 2003. Cette réponse peut s'interpréter comme un retour partiel (et probablement temporaire) à la communauté de zooplancton qui a caractérisé le milieu et la fin de la décennie 1990. Les espèces méridionales ont été nettement plus abondantes que la moyenne pendant toute l'année 2003. À l'automne 2003, les anomalies chez les populations de zooplancton étaient presque nulles.

On a poursuivi en 2003 le prélèvement d'**euphausiacés** dans le bassin de Barkley, qui vise à estimer la biomasse annuelle des larves (<10 mm) et des adultes (>9 mm) des deux espèces prédominantes (*Thysanoessa spinifera* et *Euphausia pacifica*). Les *T. spinifera* adultes d'une gamme particulière de tailles sont un aliment de choix du hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*), du merlu du Pacifique, de l'eulakane (*Thalichthys pacificus*) et des cohos (*Oncorhynchus kisutch*) juvéniles, tandis que les smolts de saumon rouge (*O. nerka*) et de saumon keta (*O. keta*) préfèrent des larves du *T. spinifera* de tailles diverses. Les biomasses du *T. spinifera* (larves et adultes) en 2003 étaient les plus faibles de la série chronologique; la biomasse des adultes était au moins 10 fois plus faible que pour la plupart des autres années et 100 fois plus faible qu'en 2000.

Chaque année, au mois de mai, on mesure l'abondance des **crevettes océaniques** et de plusieurs espèces de **poissons plats** au moyen de relevés au chalut de fond à petites mailles. L'abondance de ces espèces s'est accrue après 2000, pour culminer en 2002, mais elle a ensuite diminué en 2003.

On a observé une occurrence inhabituelle du *Symphurus atricauda* lors des relevés effectués en mai 2003 dans le bassin de Barkley. Il s'agit de la première occurrence signalée de cette espèce en Colombie-Britannique (jusqu'à là, l'occurrence la plus septentrionale sur le littoral ouest de l'Amérique du Nord était dans la baie de Yaquina, en Oregon). Ce phénomène reflète le réchauffement des eaux à l'hiver 2002/2003 et la présence du courant El Niño modéré qui a persisté jusqu'au début de 2003.

Les prises d'**eulakane** lors des relevés de crevettes effectués chaque année, en mai, au large de l'île de Vancouver ont servi à calculer un indice d'abondance des stocks d'eulakanes dans le sud de la Colombie-Britannique. Cet indice laisse supposer une forte augmentation de la population d'eulakanes depuis 1999 dans le sud de la Colombie-Britannique, jusqu'à des niveaux inégalés depuis dix ans; cet indice a toutefois légèrement régressé en 2003.

La productivité du stock de **hareng** de la côte ouest de l'île de Vancouver est en déclin depuis 1989, principalement à cause du faible taux de recrutement dans ce stock au cours de 6 des 10 dernières années (malgré les signes d'un certain rétablissement depuis deux ou trois ans). En 2003, la biomasse reproductrice s'est accrue jusqu'à atteindre la moyenne des deux dernières décennies.

Les conditions océaniques ont été plus favorables à la survie du **hareng** en 2000 et en 2001, ce qui devrait améliorer le taux de recrutement dans le stock en 2004.

La **sardine** est revenue dans les eaux littorales de l'Ouest canadien en 1992 et a atteint une biomasse record en 1998. Cependant, en 2003, les sardines ne sont apparues dans les eaux canadiennes qu'à la fin de juillet, et elles sont restées confinées aux bras de mer côtiers de l'île de Vancouver et à certaines portions du district de la Côte Centrale. Lors du relevé au chalut de 2003 au large de l'île de Vancouver, on n'a trouvé pratiquement aucune sardine dans les eaux du large, sauf dans le sud et dans quelques concentrations à l'embouchure des bras de mer.

Lors du relevé de 2003, on a constaté que les conditions de croissance du **saumon coho** au large du sud de la Colombie-Britannique étaient inférieures à celles de 2002, mais semblables à celles observées les autres années depuis 1998. La croissance du coho a été plus faible dans le détroit de Géorgie et plus forte dans la mer de Béring (baie de Bristol) que sur le littoral ouest de l'île de Vancouver.

Depuis 1994, les scientifiques du Centre de l'écologie de la faune examinent chaque année les populations d'**oiseaux de mer** à l'île Triangle, au large du nord-ouest de l'île de Vancouver. En général, la date d'accouplement de plusieurs espèces d'oiseaux de mer de la famille des Alcidés (pingouins, alques, puffins, guillemots, marmettes, mergules) a été plus tardive à l'île Triangle en 2003 que les années précédentes, et le succès de reproduction a été faible, ce qui laisse supposer un piètre état de santé chez les femelles au début de la saison, probablement à cause des concentrations de proies plus faibles que la normale dans les eaux environnantes.

## Côte nord

Les **températures de surface de la mer** (TSM) ont été plus élevées en 2003 que de 1999 à 2002 aux îles Langara et Bonilla, s'élevant jusqu'à des niveaux caractéristiques des années El Niño des décennies 1980 et 1990. Ce réchauffement est probablement attribuable à l'impact du courant El Niño de 2002/2003.

La **salinité de surface de la mer** (SSM) à l'île Bonilla était semblable aux niveaux observés les deux années précédentes, mais la salinité à l'île Langara a poursuivi son déclin à long terme qui avait débuté peu après 1970. On ignore la cause de cette tendance de la salinité, qui ne s'observe à aucune autre station de la Colombie-Britannique.

Une hypothèse de transport fondée sur le niveau de la mer ajusté en fonction de la pression à Prince Rupert a servi à expliquer les anomalies de recrutement dans le stock de **morues du Pacifique** dans le détroit d'Hécate. Le niveau élevé de la mer reflète un fort degré de transport de l'eau de mer le long du détroit, ce qui retire un grand nombre de larves du détroit d'Hécate en hiver et diminue ainsi le recrutement. Pendant toute la décennie 1990, le niveau de la mer a été très élevé et défavorable au recrutement. Le niveau de la mer (transport) a diminué après 1998 et, de 2000 à 2002, il a été assez bas pour permettre un taux de recrutement raisonnablement bon chez les morues du détroit d'Hécate. La hausse du niveau de la mer ajusté en fonction de la pression en 2003 laisse supposer que le recrutement futur se rapprochera de la normale.

Le transport au large causé par le **tourbillon Haïda** a été faible. Le tourbillon de 1998 a été le plus fort jamais observé, tandis que les tourbillons qui se sont formés de 1999 à 2003 étaient beaucoup plus faibles. Cependant, le tourbillon qui s'est formé à l'ouest des îles de la Reine-Charlotte à l'hiver 2004 est le plus fort depuis 1998.

Selon les indications dont nous disposons, les classes d'âge récentes du **hareng** dans la région du détroit d'Hécate à proximité des îles de la Reine-Charlotte sont demeurées faibles, sauf en 2003, tandis que celles des districts de Prince Rupert et de la Côte Centrale se sont renforcées, ce qui indique que les conditions de survie sont meilleures dans ces deux régions. On prévoit qu'en 2004 l'abondance dans les îles de la Reine-Charlotte et à Prince Rupert demeurera semblable aux niveaux récents, tandis que, dans le district de la Côte Centrale, le niveau pourrait diminuer légèrement pour atteindre celui de 2003.

## Détroit de Géorgie et chenaux adjacents

L'**accumulation de neige** au printemps 2003 dans le bassin du Fraser a été considérablement plus faible que la normale, ce qui a entraîné un écoulement plus faible que la normale du **Fraser** en 2003. Au printemps 2004, l'accumulation de neige était plus près de la normale. La crue nivale a culminé au début de juin 2003, avec un débit maximal d'environ  $7\,500\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Après cette pointe, le débit est demeuré sous les moyennes saisonnières pour le reste de l'année, sauf pendant une brève période à la fin d'octobre, lorsque de fortes pluies l'ont nettement accru.

La **salinité de surface de la mer** est demeurée au-dessus de la moyenne pendant la majeure partie de l'année, avec des anomalies variant d'environ 1 à 3 USP. Cependant, en octobre et novembre 2003, la salinité de la surface a nettement diminué en raison du fort débit du Fraser.

La **température de surface de la mer** dans le détroit de Géorgie est demeurée au-dessus de la normale pendant toute l'année 2003, avec des anomalies à l'île Entrance atteignant un maximum de presque  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  en août.

Les **températures de subsurface** dans le détroit de Géorgie ont été basses de 1999 à 2002, après l'année chaude de 1998. Cet épisode de froid a cependant été interrompu par des conditions nettement plus chaudes dans le détroit en 2003, peut-être à cause de la présence du faible courant El Niño à la fin de 2002 et au début de 2003.

Au cours de la dernière décennie, les conditions ont été exceptionnellement favorables aux harengs juvéniles dans le détroit de Géorgie. L'abondance de **harengs** dans le détroit de Géorgie a atteint un niveau record en 2003, soit près de 150 000 tonnes, dépassant le record historique de 1955.

Le changement de régime climatique qui s'est produit à la fin de 1998 s'est traduit par des variations des indicateurs du climat dans le détroit de Géorgie, notamment les températures de surface de la mer et la direction des vents dominants en hiver. Les impacts du changement de régime sur la productivité du détroit de Géorgie, d'abord observés en 2000, ont persisté jusqu'en 2003. On a constaté un nombre record de retours de **saumons roses** dans le Fraser en 2001 (poissons entrés dans l'océan en 2000). D'après des renseignements imprécis sur des poissons d'essai et des rapports anecdotiques émanant de pêches expérimentales, on estime que le nombre de retours de saumons roses en 2003 (poissons entrés dans l'océan en 2002) a été élevé. On a constaté un bon nombre de retours de **saumons rouges** dans le Fraser en 2002 et 2003, et la plus forte biomasse des **harengs du Pacifique** depuis 1955 en 2003.

Les relevés de septembre 2003 et 2002 ont permis de constater que les **cohos juvéniles** étaient de nouveau plus petits que ceux des relevés de septembre 2000 et 2001. Le nombre de **CPUE de cohos** en septembre a été peu élevé, comme en 2002. Cette réduction de la taille et des CPUE sont des indications d'une survie en mer réduite des cohos qui sont entrés dans le détroit de Géorgie en 2003. Par conséquent, on peut s'attendre à une abondance réduite résultant d'une baisse de la survie en mer lors du retour de la ponte de 2004.

L'année 2002 a été marquée par une augmentation du simple au triple du nombre de **blessures infligées aux saumons juvéniles par des lamproies à queue noire** dans le détroit de Géorgie comparativement aux taux observés de 1997 à 2001. Malheureusement, l'absence de relevés de saumons juvéniles en juillet 2003 dans le détroit de Géorgie nous empêche d'obtenir une estimation pour 2003.

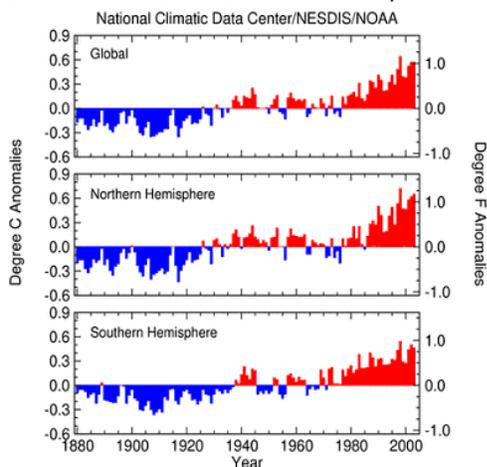
La taille moyenne des **saumons quinnats juvéniles** était plus grande en 2003 qu'en 2002, tout en demeurant inférieure aux valeurs observées en 2000 et 2001. Les kétas juvéniles observés en septembre 2003 étaient plus gros que ceux du relevé de 2002.

## Climat mondial

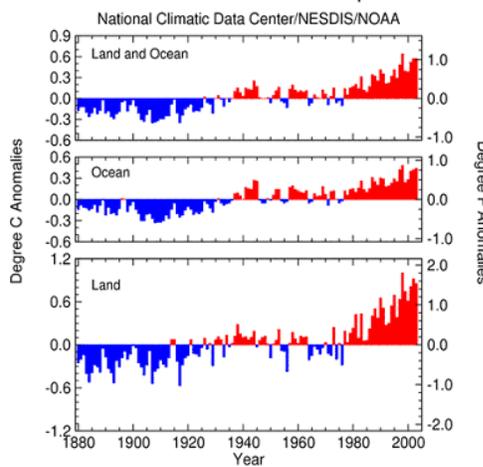
La température atmosphérique à l'échelle mondiale a nettement augmenté depuis 1976. Elle a enregistré des nouveaux records au cours des années 1997 et 1998 pendant seize mois. Même si depuis 1998 la hausse des températures mondiales a modérée, celles-ci demeurent sensiblement supérieures aux niveaux enregistrés avant 1976. La figure 2 démontre que quoique l'anomalie globale ait diminué par rapport aux

niveaux records connus en 1998, les conditions de réchauffement qui ont caractérisé les années 1990 se sont maintenues en 2003, et que les températures atmosphériques terrestres sont plus affectées que celles au-dessus des océans. En 2003, la température moyenne globale de l'air en surface égalait celle de 2002, et c'était la deuxième année la plus chaude depuis 1880. L'année 1998 a été l'année la plus chaude depuis 1880. (Sources: U.S. National Climatic Data Center et U.S. National Oceanic & Atmospheric Administration). À l'échelle régionale et selon les relevés des températures terrestres, en 2003, la côte Pacifique du Canada fut la neuvième année la plus chaude et la 12<sup>e</sup> année la plus sèche depuis 1948. (Source: Service météorologique du Canada).

Jan - Dec Land & Ocean Surface Mean Temp Anomalies



Jan - Dec Global Surface Mean Temp Anomalies



(a)

(b)

Figure 2 (a) Série chronologique des températures globales, qui démontrent les différences de température entre l'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud et que l'hémisphère Nord s'est réchauffé plus que l'hémisphère Sud depuis la dernière décennie.

(b) Série chronologique des températures globales, qui démontre les différences de température entre la terre et l'océan. Les températures terrestres ont augmenté environ deux fois plus que les températures océaniques au cours des deux dernières décennies. (Source: U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration.)

### Annual 2003 Temperature Anomalies

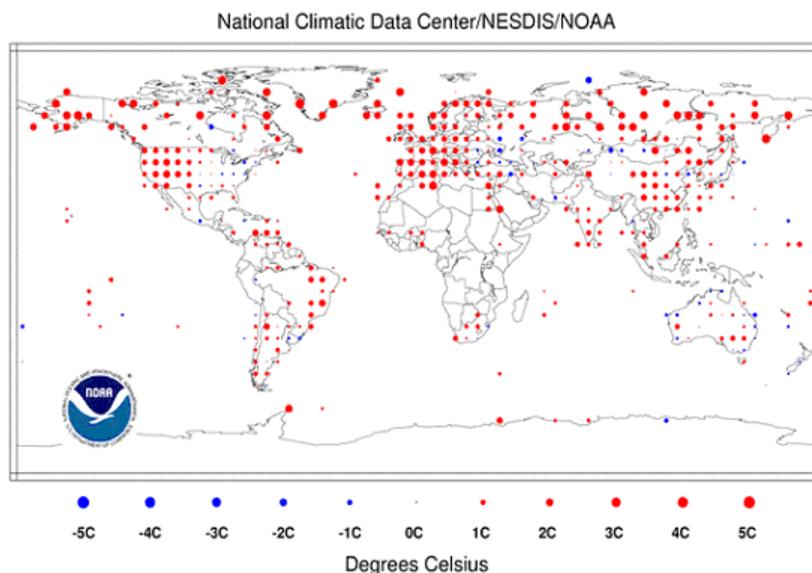


Figure 3. La distribution des anomalies de température en 2003 par rapport à la moyenne retrouvée entre 1960 et 1991. (Source: U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration.)

Sources Internet :

<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/anomalies/anomalies.html>

<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/2003/ann/ann03.html>

### **Indices climatiques**

De façon générale, les variations d'abondance des poissons sont souvent liées aux fluctuations des conditions climatiques et océaniques. Ces conditions peuvent demeurer plus ou moins stables pendant plusieurs années, mais peuvent aussi passer rapidement d'un régime à l'autre. Plusieurs indices ont été développés qui examinent ces conditions climatiques et océaniques. Dans cette section nous présentons et discutons d'un certain nombre de ces indices. De façon générale, l'observation de ces indices en 1998-1999 a enregistré un changement de régime dans le Pacifique subarctique et ces nouvelles conditions se sont perpétuées en 2002. Un faible El Niño vers la fin 2002 et au début de 2003 a provoqué un retour des conditions des années 1990 dans le Pacifique subarctique, avec des températures légèrement plus chaudes. Les conditions qui existaient depuis le début de 2003 semblent se retrouver entre le régime chaud des années fin 1990 et les années froides de 1999 à la mi 2002.

### **Oscillation australe, El Niño et La Niña.**

Des valeurs négatives importantes de l'indice d'oscillation australe (IOS, figure 4, panneau supérieur) sont associées aux manifestations de El Niño et de La Niña dans la région équatoriale du Pacifique. En règle générale, les événements El Niño provoquent des conditions climatiques plus chaudes dans le Pacifique Nord-Est et les événements La Niña (indiqués par de fortes valeurs positives de l'IOS) représentent des conditions climatiques anormales plus froides dans le Pacifique Nord-Est. Les années 1990 ont été marquées par plusieurs événements majeurs El Niño; le dernier de ceux-ci étant l'événement exceptionnellement fort de 1997/1998. Cet événement fut suivi par un événement La Niña en 1999, qui a duré jusqu'en 2001. Un faible El Niño s'est produit au cours de la dernière demie de l'année 2002 et a lentement diminué au début de l'année 2003. Cet événement El Niño a provoqué un renforcement du système de dépression des Aléoutiennes du golfe de l'Alaska au cours de l'hiver 2002-2003. (L'intensification de la dépression des Aléoutiennes suit souvent les événements El Niño et provoque de fortes valeurs négatives de l'IOS en hiver comme le fut constaté en 2002/2003.)

Selon la figure 4, l'IOS est calculée selon la méthode utilisée par le Australian Bureau of Meteorology Troup SOI; ce qui est l'anomalie normalisée de la différence entre la pression atmosphérique au niveau moyen de la mer (connu sous l'acronyme anglais MSLP) de l'île de Tahiti et celle de la ville de Darwin, en Australie. Elle est calculée comme suit :

$$IOS = 10 (P_{diff} - P_{diffav}) / SD_{(P_{diff})}, \text{ où}$$

$P_{diff}$  = (moyenne MSLP de Tahiti pour le mois) - (moyenne MSLP de Darwin pour le mois),

$P_{diffav}$  = moyenne à long terme de  $P_{diff}$  pour le mois en question, et

$SD_{(P_{diff})}$  = écart type à long terme de  $P_{diff}$  pour le mois en question.

La gamme des valeurs calculées par cette version de l'IOS se situe entre environ -35 et +35, et la valeur de l'IOS peut être représentée par un nombre entier. Lors des forts El Niño de 1988/89 et de 1997/1998, les valeurs de l'IOS se situaient entre -20 et -30. Le faible El Niño de 2003/2003 correspondait à un IOS de -10. Un tableau de valeurs mensuelles de l'IOS est disponible au

<http://www.bom.gov.au/climate/current/soihtm1.shtml>

### **Oscillation Arctique**

L'indice de l'oscillation arctique (figure 4: Indice AO) représente l'anomalie de la pression atmosphérique pondérée au niveau de la mer au nord de 20°N. Des anomalies positives se produisent lors du renforcement du tourbillon circumpolaire qui fait dévier les tempêtes vers la côte sud de la C.B., alors que des anomalies négatives font dévier l'air froid de l'Arctique vers le centre de l'Amérique du Nord. Durant la dernière demie de l'année 2003, l'indice était presque nul. De plus amples informations sont disponibles au [http://tao.atmos.washington.edu/data\\_sets/ao/](http://tao.atmos.washington.edu/data_sets/ao/).

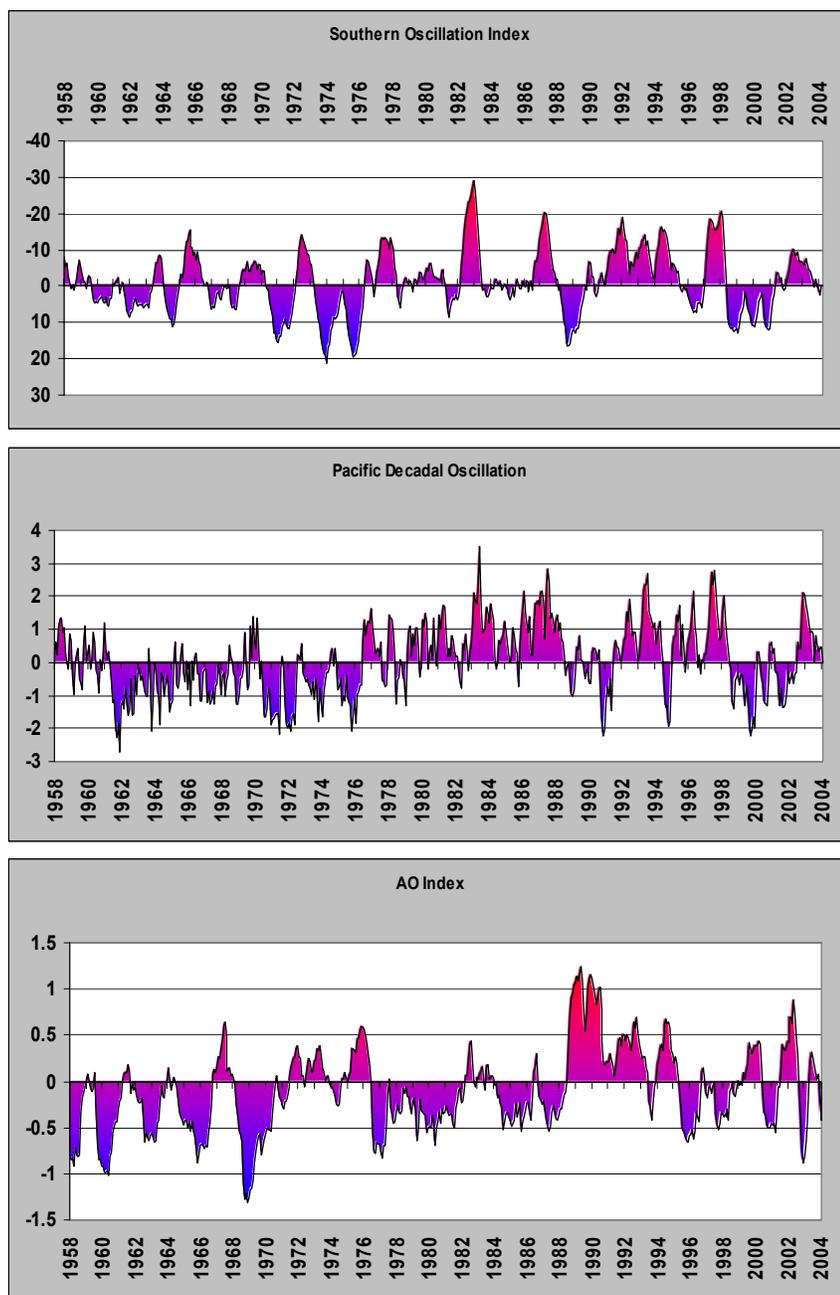


Figure 4: Les variations entre certains indices depuis 1958 et février 2004. L'échelle du panneau supérieur (IOS) a été inversée pour que les conditions côtières plus chaudes correspondent à un indice négatif.

### *Oscillation décennale du Pacifique*

L'oscillation décennale du Pacifique (ODP) est définie comme étant la **première** composante, PC1, d'une analyse EOF représentant la moyenne des anomalies de température de surface de la mer dans l'océan Pacifique au delà du 20<sup>ième</sup> degré de latitude nord entre novembre et mars (figures 5 et 6). En règle générale, cette oscillation est composée de deux phases: une **phase positive** associée au réchauffement de l'eau de surface du Pacifique Nord-Est et au refroidissement dans les régions centrales à l'ouest du Pacifique Nord, et une **phase négative** qui provoque des conditions thermiques inverses par rapport à la phase positive. 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 utilisé la **deuxième** composante, PC2, de l'analyse EOF, pour représenter les variations spatiales de la température de surface de la mer en fonction de la latitude dont la phase positive s'est manifestée entre 1999 et 2002 (figure 6,

série chronologique du PC2 provenant de Bond *et al.*, 2003). Afin d'éviter toute confusion, ce mode est fréquemment appelé "mode de Victoria", tandis que PC1 est appelé "ODP".

La première composante principale (PC1 ou ODP) de l'ODP (figure 6) représente les variations dominantes entre 1970 et 1989 et le changement de signe en 1977 correspond au changement du régime climatique dans l'océan Pacifique Nord-Est en 1977.

L'amplitude de la deuxième composante principale (PC2 ou mode de Victoria) a augmentée vers la fin des années 1980. Le mode de Victoria est resté négatif au cours des années 1990; sa phase positive, qui s'est manifestée entre 1997 et 1999, est associée au changement de régime climatique dans l'océan Pacifique Nord-Est en 1998/1999. La variabilité de la température et de la circulation du golfe de l'Alaska depuis 1989 peut être attribuée au mode de Victoria, qui est représenté à la figure 6 et discuté plus loin dans ce rapport.

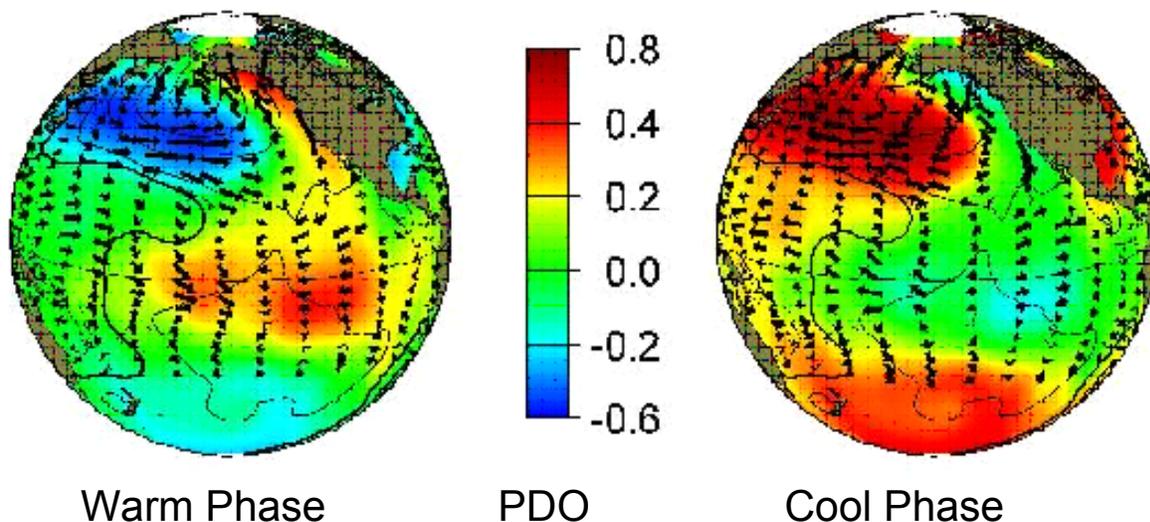


Figure 5. Températures normales de surface de la mer en hiver (en couleur), la pression au niveau de la mer (courbes) et la force d'entraînement du vent de surface (flèches), la variation des anomalies pendant les phases chaudes (gauche) et froides (droite) de la première composante principale, PC1, de l'ODP. L'échelle indique l'amplitude spatiale du mode ODP.

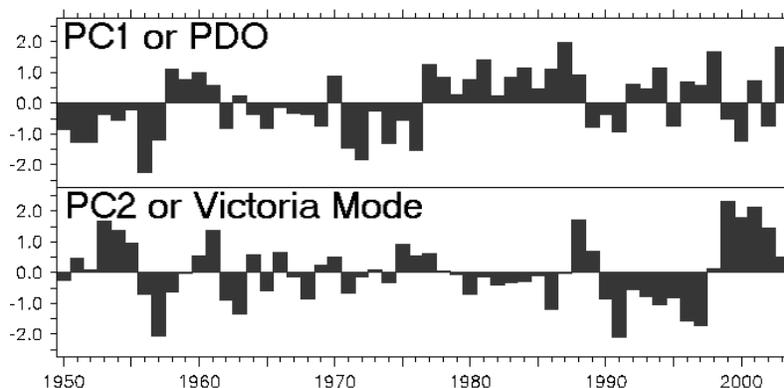


Figure 6. La première composante principale (partie supérieure) d'une analyse EOF de la température de surface de la mer en hiver dans le Pacifique Nord au delà du 20ième degré de latitude nord; ce qui représente la variation de l'indice d'oscillation décennale du Pacifique (ODP). La deuxième composante (partie inférieure) est la deuxième variation découlant de la même analyse, appelée PC2 ou mode de Victoria, et démontre un changement vers une forte amplitude depuis les années 1990 où l'amplitude passe du négatif au positif en 1997 et 1999. (Source: Bond *et al.*, 2003.)

Le mode de Victoria est demeuré sensiblement faible mais positif au cours de l'hiver des années 2002-2003 et celui de 2003/2004, mais l'amplitude positive de l'ODP a augmentée au cours de l'hiver 2002/2003; ce qui peut être relié aux changements dans le système de dépression des Aléoutiennes

correspondant au El Niño 2002/2003. L'ODP était aussi sensiblement faible mais positive durant l'hiver 2003/2004.

De plus amples informations sont disponibles au <http://tao.atmos.washington.edu/pdo/>

### **Modes de températures du Pacifique Nord, 1982-2004.**

Afin d'analyser sous tous les angles la variabilité à l'échelle du bassin, les modes d'EOF de la température de surface de la mer ont été calculés à partir d'une grille de données de température de haute résolution provenant des données mensuelles moyennes retrouvées entre 1982 et avril 2004 de la version 2 du *Reynolds Optimally Interpolated SST* (McKinnell, 2004). Chaque mois fut analysé indépendamment en utilisant une échelle latitudinale allant entre 20°N et 60°N dans l'océan Pacifique Nord. Cette analyse comprend une plus courte période que l'indice standard de l'ODP (23 ans par rapport à 53 ans pour l'ODP), cependant elle comprend une résolution spatiale plus élevée (résolution 1° par rapport à 2° pour l'ODP), et la technologie et l'intensité des prélèvements utilisées pour déterminer la TSM mensuelle moyenne (en grande partie provenant des satellites) sont plus uniformes que les résultats de l'analyse plus longue. Cette nouvelle analyse examine les données du mois de février seulement. Les résultats indiquent deux variations spatiales distinctes semblables aux modes de Victoria et de l'ODP indiqués ci-dessus, mais dans ce cas-ci le mode de Victoria \* est plus dominant (\* dénote ce calcul à plus haute résolution.) Ceci n'est pas surprenant étant donné la dominance du mode de Victoria depuis 1989 qu'on observe à la figure 6. En février, la variation spatial du mode de Victoria \* entre 1982 et 2004 est caractérisée (figure 7) par une région elliptique de la plus forte corrélation qui est centrée dans les régions subtropicales près de 31°N 175°W et qui comprend le sud-ouest. La corrélation la plus élevée du signe inverse a été observée le long d'un arc bien défini qui comprend l'ouest de la péninsule de la Basse Californie et qui traverse la partie ouest du golfe de l'Alaska et la région ouest de la station Papa (51°N, 155°W) jusqu'à la partie ouest de la mer de Bering (56°N, 168°E).

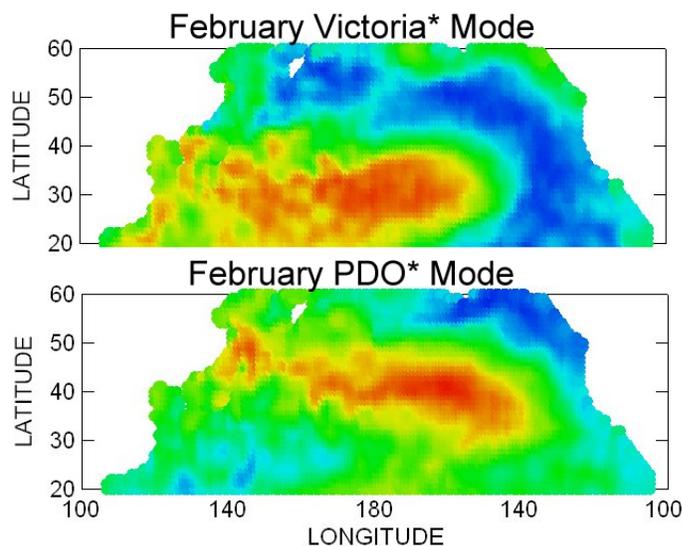


Figure 7. Variations de la température de surface de la mer à partir d'une analyse des données océanographiques recueillies entre 1981 et 2004 qui se sert des données du mois de février de chaque année.

Ce résultat reconnaît les propos faits par *Bond et al. (2003)* "que le plus grand changement ces dernières années est une phase fortement négative de PC2 rencontrée au cours des années 1990 suivie d'une phase positive rencontrée au début de l'année 1999." La portée de cette analyse a été prolongée pour inclure l'année 2004 et comprend une série chronologique des amplitudes pour les modes de Victoria \* et de l'ODP \* illustrée à la figure 8 ci-dessous. L'amplitude du mode de Victoria\* a diminué jusqu'à devenir presque nulle au cours de l'hiver El Niño de l'année 2002/2003 et ce

niveau s'est maintenu jusqu'en 2004. Le mode de l'ODP \* a augmenté à un très haut niveau en février 2003, comme se produit souvent pendant un El Niño et a diminué au point qu'il devienne presque nul en février 2004 où cette tendance s'est maintenu jusqu'au printemps 2004. Par conséquent les modes de Victoria \* et de l'ODP \* étaient presque nuls au cours de l'hiver 2003/04.

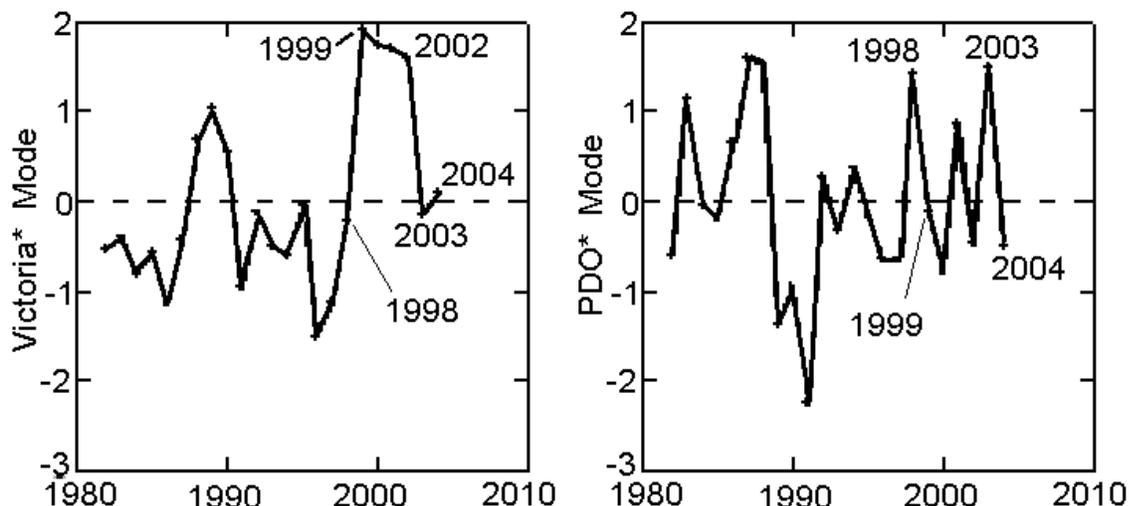


Figure 8. Série chronologique des amplitudes du mode de Victoria et de l'ODP en février révélées au cours d'une analyse des relevés de température de surface de la mer depuis 1982. La dernière donnée représente celle de février 2004.

### L'indice de dépression des Aléoutiennes (ALPI)

Cet indice mesure l'intensité relative du système de dépression des Aléoutiennes du Pacifique Nord-Est (entre décembre et mars). Cet indice est calculé selon la moyenne de l'aire ( $\text{km}^2$ ) qui comporte une pression atmosphérique au niveau de la mer inférieure à 100.5 kPa et qui est exprimé comme une anomalie par rapport à la moyenne de 1950 à 1997. Un indice positif indique une dépression des Aléoutiennes qui est plus ou moins forte ou intense (Beamish *et al.*, 1997). Elle est souvent plus forte et couvre une plus grande région géographique durant les hivers El Niño, parce que les systèmes atmosphériques équatoriaux qui engendrent la formation d'un El Niño renforcent également le système de dépression des Aléoutiennes dans le golfe de l'Alaska.

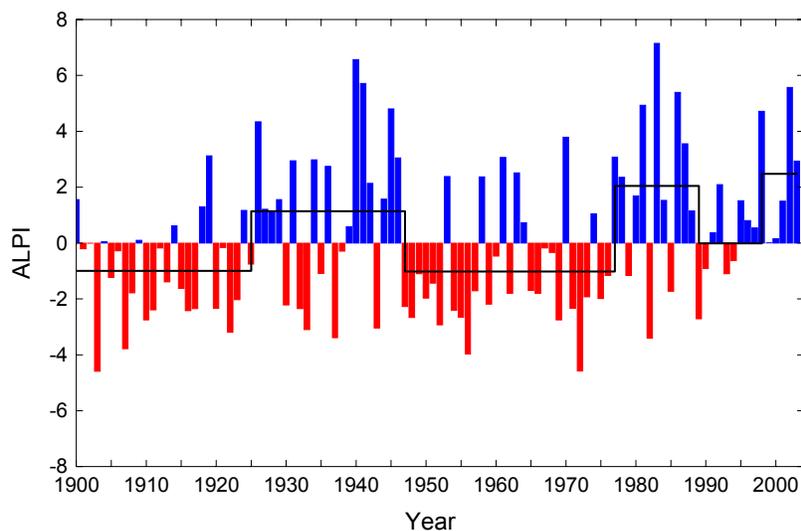


Figure 9. L'indice de dépression des Aléoutiennes (ALPI). Les lignes horizontales continues représentent la valeur moyenne de l'indice pour chaque régime. Depuis ce changement de régime climatique en 1998, le système de dépression des Aléoutiennes a été relativement fort tel qu'indiqué par la reprise des grandes valeurs positives. Les données sur ce sujet sont disponibles au site web [http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/sa-mfpd/climate/clm\\_indx\\_alpi.htm](http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/sa-mfpd/climate/clm_indx_alpi.htm).

Des dépressions intenses des Aléoutiennes furent observées entre 1977 et 1988 et encore en 1991/92 et en 1997/98, comme l'indique les valeurs positives élevées de l'ALPI à la figure 9. À la différence des autres indices, l'ALPI n'a pas changé de signe en 1998/99 mais est demeuré positif depuis 1995 (bien qu'avec

une très faible amplitude en 1999). En 2002, la valeur de l'ALPI était très élevée, ce qui indique une forte dépression des Aléoutiennes. Tandis que la valeur de l'ALPI en 2003 n'était pas aussi élevée que celle de 2002, elle indiquait quand même une forte dépression des Aléoutiennes.

### ***L'indice de la hauteur de la surface de la mer (SSH)***

Le rapport sur l'état de l'océan en 2002 a introduit un indice de la variabilité océanique pour l'océan Pacifique Nord-Est, établi à partir d'observations de la **hauteur de la surface de la mer (SSH)** recueillies par satellite. Cet indice, connu sous l'acronyme **SSH**, vient compléter l'indice standard de l'oscillation décennale du Pacifique (ODP) établi en fonction de la **température de surface de la mer (TSM)**. Les altimètres satellitaires mesurent les anomalies de hauteur de la surface de la mer (SSH) au-dessus de l'océan mondiale. En règle générale, les anomalies froides de TSM sont associées à une baisse du niveau de la mer et à un indice négatif de la SSH. Pour cette analyse, nous utilisons les données de la SSH sur une grille de 1 degré de résolution spatiale qui ont été fournies par Dr Gary Mitchum de l'Université de la Floride du sud.

L'OPD est défini comme le premier élément de l'analyse orthogonale empirique (EOF) des observations extratropicales de la température de surface de la mer (TSM). De la même façon, l'indice établi en fonction de la SSH est défini en termes de la première composante importante de l'analyse EOF des données de la SSH. Le résultat de cette analyse est la série chronologique de la SSH qui fournit de l'information sur le mode dominant de la variabilité de la SSH à partir des altimètres satellitaires TOPEX/POSEIDON et Jason sur une période de onze ans entre janvier 1993 et décembre 2003.

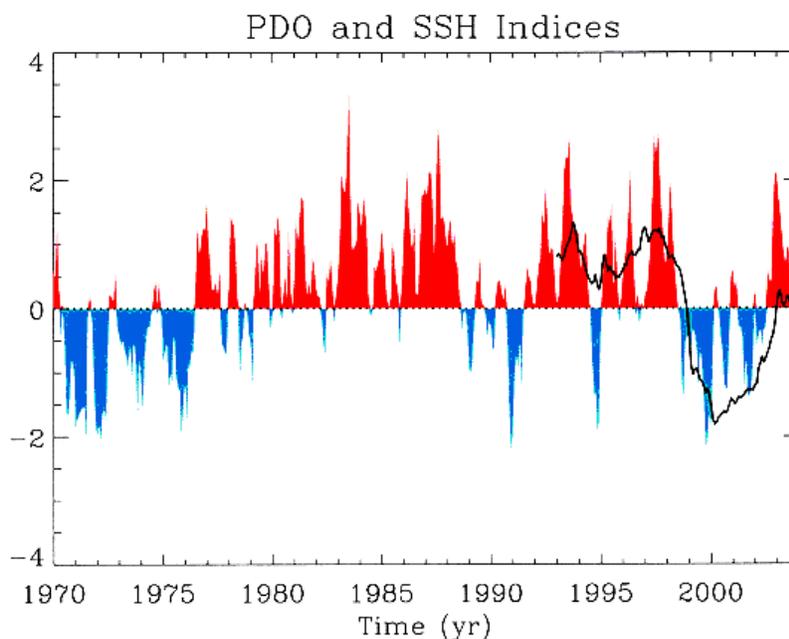


Figure 10. L'indice de l'ODP indique la phase froide en bleu et la phase chaude en rouge. La courbe noire en trait plein affiche l'indice de la SSH et les valeurs positives (négatives) correspondent à la hausse (baisse) du niveau de la mer au large de la côte ouest de l'Amérique du Nord.

L'analyse EOF de la hauteur de la surface de la mer (SSH) a été effectuée sur une partie du Pacifique Nord-Est et est délimitée comme suit: la côte de l'Amérique du Nord, la ligne de changement de date au 180<sup>ième</sup> degré de longitude ouest et le long du 30<sup>ième</sup> degré de latitude nord. Cette région est plus petite que celle utilisée pour calculer l'indice de l'ODP et elle se concentre tout particulièrement sur les changements qui se produisent dans la région où se trouve l'habitat principal des stocks de saumon du Pacifique Nord-Est. (L'indice de la SSH n'est pas très sensible à l'analyse d'une région élargie.)

La figure 10 démontre les valeurs historiques de l'indice de l'ODP, ainsi que l'indice de la SSH pour la période entre janvier 1993 et décembre 2003. (L'indice de la SSH est limité à une région du Pacifique le long du golfe de l'Alaska et peut donner plus de poids aux modes de l'OPD et de Victoria concernant

l'oscillation décennale du Pacifique associée au système de dépression des Aléoutiennes.)

Les modes de l'ODP et de l'indice de la SSH sont étroitement liés, comme l'explique la figure 10. Cependant, l'indice de la SSH est moins assujéti à la variabilité à haute fréquence, ce qui est préférable pour caractériser les changements à long terme de l'état de l'océan. Ceci est probablement dû au fait que l'indice de la SSH dépend de la chaleur et du mouvement de la masse entière de l'océan, tandis que la TSM est sensible aux températures de surface de la mer uniquement. Par conséquent, l'indice de la SSH a une plus grande "inertie" que la TSM et est alors moins assujéti à la variabilité à court terme. Autrement dit, le temps de décorrélation de la TSM est plus court que celui de l'indice de la SSH.

Les deux indices présentés à la figure 10 indiquent que des changements significatifs dans les conditions de la région du Pacifique Nord se sont produits au cours des années 1998/99 et que ces changements ont persisté jusqu'en 2002. Ces changements sont marqués par une TSM plus froide et par une baisse de la hauteur de la surface de la mer dans le Pacifique Nord-Est. Cependant, vers la fin de l'année 2002, un faible El Niño dans les tropiques a entraîné des conditions atmosphériques qui ont produit des TSM anormalement chaudes et des SSH plus élevées dans le Pacifique Nord-Est, menant à un changement du signe de l'index de l'ODP ainsi qu'à des faibles anomalies positives de l'indice de la SSH. Vers la fin de 2003, l'amplitude de l'indice de la SSH était faible.

## Le golfe de l'Alaska

### *Anomalies de pression atmosphérique à grande échelle*

Une grande partie de la variabilité décennale des conditions océaniques du golfe de l'Alaska s'explique par les vents dominants persistants au-dessus du golfe qui entraînent des régimes dans l'océan. Ces régimes peuvent changer en moins d'une année si le vent change. La figure 11 présente des versions annotées de 4 panneaux publiés par Bond *et al.* (2003) afin d'expliquer certaines caractéristiques exceptionnelles du golfe. Les panneaux de gauche démontrent des moyennes des simulations de pression atmosphérique à la surface de la mer effectuées par le U.S. National Center for Environmental Prediction (NCEP). Les flèches dans les panneaux de gauche démontrent les anomalies de vent dues aux systèmes de pression atmosphérique. Dans l'hémisphère Nord, ces vents soufflent toujours dans le sens d'une aiguille d'une montre autour du système de haute pression atmosphérique et dans le sens contraire autour d'un système de dépression atmosphérique. Les panneaux de droite présente les moyennes des températures de surface de la mer. (Pour obtenir un sommaire de Bond *et al.* 2003, allez au site web suivant : <http://www.gsfc.nasa.gov/topstory/2004/0226northpacific.html>).

Les vents froids qui ont soufflé du nord-ouest le long de la côte ouest de l'Amérique du Nord entre 1972 et 1976 ou, ce qui est plus probable, des vents plus faibles soufflant du sud-est représentent la phase froide de l'oscillation décennale Pacifique (OPD). Ces conditions ont provoquées le refroidissement de l'eau le long de la côte ouest. Les eaux à l'intérieur d'un système de haute pression atmosphérique tendent à couler vers le milieu de ce système et repoussent les eaux chaudes de surface; ce qui produit une anomalie chaude, comme l'indique le panneau de droite à la figure 11a près de 35°N, 160°W.

À la suite du El Niño de 1976/77, le changement de pression atmosphérique de l'hiver dans le golfe de l'Alaska a entraîné une nouvelle phase chaude de l'oscillation décennale Pacifique qui a duré presque toute la décennie des années 80. Les pressions atmosphériques des hivers 1977-1981 démontrent cette caractéristique à la figure 11b qui représente pratiquement l'inverse de la phase froide qui l'a précédée de 1972 à 1976. Vu ces conditions qui existaient de 1977 à 1981, des vents chauds d'hiver ont été activés. Ils provenant du sud et le long de la côte ouest et ont repoussé les eaux chaudes vers le nord, le long de la côte. Ces vents repoussent les eaux chaudes provenant du El Niño loin vers le nord le long de la côte. Quand le El Niño arrive, il accentue souvent la dépression des Aléoutiennes et provoque une intensification des vents. Pour cette raison, la phase chaude de l'ODP augmente le réchauffement provoqué par un épisode El Niño autour de la côte du golfe de l'Alaska. Les eaux de surface de l'océan à l'intérieur d'un système atmosphérique de basse pression a tendance à se déplacer hors de ce système, créant une anomalie froide près du centre de cette dépression, comme l'indique le panneau de droite à la figure 11b près de 35°N, 160°W.

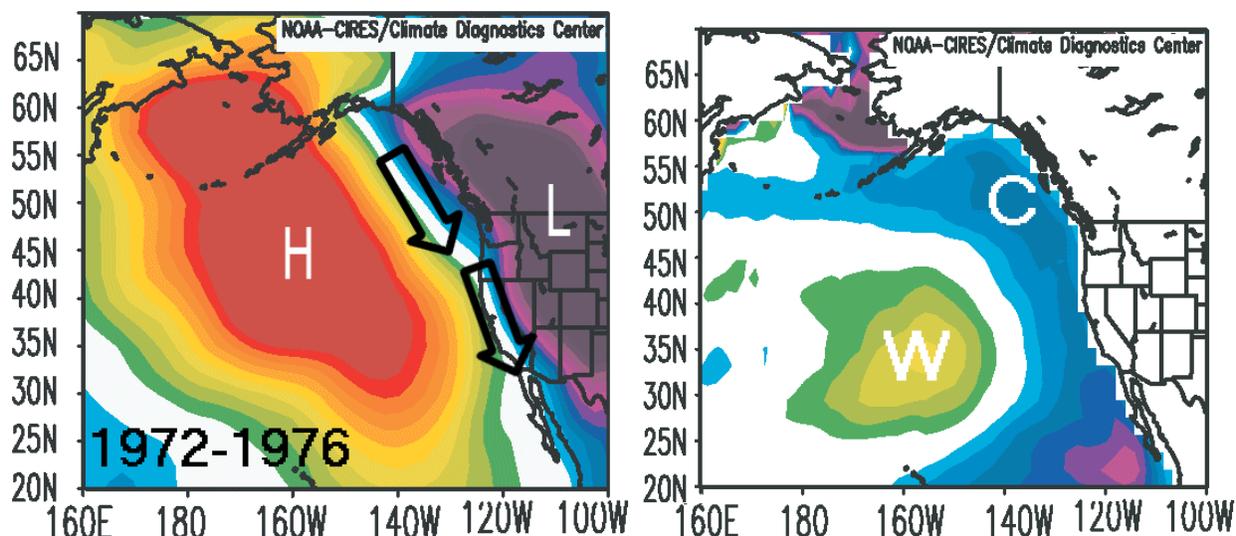


Figure 11a. Le panneau de gauche présente des anomalies de pression atmosphérique au niveau de la mer entre les hivers 1972 et 1976. Les lettres H et L dénotent des fortes (H) et faibles (L) anomalies de pression atmosphérique. Les flèches indiquent des anomalies de vent dues à ces pressions atmosphériques. Le panneau de droite présente une carte des anomalies de température de surface de la mer pour la même période; les lettres W et C dénotent les anomalies chaudes (W) et froides (C) (adaptés de Bond *et al.*, 2003).

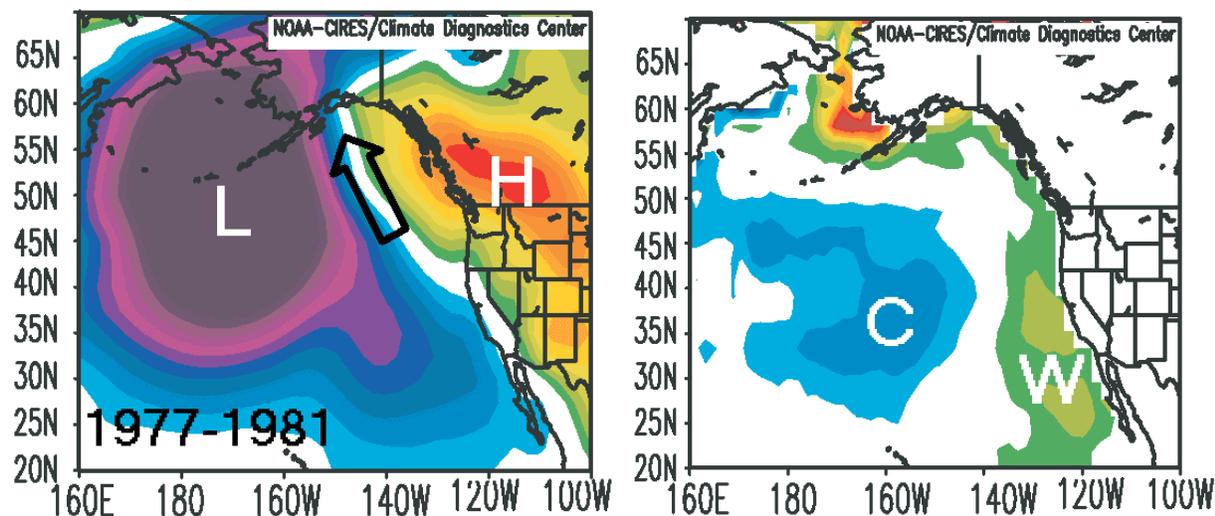


Figure 11b. Le panneau de gauche présente des anomalies de pression atmosphérique au niveau de la mer au cours des hivers 1977-1981. Les lettres H et L dénotent des fortes (H) et des faibles (L) anomalies de pression atmosphérique. Les flèches indiquent des anomalies de vent dues à ces pressions atmosphériques. Le panneau de droite présente une carte des anomalies de température de surface de la mer pour la même période; les lettres W et C dénotent les anomalies chaudes (W) et froides (C) (adaptés de Bond *et al.*, 2003).

Lors de l'intense La Niña de 1999, on a d'abord pensé que le PDO s'était inversé encore une fois vers une phase froide. Il a plutôt changé de phase et a également changé de forme. On a constaté que la pression atmosphérique s'était élevée durant les hivers 1999-2002 dans le sud de la région indiquée à la figure 11c seulement. Dans la partie nord du golfe de l'Alaska, les pressions atmosphériques étaient plus basses et elles étaient plus centrées près des îles Aléoutiennes par rapport à celles de la phase froide qui l'avait précédée. Ce mode de circulation avait été observé antérieurement, mais sa force était exceptionnellement forte durant cette période et il est maintenant connu sous le nom du mode de Victoria. Les vents du nord-ouest ont apporté des anomalies froides de température de la mer vers la côte ouest des 48 états inférieurs des États-Unis. De moins fortes anomalies océaniques anormales ont été observées dans les régions

côtières du Canada et du sud-est de l'Alaska. Encore une fois, l'eau chaude est apparue à l'intérieur du système de haute pression atmosphérique près de 33°N, 170°W.

Le mode de Victoria n'a pas survécu le faible El Niño de 2002 et 2003 et les pressions atmosphériques de cet hiver (figure 11d) furent semblables à celles des hivers typiques d'un El Niño et d'une ODP chaude (positive). Des vents plus forts provenant du sud le long de la côte ont poussé l'eau plus chaude de surface vers la côte, mais ont failli se faire sentir à 100 mètres de profondeur; ce qui a refroidi les eaux situées entre 100 et 150 mètres au-dessous de la surface, tel qu'illustré plus tard dans cette section. L'eau froide de surface de la mer est apparue à l'intérieur du système atmosphérique de basse pression près de 43°N, 170°W.

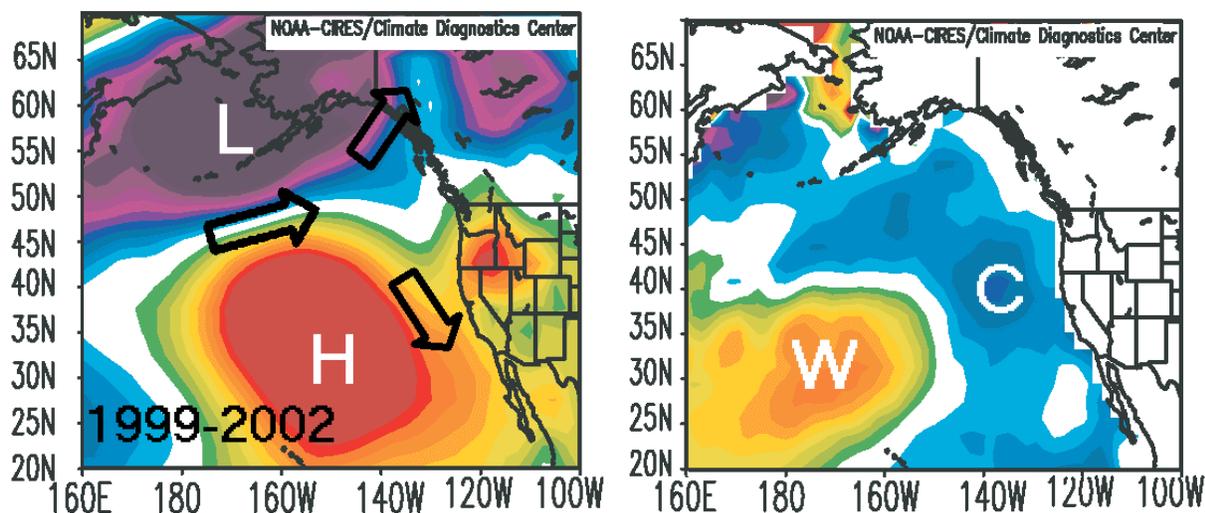


Figure 11c. Le panneau de gauche présente les anomalies de pression atmosphérique au niveau de la mer des hivers 1999-2002. Les lettres H et L dénotent les anomalies fortes (H) et faibles (L) de la pression atmosphérique. Les flèches indiquent les anomalies du vent dues à ces pressions. Le panneau de droite présente une carte des anomalies de température de surface de la mer durant cette même période; les lettres W et C dénotent les anomalies chaudes (W) et froides (C) (adaptés de Bond *et al.*, 2003).

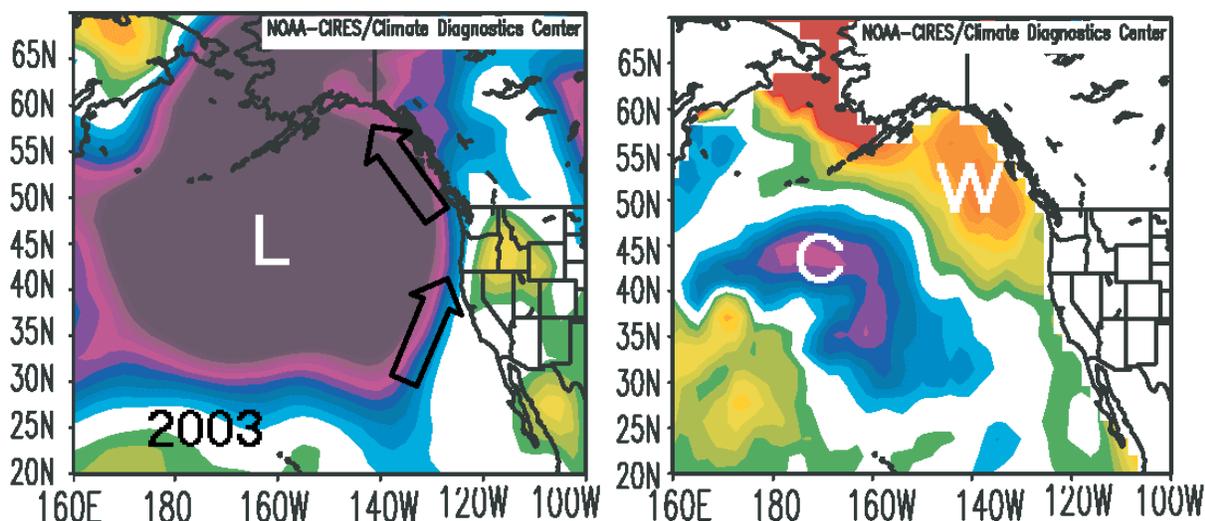


Figure 11d. Le panneau de gauche présente les anomalies de pression atmosphérique au niveau de la mer au cours de l'hiver 2003. Les lettres H et L dénotent les anomalies de pression atmosphérique fortes (H) et faibles (L). Les flèches indiquent des anomalies du vent dues à ces pressions atmosphériques. Le panneau de droite présente une carte des anomalies de température de surface de la mer durant cette même période; les lettres W et C dénotent les anomalies chaudes (W) et froides (C) (adaptés de Bond *et al.*, 2003).

### *Les conditions le long de la ligne océanique P et à la station océanographique Papa dans le golfe de l'Alaska*

#### *Anomalies de température*

La ligne océanique P représente un relevé des stations océanographiques prélevées par Pêches et Océans Canada trois fois par année afin de surveiller les variations des propriétés de l'eau. La ligne océanique P s'étend sur 1400 kilomètres à partir de la côte sud de l'île de Vancouver jusqu'à la station océanographique Papa (OSP) située au 50°N, 145°W dans le golfe de l'Alaska. La ligne de Newport est prélevée régulièrement par des océanographes américains. L'emplacement des deux stations est indiqué à la figure 12.

Nous avons remarqué un apport d'eau froide provenant de la région subarctique, situé à une profondeur de 120 mètres le long de la ligne océanique P et de la ligne de Newport dans la partie est du golfe de l'Alaska au cours de l'année 2002 et au début de l'année 2003. Cet événement froid eut lieu en même temps qu'un réchauffement à grande échelle des eaux de surface de la partie est du golfe de l'Alaska. Ces événements ont été décrits par by Freeland *et al* 2003 et des informations complémentaires ont été publiées par Bograd et Lynn (2003), Kosro (2003) et Wheeler *et al* (2003). Les anomalies chaudes et froides se sont affaiblies au cours de l'année 2003 et en début de l'année 2004.

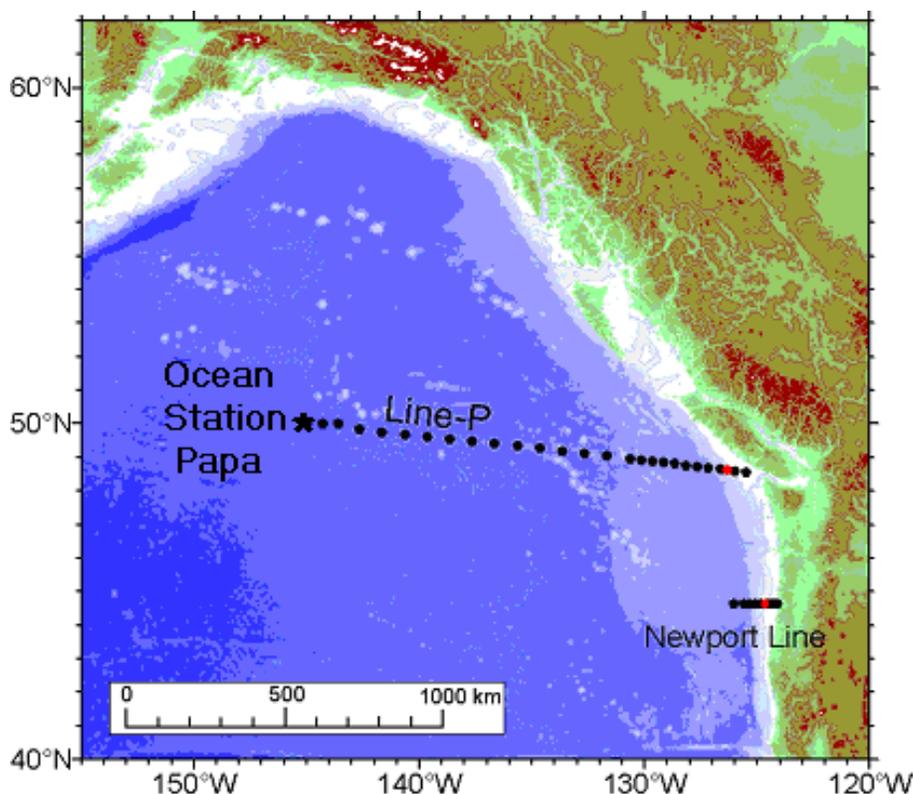


Figure 12. Les emplacements des stations océanographiques de la ligne de Newport et de la ligne P. Les points rouges dénotent les stations sur la pente continentale où l'eau était anormalement froide en 2002.

Les trois diagrammes de la figure 13 montrent les écarts de température par rapport à la norme le long de la ligne océanique P en février (plein hiver dans le golfe de l'Alaska) et en juillet de 2003, aussi bien qu'en février de 2004. L'intrusion d'eau froide, située à une profondeur d'un peu plus de 100 mètres, était très forte en février 2002 (pas montrée), son effet était alors plus faible mais encore présent en février 2003 et encore plus faible en février 2004. L'anomalie très chaude près de la surface s'est également affaiblie au cours de l'année 2003. L'eau froide, située à une profondeur d'un peu plus de 100 mètres, était aussi légèrement moins salée par rapport à la norme de 2003; qui a eu pour effet de contrebalancer le changement de densité.

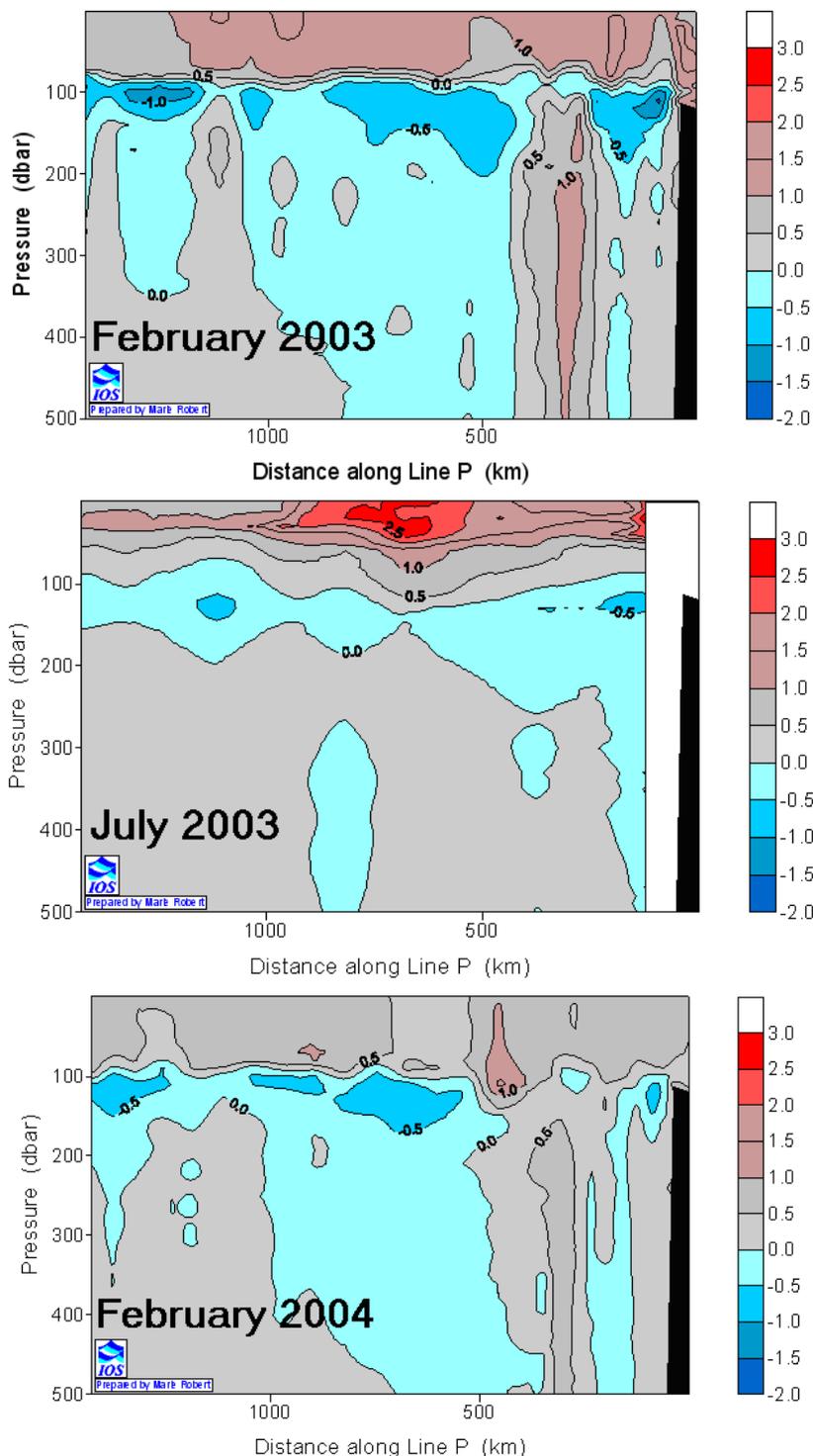


Figure 13: Anomalies de température (°C) le long de la ligne océanique P à l'ouest du détroit de Juan de Fuca. Les axes verticaux dénotent la profondeur de l'eau mesurée par des sondes de pression qui font partie des profileurs. Une augmentation de pression d'un décibar (dbar) correspond à une augmentation dans la profondeur d'eau d'un mètre. Au mois de février, des mesures ont été prises à partir du NGCC John P. Tully et des mesures ont été prises à partir des profileurs Argo en juillet.

#### *Température à 10 mètres et à 120 mètres de profondeur*

Les cartes ci-dessous représentent les températures durant l'été et leurs anomalies dans le golfe de l'Alaska à 10 et à 120 m de profondeur.

La figure 14 montre les cartes des températures moyennes à 10 et à 120 m de profondeur au cours de l'été. Ces cartes des températures de l'océan en été (du 1<sup>er</sup> juillet au 30 septembre) ont été établies à partir des profils archivés des températures observées pendant les années sans El Niño ni La Niña. Ces données archivées couvrent la période des années 1929 à 2002 et ont été extraites du Service des données sur le milieu marin à Ottawa, du U.S. National Ocean Data Centre à Washington, DC et de l'Institut des sciences de la mer en Colombie-Britannique.

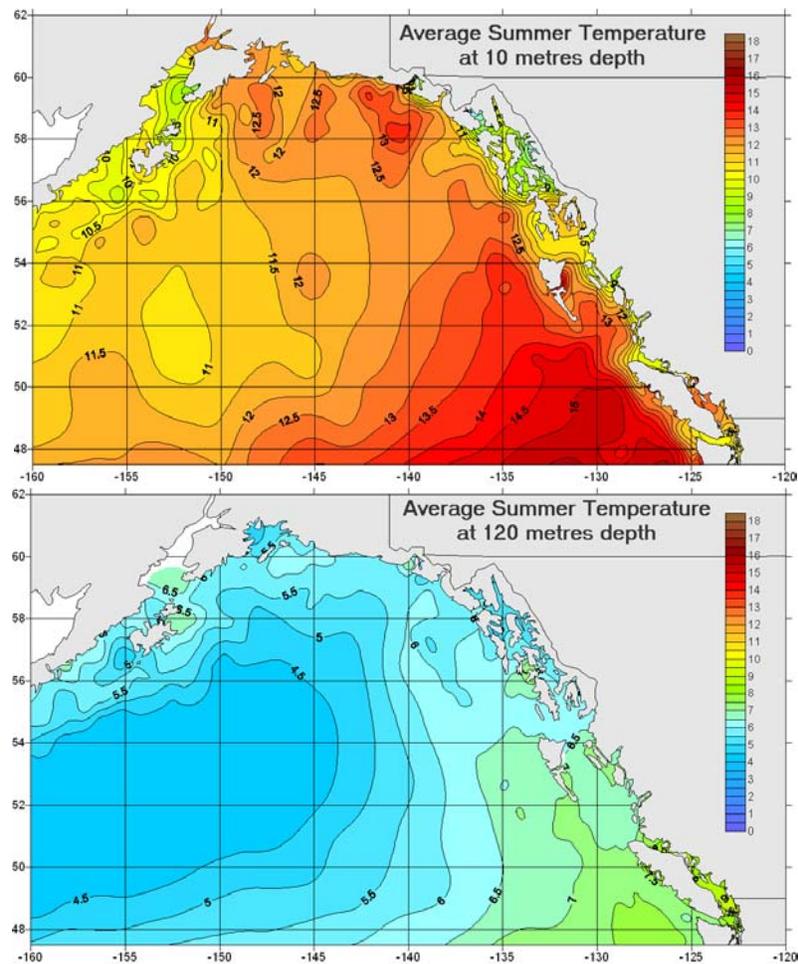


Figure 14. Températures moyennes durant l'été à 10 m et à 120 m de profondeur (degrés Celsius).

Ces cartes montrent que les eaux les plus chaudes se trouvent plusieurs centaines de kilomètres à l'ouest de l'île de Vancouver et que les eaux les plus froides se trouvent au sud-est des îles Aléoutiennes en Alaska. La bande d'eau plus froide près de la plate-forme continentale adjacente à la côte ouest de l'île de Vancouver en été fait partie du processus de la remontée d'eau côtière, qui se produit lorsque l'eau froide profonde remonte à la surface de l'océan et lorsque les vents soufflent du nord ou du nord-ouest. Ces vents dominants durant l'été sont caractéristiques le long de la côte ouest du Canada, ainsi que sur la côte des États-Unis au sud. Les températures de surface et même de subsurface de la mer seront plus froides le long des côtes ouest du Canada et des États-Unis au cours des étés ayant des vents plus forts provenant du nord.

Les eaux froides de la partie nord-ouest du golfe de l'Alaska se trouvent près du 52°N, 152°W et se retrouve à l'intérieur du système de dépression des Aléoutiennes qui entraîne les vents d'hiver. Quand les vents d'hiver soufflent dans le sens des aiguilles d'une montre autour de ce système de basse pression, l'eau de surface de la mer est éloignée du milieu du courant de circulation et une remontée d'eau plus froide se produit pour la remplacer; ce qui baisse les températures de l'eau de surface de la mer et se fait sentir jusqu'à 120 m de profondeur tel que l'indique la figure 13. Les hivers qui connaissent des systèmes de dépression des Aléoutiennes plus intenses sont encore plus froids.

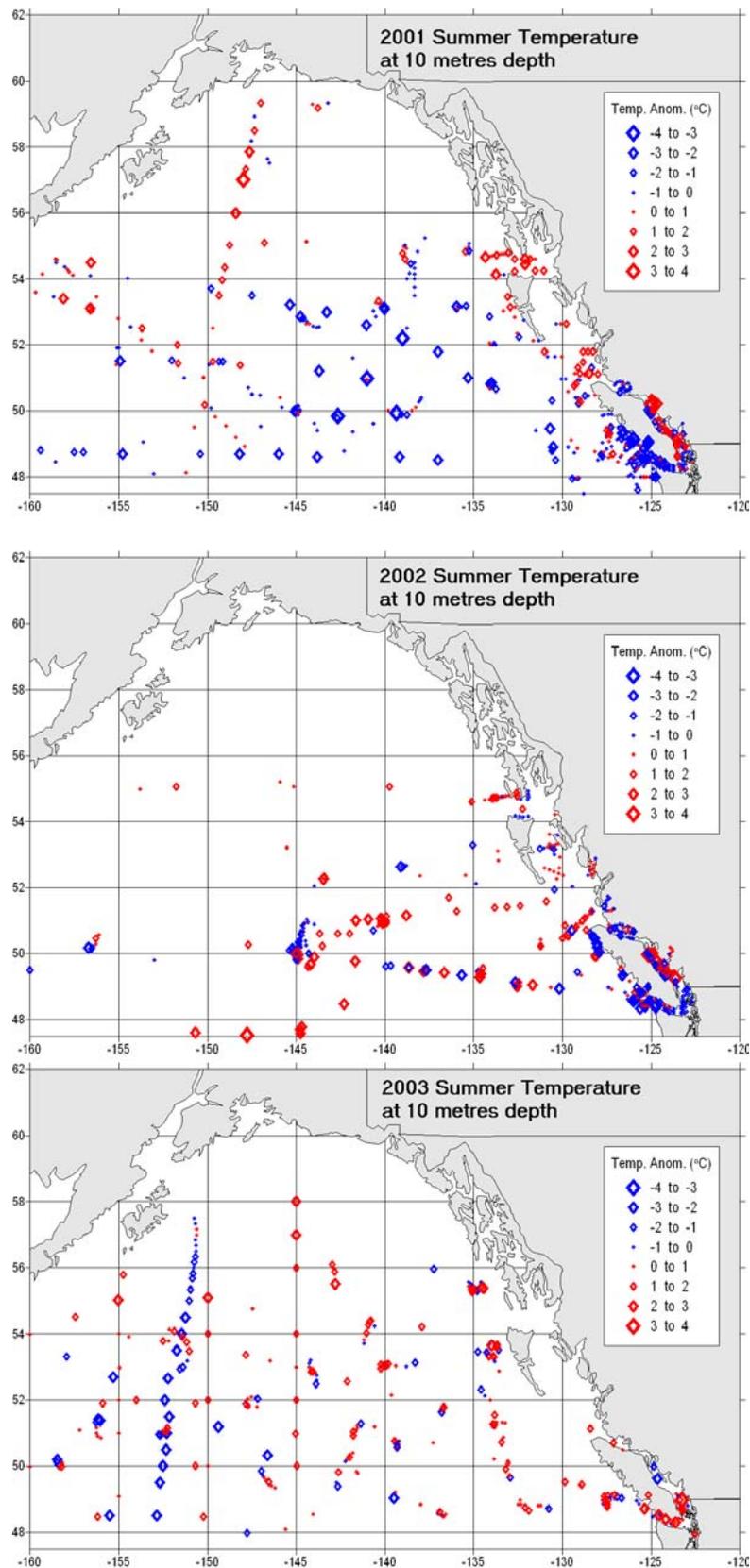


Figure 15. Anomalies de température (°C) à 10m de profondeur au cours des étés 2001 à 2003. La ligne N-S des anomalies froides près de 152°W semble provenir d'une seule source de données XBT.

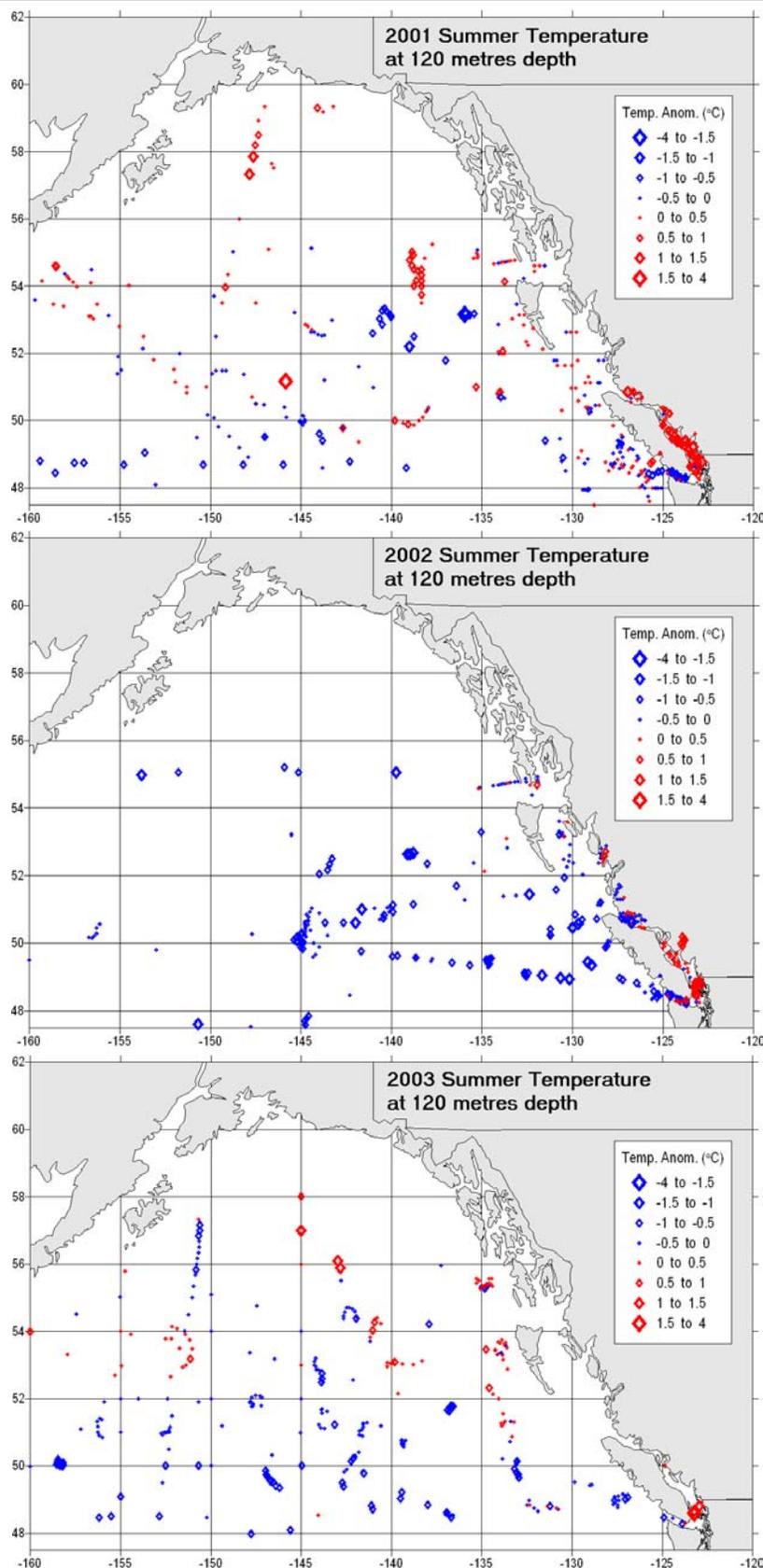


Figure 16. Anomalies de température (°C) à 120m de profondeur au cours des étés 2001 à 2003.

Les figures 15 et 16 montrent les anomalies de température de la mer à 10 m (figure 15) et à 120 m de profondeur (figure 16). Chaque losange représente une valeur mesurée soit par un profileur CTP à partir

d'un navire de recherche, soit par un profileur autonome Argo, soit par un bathythermographe non récupérable (XBT) déployé à partir d'un navire naval ou d'un navire occasionnel. La dimension du losange représente la magnitude de l'anomalie chaude (bleu) ou froide (rouge), selon l'échelle affichée à chaque carte. Les profondeurs de 10 et de 120 m ont été choisies plutôt que les profondeurs plus connues de 0 m et de 100 m pour plusieurs raisons. Une profondeur de 10 m est plus appropriée qu'une à 0 mètre (surface de la mer) pour le programme de prélèvement des profileurs Argo. La figure 13 indique que l'anomalie froide était près de 120 m de profondeur.

Les cartes de la figure 15 montrent que l'eau à 10 mètres de profondeur était plus froide par rapport à la normale en 2001 dans la région sud-est du golfe et un peu plus chaude dans la région nord-ouest du golfe. L'anomalie froide s'est affaiblie au cours de l'été 2002 et s'est inversée durant l'été 2003 près de l'île de Vancouver. Les conditions dans la région nord-ouest du golfe en 2002 ne sont pas évidentes en raison du manque de données des archives. Le réchauffement de 2003 dans la région sud-est indiqué à la figure 15 appuie les observations notées précédemment qui constatent que les vents près de la côte ouest ont déplacé plus d'eau chaude de surface en direction nord vers les eaux canadiennes en 2002 et au début de l'année 2003. Selon toute probabilité, c'est un El Niño qui entraînait ce réchauffement et le système de pression atmosphérique de l'hiver 2002/2003 qui est tracé à la figure 11d.

Les cartes de la température à 120 mètres de profondeur, tracées à la figure 16, montrent un refroidissement significatif dans la région sud-est du golfe de l'Alaska entre l'été 2001 et l'été 2002; ce qui a été observé le long de la ligne océanique P et au large de l'Orégon comme mentionné plus tôt dans ce rapport. L'anomalie froide s'est affaiblie mais était encore présente au cours de l'été 2003. Il y a raison de croire que les vents d'hiver entre 1999 et 2002 (voir la figure 11c) ont formé cette anomalie froide près du milieu du courant de circulation de l'Alaska et qu'elle s'est lentement approfondie et s'est déplacée vers le sud-est provoquant une baisse des températures le long de son trajet au cours des années suivantes. (Crawford et al., soumis). La température des profondeurs entre 100 et 150 mètres n'est que faiblement influencée par les vents d'hiver à l'échelle locale, alors une fois qu'une anomalie froide atteint cette profondeur elle peut persister et durer plusieurs années. Au cours de l'hiver de 2002/03 et celui de 2003/04, ce mélange profond a été très réduit, tel que décrit plus loin. Par conséquent, les températures à 10 m de profondeur ont été modifiées plus rapidement par les vents changeants et les courants de surface de la mer entre 2002 et au début de 2003 ont probablement réchauffé les eaux de surface dans la région sud-est du golfe pendant cette période.

Afin d'évaluer les conditions changeantes au début de l'année 2004, les anomalies de température à 120 m de profondeur des hivers 2003 et 2004 ont été déterminées à partir de données provenant seulement des navires et des profileurs Argo et elles sont tracées à la figure 17. Les anomalies froides semblent avoir persistées. Les anomalies chaudes à 51°N et à 140°W en 2003 et celles au nord de 51°N à 141°W et à 143°W en 2004 indiquent la présence des tourbillons Haida de 200 km de diamètre possédant des centres chauds. Ces tourbillons se déplaceront vers l'ouest et se disperseront au cours des années suivantes.

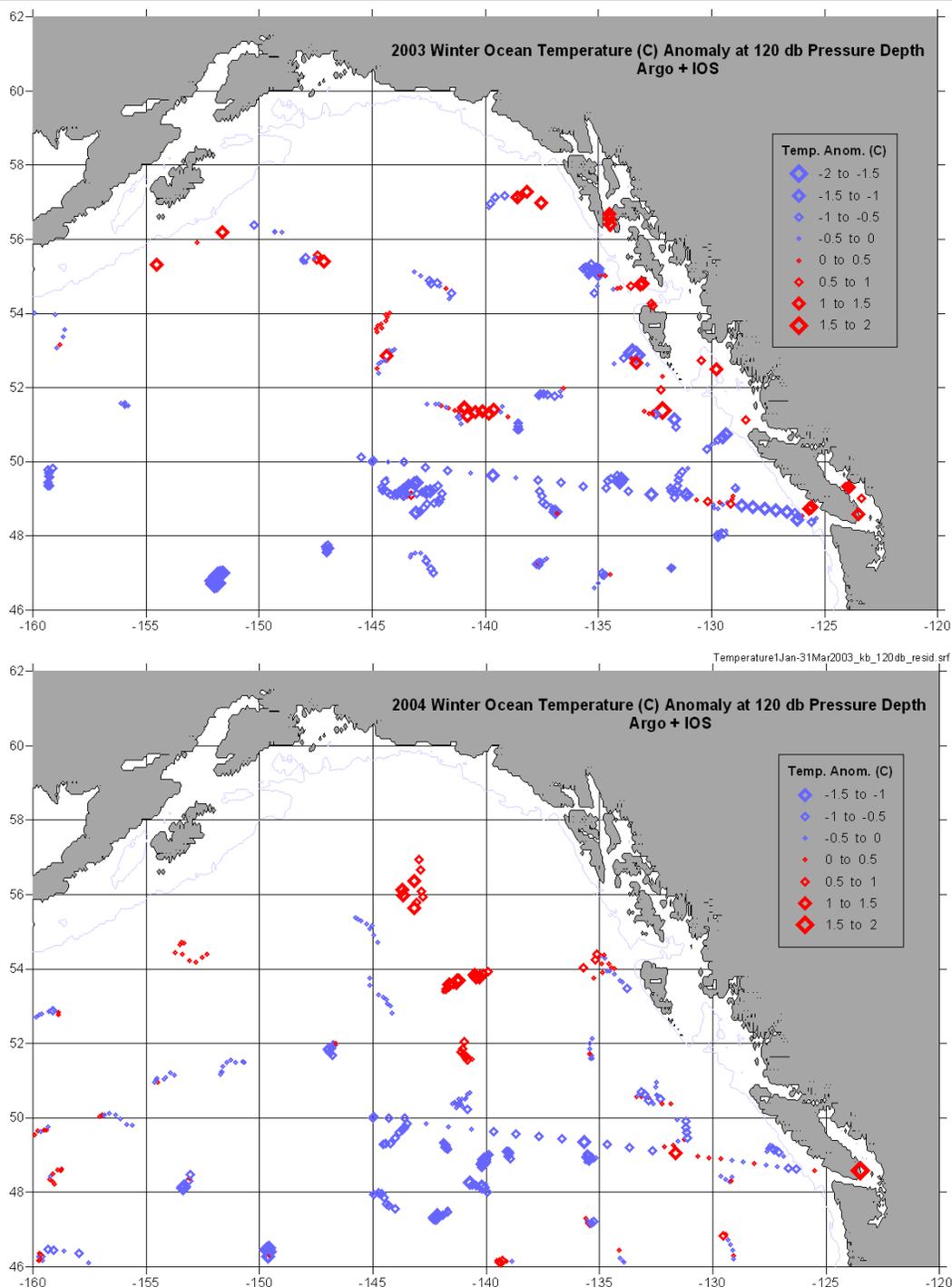


Figure 17. Anomalies de température de la mer à 120 m de profondeur des hivers 2003 et 2004.

#### *Les anomalies de température le long de la ligne océanique P, 1968 à 2003*

Les scientifiques canadiens ont mesuré la température de la mer le long de la ligne océanique P depuis les années 60 et depuis 1968, des relevés des mesures ont été recueillis assez fréquemment pour pouvoir dépister les changements de température à différentes profondeurs. On démontre une perspective à long terme de cette masse d'eau sur deux panneaux de la figure 18 qui présente les anomalies de température le long de la ligne océanique P dont les anomalies verticales moyennes sont calculées et donnent la moyenne entre la surface et 50 m de profondeur et celle entre 100 m et 120 mètres de profondeur. Ce graphique inclut les observations de l'été 2003.

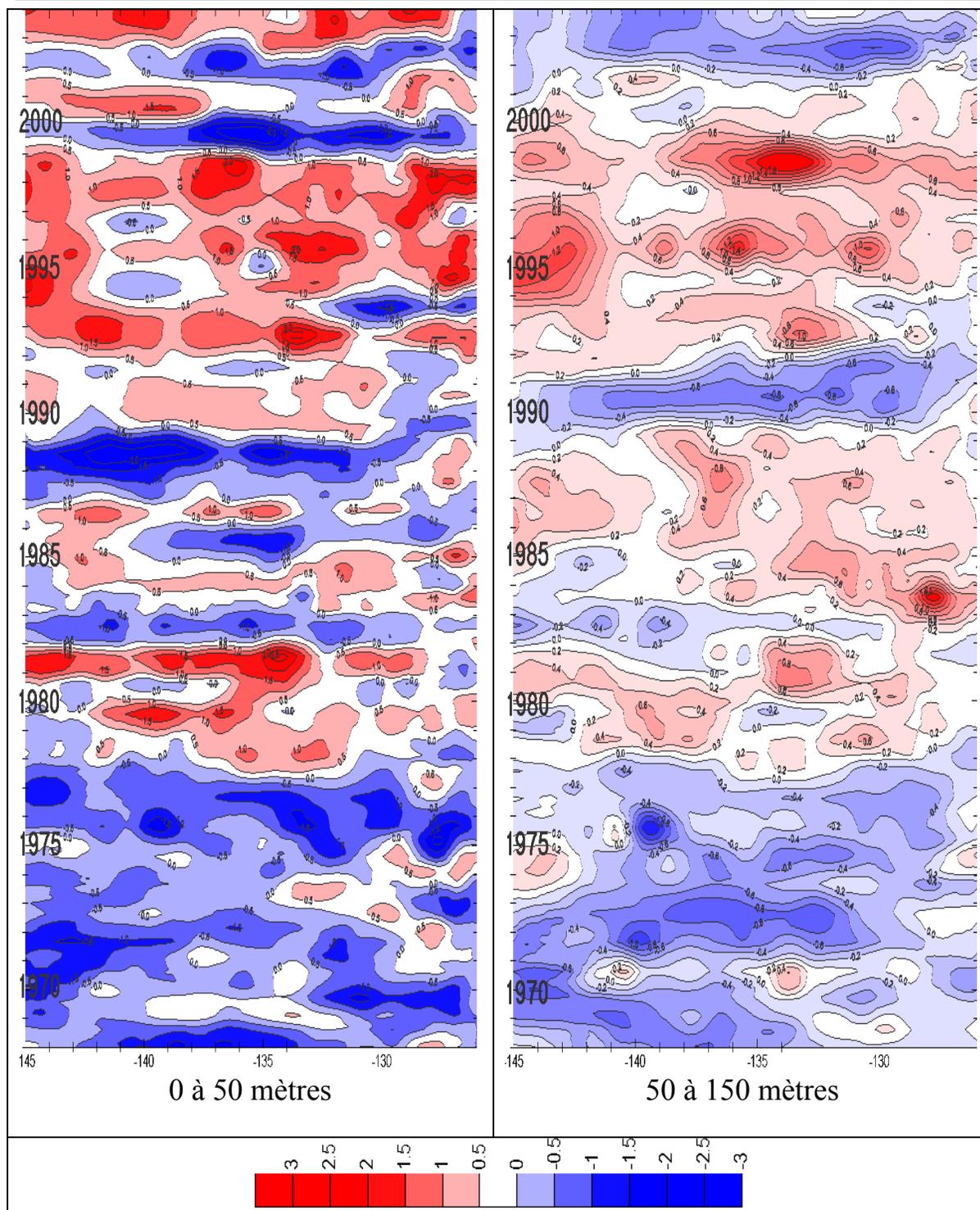


Figure 18. Moyenne des anomalies de température le long de la ligne océanique P en été calculée entre deux gammes de profondeur. L'échelle ci-dessus montre l'anomalie de température en degrés Celsius. La ligne longitudinale représente la ligne océanique P et est tracée le long de l'axe inférieur. Sur tous les panneaux, la plateforme continentale se trouve à droite et la station océanographique Papa est à gauche, à 145°W. L'axe vertical correspond à l'année.

La plupart des étés, les anomalies des deux couches sont semblables, mais entre 1990 et 1991 et encore entre 2003 et 2004 une anomalie froide a été retrouvée au-dessous d'une anomalie chaude de surface. Ces événements ont suivi des conditions froides d'un La Niña, et nous avons raison de croire que les eaux

froides de surface produites lors des épisodes La Niña ont pris une année ou plus avant de se déplacer vers le bas à une profondeur d'environ 100 à 150 m pour ensuite persister dans cette couche profonde tandis que les eaux de surface se réchauffaient.

### *La profondeur de la couche de mélange et l'apport nutritif à la surface de la mer*

Au printemps et en été, la croissance du phytoplancton épuise les nutriments à la surface de la mer. Ces nutriments des eaux de surface du milieu du golfe sont remplacés en automne et en hiver lorsque les tempêtes de vent mélangent les eaux de subsurface riches en nutriments et les transportent à la surface; ce qui crée une couche de surface riche en nutriments et qui favorise la croissance de plancton le printemps suivant. En règle générale, la profondeur de la couche de mélange à la fin de l'hiver à la station océanographique Papa est à 110m. Une couche de mélange moins profonde comprend moins de nutriments. De fortes différences de densité entre la surface et 75 mètres de profondeur ainsi que des vents faibles en automne et en hiver empêchent la formation d'une couche de mélange profonde. Alors, deux indices importants par rapport aux apports nutritifs sont les différences de densité (**stratification**) en fin d'été et la **profondeur de la couche de mélange** du milieu du golfe en hiver. Les niveaux nutritifs des eaux de subsurface sont un troisième facteur qui sera discuté plus tard.

La **stratification** de la couche supérieure de l'océan est déterminée principalement selon les changements de température et de salinité. La figure 19 montre ces changements en fonction de la profondeur retrouvée à la station océanographique Papa au cours des hivers 2002 à 2004. La **profondeur de la couche de mélange** de chaque hiver est indiquée au graphique de salinité. On constate que les couches de mélange plus profondes sont souvent plus froides et plus salées parce qu'elles contiennent un niveau plus élevé d'eau de mer de subsurface qui est plus froide et plus salée.

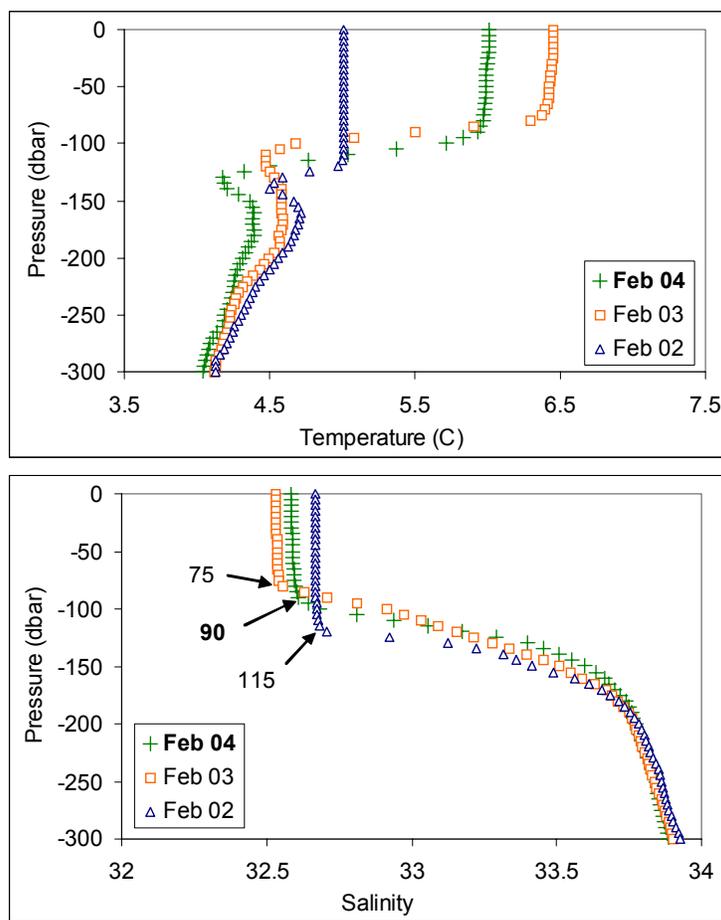


Figure 19. Profils de température et de salinité à la station océanographique Papa entre février 2002 et 2004. La pression en décibars (dbar) le long de l'axe vertical correspond à la profondeur en mètres.

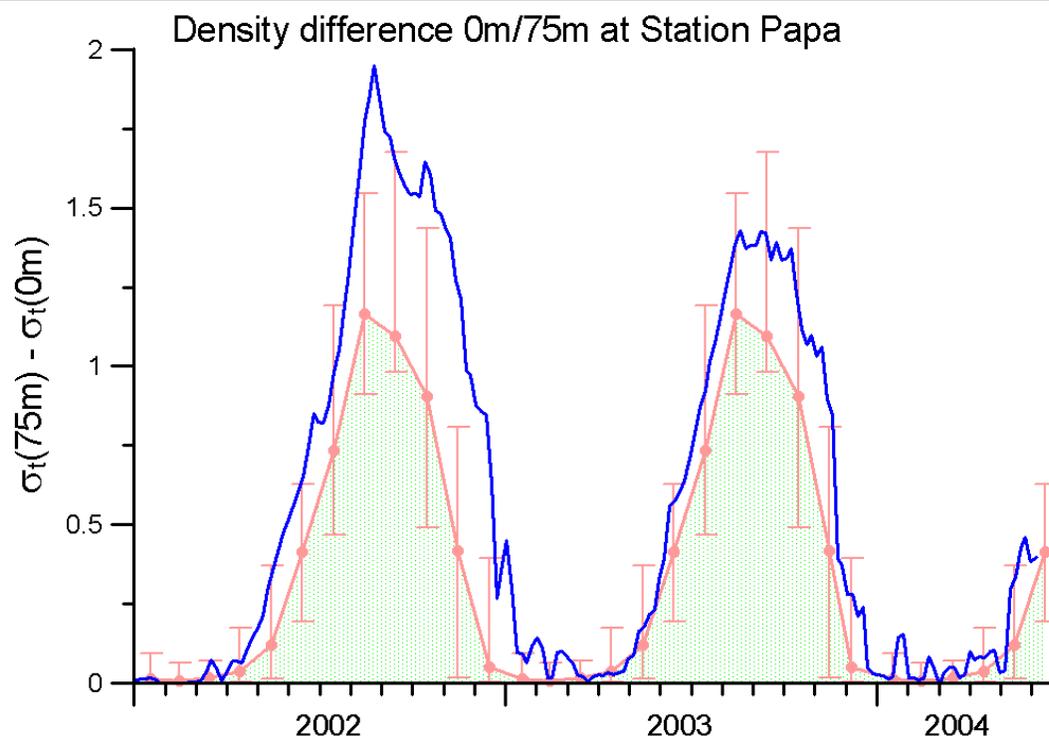


Figure 20. La ligne bleue indique la différence entre la densité à la surface et celle à 75 mètres de profondeur à la station océanographique Papa au cours de 2002, 2003 et au début de 2004 calculée par interpolation à partir du réseau Argo. La densité est mesurée en unités de sigma-t ( $\sigma_t$ ), qui est défini comme étant la densité de l'eau en kilogramme par mètre cubique moins 1000. La ligne rouge en filigrane démontre la différence mensuelle moyenne des données historiques. Les barres verticales représentent 95 % de toutes les observations historiques.

La figure 20 montre le tracé de la stratification des premiers 75 m de l'océan près de la station océanographique Papa au cours des années 2002, 2003 et au début de 2004. La ligne bleue représente la stratification observée près de la surface à des intervalles de dix jours et la ligne rouge en filigrane représente la moyenne mensuelle à long terme calculée à partir de toutes les observations formulées à la station océanographique Papa. Les barres rouges verticales représentent 95 % de toutes les observations historiques formulées à chaque mois. Ce diagramme indique que la stratification de la couche supérieure de la mer au milieu du golfe de l'Alaska était excessivement forte avant les hivers 2002/2003 et 2003/2004. La stratification était exceptionnellement forte au cours du printemps 2004.

La figure 21 montre le diagramme de l'évolution des évaluations de la profondeur de la couche de mélange hivernale à la station océanographique Papa. La profondeur de la couche de mélange à la station océanographique Papa a été estimée à seulement 76 mètres de profondeur en février 2003 et à 87 mètres de profondeur en 2004. Elles représentent les couches de mélange les moins profondes à la station océanographique Papa depuis 1956; cependant, l'apport nutritif de surface est également régi par les **concentrations nutritives des eaux de subsurface**. Pendant les années 90, l'advection de l'eau chaude, salée et pauvre en nutriments vers le nord dans le golfe de l'Alaska lors des conditions persistantes de El Niño (figure 22) a réduit la teneur en nitrate (un indice nutritif typique) des eaux de surface et de subsurface pendant plusieurs années à la station océanographique Papa. Une fois que l'El Niño de 1997/1998 fut terminé, les niveaux hivernaux de nitrate ont repris leur niveau élevé généralement observé durant les années 70, atteignant des niveaux records durant l'hiver 2001-2002 (voir Whitney and Freeland, 1999).

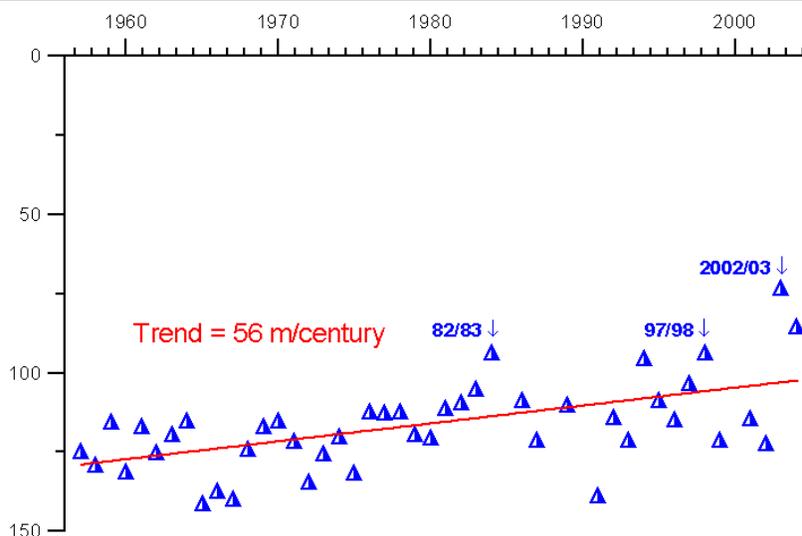


Figure 21. Série chronologique des profondeurs de la couche de mélange hivernale entre 1956 et 2004. El Niño a eu lieu pendant chacun des trois hivers observés. Le dernier El Niño était beaucoup plus faible que les deux premiers, mais a produit une couche de mélange moins profonde. Il est à noter qu'aucune donnée n'est disponible pour l'hiver 1999-2000.

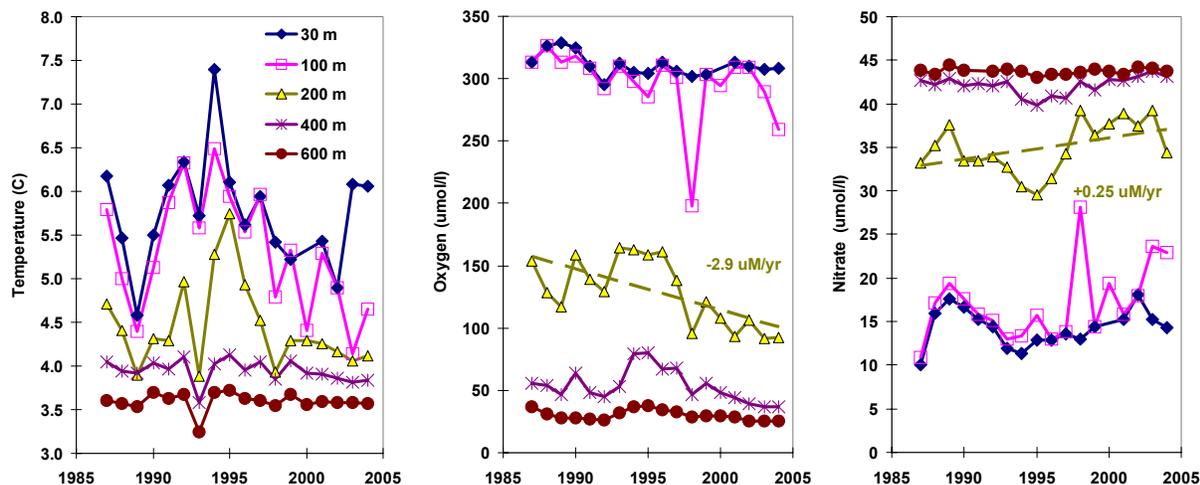


Figure 22. La température, la teneur en oxygène et la teneur en nitrate à la station océanographique Papa aux profondeurs déterminées à la fin de l'hiver des années 1987 à 2004.

Ces conditions à la station océanographique Papa représentent les niveaux nutritifs retrouvés dans le milieu du golfe de l'Alaska. La présentation qui suit comprend les régions le long de la ligne océanique P plus près de la côte de la Colombie-Britannique. Vers la fin de l'été, trois régions distinctes le long de la ligne océanique P peuvent être délimitées d'après leur apport nutritif tel que l'indique la figure 23.

1. *Région côtière*, où les éléments nutritifs des eaux de surface sont réapprovisionnés à cause de la remontée de l'été et du mélange de marée.
2. *Région de transition*, où les eaux de surface éprouvent un appauvrissement saisonnier en nitrate.
3. *Région océanique*, où le nitrate n'est pas épuisé en raison de la limitation de fer. Cette région inclut la station océanographique Papa et est connue comme une région à forte teneur en nitrate et faible en chlorophylle (connu sous l'acronyme HNLC).

Des niveaux hivernaux plus élevés en nitrate ont été observés dans les eaux de surface le long d'une grande partie de la ligne océanique P en 2003 et en 2004, notamment par rapport à l'année chaude de 1995 (figure 23). Vers la fin de l'été 2003, la teneur en nitrate (figure 23) était beaucoup plus élevée qu'en

1995; ce qui approche la teneur observée avant les années 1990 (Whitney et Freeland, 1999) où l'on observait une zone de transition beaucoup plus étroite et où l'eau est pauvre en nitrate.

En été, la concentration de chlorophylle indique la productivité primaire et la quantité de nourriture qui est à la disposition des prédateurs. Le long de la ligne P, elle montre l'effet de la variabilité de l'apport nutritif (voir la figure 24). Le faible apport nutritif limite la concentration de chlorophylle dans la région de transition située à environ 127 et 134 °W. Au cours de l'été 1999, période où le nitrate n'était pas trop appauvri, la chlorophylle échelonnait 0.3 µg/l tandis que la concentration de chlorophylle était beaucoup plus faible en 1995 (<0.1 µg/l) et en 2003 (0.1 µg/l). Dans les eaux océaniques des zones HNLC, les niveaux de chlorophylle varient entre 0.2 et 0.6 µg/l. Ces niveaux sont régis, en grande partie, par la lumière et l'approvisionnement en fer plutôt que par la teneur en nitrate. Les niveaux de chlorophylle avaient un ordre de grandeur plus élevé dans la région côtière par rapport aux eaux océaniques (figure 24) et étaient relativement élevés en 2003.

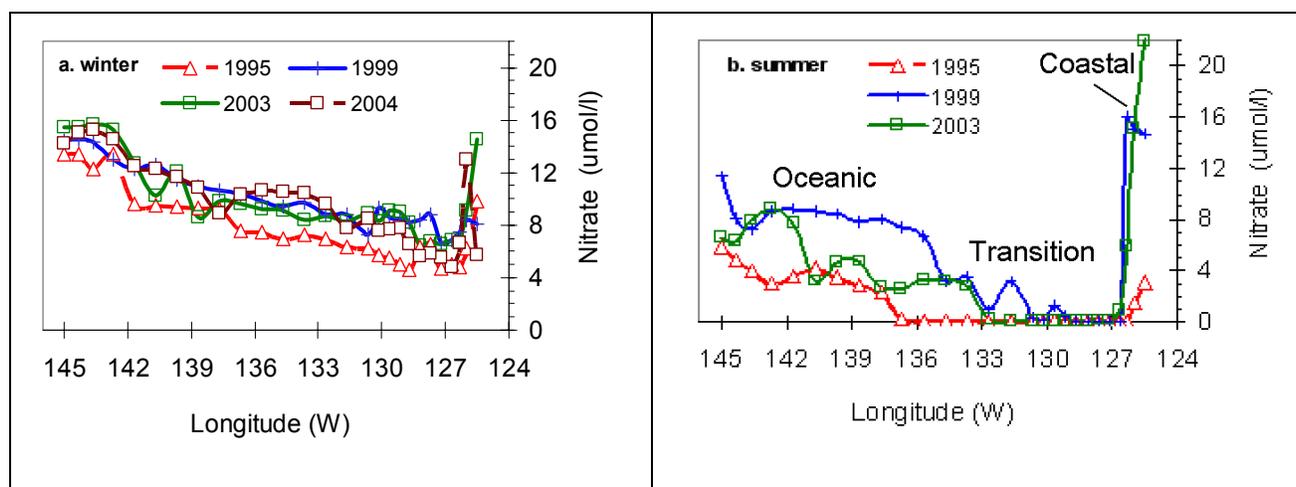


Figure 23. La teneur en nitrate des eaux de surface le long de la ligne océanique P en (a) hiver et en (b) été pour l'année 2003 ainsi que pour les années où la teneur en nitrate était basse (1995) et élevée (1999).

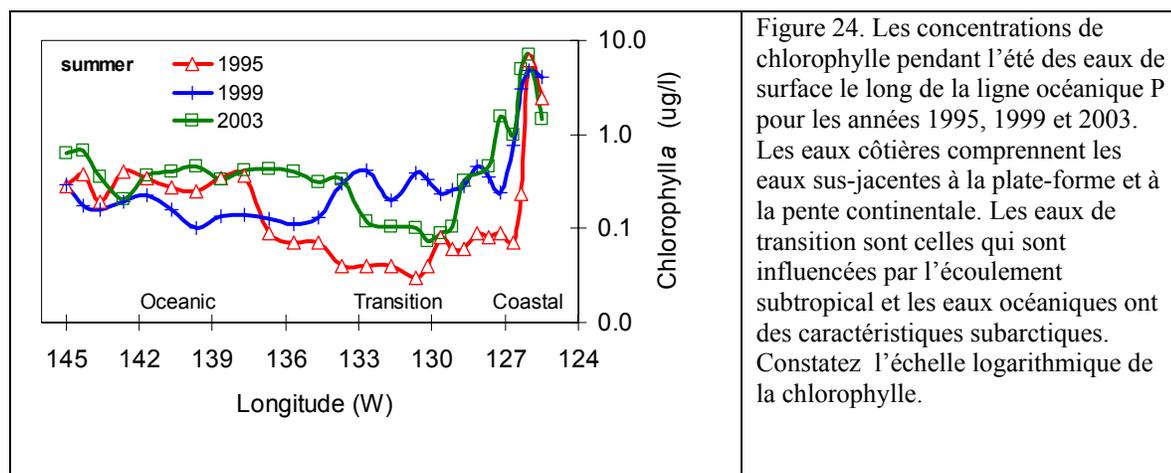


Figure 24. Les concentrations de chlorophylle pendant l'été des eaux de surface le long de la ligne océanique P pour les années 1995, 1999 et 2003. Les eaux côtières comprennent les eaux sus-jacentes à la plate-forme et à la pente continentale. Les eaux de transition sont celles qui sont influencées par l'écoulement subtropical et les eaux océaniques ont des caractéristiques subarctiques. Constatez l'échelle logarithmique de la chlorophylle.

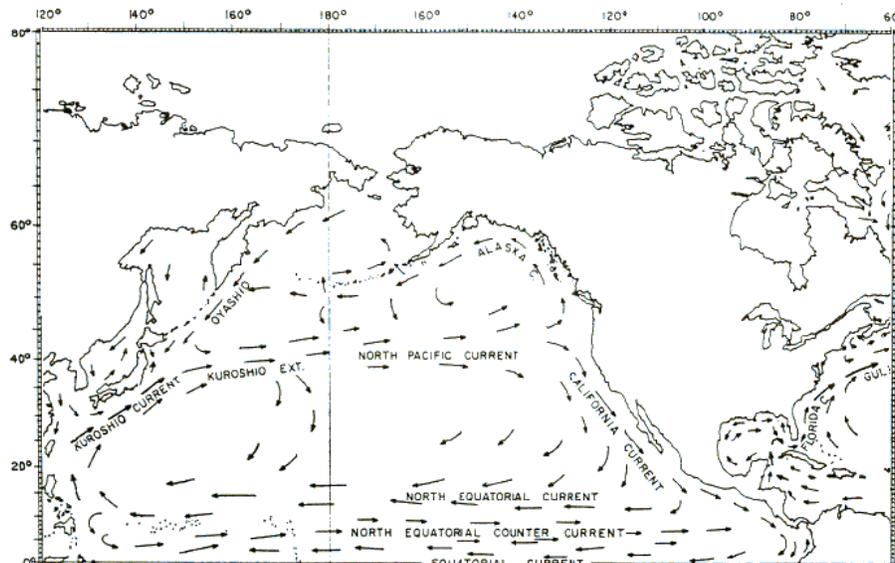
*Courants de surface*

Figure 25. La circulation générale du Pacifique Nord.

Plusieurs des articles cités précédemment sous-entendent que les modifications inhabituelles de la circulation du golfe de l'Alaska étaient liées aux événements exceptionnels connus en 2002 et au début de l'année 2003. La figure 25 présente la circulation générale des eaux de surface de l'océan Pacifique Nord. L'écoulement médio-océanique est dominé par le courant du Pacifique Nord (connu sous l'acronyme NPC) qui est en effet une prolongation du courant de Kuroshio. Le NPC longe la côte de l'Amérique du Nord plus ou moins le long du 40°N pour se diviser en deux. La partie nordique se dirige vers le nord, le long de la côte de la C.B. et de l'Alaska connu comme le courant de l'Alaska (AC) et la partie méridionale se dirige vers le sud le long des côtes de l'Oregon, de la Californie et de la Basse Californie d'où son nom courant de Californie (CC). Plusieurs chercheurs ont souvent avancé le fait que les conditions du golfe de l'Alaska et celles du système du courant de Californie sont vulnérables aux variations de latitude de cette région de bifurcation. Nous examinons les mesures récentes entreprises qui suivent de près la variabilité de cette région.

Les diagrammes de la figure 26 montrent une partie de la variabilité observée. Nous avons calculé la circulation de surface du Pacifique Nord-Est à partir du début de 2002, lorsque les flotteurs du réseau Argo avaient atteint une densité suffisante pour permettre ce calcul. On peut voir que le NPC (ligne discontinue à la figure 26) était beaucoup plus au nord en 2002 qu'en 2003. Les lignes bleues sur les panneaux de la figure 26 montrent l'emplacement de la ligne océanique P. Au cours de l'année 2002 et au début de l'année 2003 le NPC a manifestement coulé vers le nord-ouest à travers la ligne océanique P; ce qui explique l'augmentation de la température dans les eaux de surface. La ligne discontinue de chaque partie de la figure 26 semble être la ligne de délimitation du courant qui coule vers le nord et celui qui coule vers le sud qui, par la suite, fait partie du courant de la Californie.

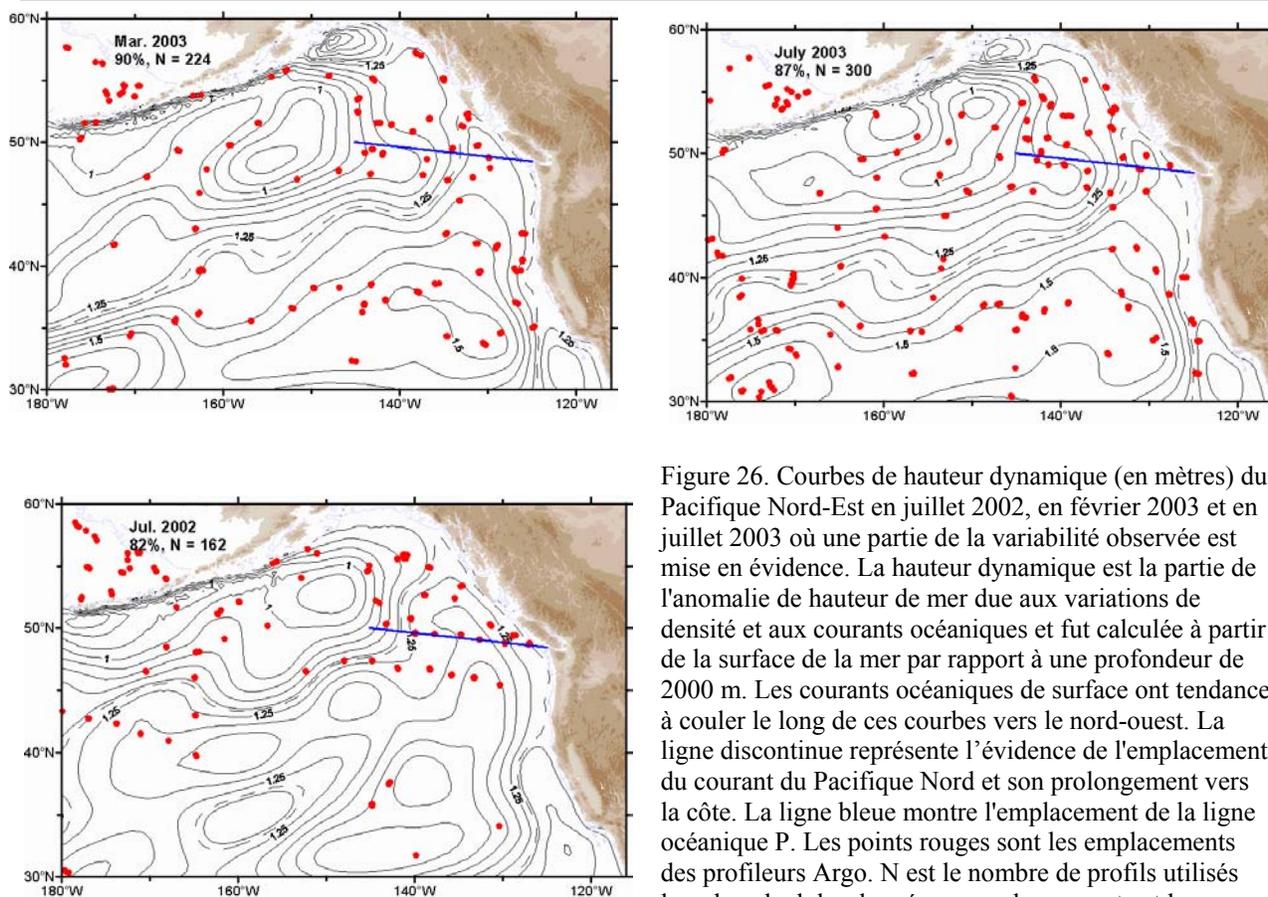


Figure 26. Courbes de hauteur dynamique (en mètres) du Pacifique Nord-Est en juillet 2002, en février 2003 et en juillet 2003 où une partie de la variabilité observée est mise en évidence. La hauteur dynamique est la partie de l'anomalie de hauteur de mer due aux variations de densité et aux courants océaniques et fut calculée à partir de la surface de la mer par rapport à une profondeur de 2000 m. Les courants océaniques de surface ont tendance à couler le long de ces courbes vers le nord-ouest. La ligne discontinue représente l'évidence de l'emplacement du courant du Pacifique Nord et son prolongement vers la côte. La ligne bleue montre l'emplacement de la ligne océanique P. Les points rouges sont les emplacements des profilers Argo. N est le nombre de profils utilisés lors du calcul des données pour chaque carte et le pourcentage représente la variance expliquée par l'ajustement.

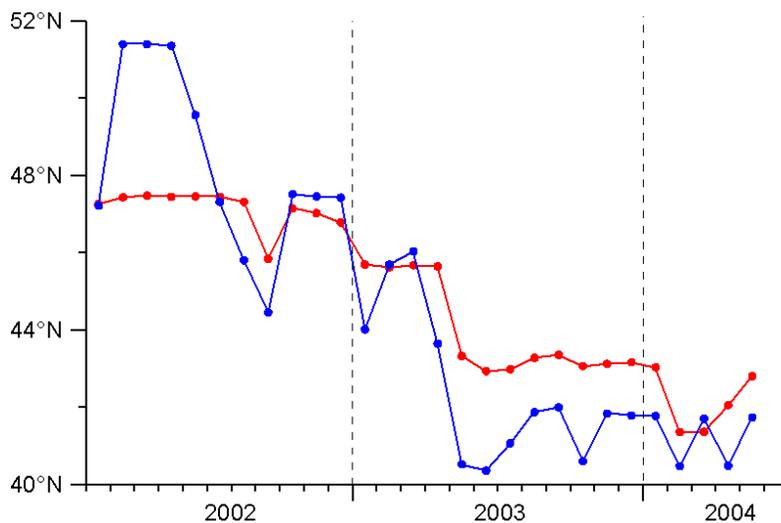


Figure 27: La latitude du courant du Pacifique Nord entre février 2002 et mai 2004, déterminée selon la déclivité maximale admissible du champ de hauteur dynamique de la longitude à 45°W (ligne rouge) et à 150°W (ligne bleue) retrouvée dans les cartes d'anomalie mensuelle moyenne de hauteur dynamique. Trois telles cartes sont présentées à la figure 26.

Pour chaque carte qui est préparée à chaque mois et qui est présentée à la figure 26, nous avons examiné les données entre 145°W (la longitude de la station océanographique Papa) et 150°W de longitude afin de déterminer la pente la plus prononcée nord-sud du champ de hauteur dynamique. Les latitudes de ces données sont présentées à la figure 27, prouvant que le NPC était beaucoup plus au nord en 2002 et au

début de l'année 2003 par rapport à plus tard dans l'année 2003 et au début de l'année 2004. Une variation rapide vers le sud est apparue au début de l'année 2003, qui correspond peut-être à l'affaiblissement de la dépression des Aléoutiennes et du El Niño au début de l'année 2003. Le réseau Argo n'a pas été suffisamment étudié pour être sûr que les observations de 2002 ou de 2003 représentent la norme, mais les conditions observées en 2003 vont dans le sens du point de vue généralement admis par rapport à la circulation du Pacifique Nord-Est.

Au cours de la période entre le début de l'année 2002 et le début de l'année 2004, la circulation océanique du Pacifique Nord et les conditions dans le golfe de l'Alaska ont manifesté une variabilité remarquable. En grande partie durant cette période, la stratification de la couche supérieure de l'océan fut très grande et hors du champ de toutes observations précédentes à la station océanographique Papa.

### *Variations à long terme du niveau de la mer*

Les moyennes mensuelles du niveau de la mer sont disponibles pour plusieurs ports de la Colombie-Britannique depuis environ 1910. Des séries chronologiques des niveaux annuels moyens sont présentées à la figure 28 pour les ports de Victoria, de Tofino et de Prince Rupert. (Voir la figure 47 pour les emplacements des jauges.)

Le niveau de la mer des ports est mesuré selon le point repère du substratum avoisinant. Une hausse ou une baisse à long terme du niveau de la mer pourrait être attribuée au mouvement vertical du substratum et à une hausse du niveau de la mer. Les lignes discontinues dénotent une tendance linéaire du niveau de la mer qui est calculé à partir des observations qui démontrent la montée du niveau relatif de la mer à Victoria et à Prince Rupert et la descente du niveau relatif de la mer à Tofino. À Tofino le mouvement ascendant du substratum excède le niveau de la mer, donc le niveau de la mer à l'échelle locale tombe à un taux de 15 centimètres par siècle. À Victoria et à Prince Rupert, le niveau local de la mer augmente à un taux de 5 et 10 centimètres par siècle respectivement. (ces taux ont varié d'un ou deux centimètres au cours des dernières années selon les données récentes et le taux a augmenté pendant le El Niño de 1997/98 et a diminué pendant les niveaux bas des années 2000 et 2002.)

Un épisode El Niño correspond souvent aux niveaux élevés de la mer aux (et à d'autres) ports de la Colombie-Britannique. En 2003, les niveaux des trois ports ont monté plus hauts qu'observés au cours des années précédentes; ce qui est dû sans doute à l'impact du El Niño faible de la fin 2002 et du début 2003.

Le niveau mondial de la mer a monté d'environ 10 à 20 centimètres au cours des 100 dernières années et, selon le rapport le plus récent du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, on peut s'attendre à ce que le niveau global de la mer s'élève de 9 à 90 centimètres au cours des prochaines 100 années. Cet intervalle de près de 80 centimètres démontre que c'est difficile de prévoir avec exactitude les niveaux de la mer qui sont assujettis à un vaste éventail de variabilité et de changement climatiques. La fonte des glaciers et l'expansion de l'océan en raison du réchauffement contribueront à cette augmentation. D'ici les prochaines 100 années, l'augmentation cumulative du niveau de la mer le long du littoral de la Colombie-Britannique est appelée à se trouver à quelques centimètres du niveau global.

On s'attend à ce que peu importe la baisse relative cumulative du niveau de la mer à Tofino, elle se renversera soudainement au cours d'un important tremblement de terre le long de la zone de subduction de Cascadia, région située à l'ouest de l'île de Vancouver. Le dernier tremblement de terre important eut lieu en 1700 et les données sédimentaires suggèrent que de tels tremblements de terre ont lieu tous les 200 à 900 années. Selon les scientifiques, un tel tremblement de terre sera suivi de l'arrivée d'importants tsunamis vers la côte externe de la Colombie-Britannique dans un délai de 20 minutes ou plus.

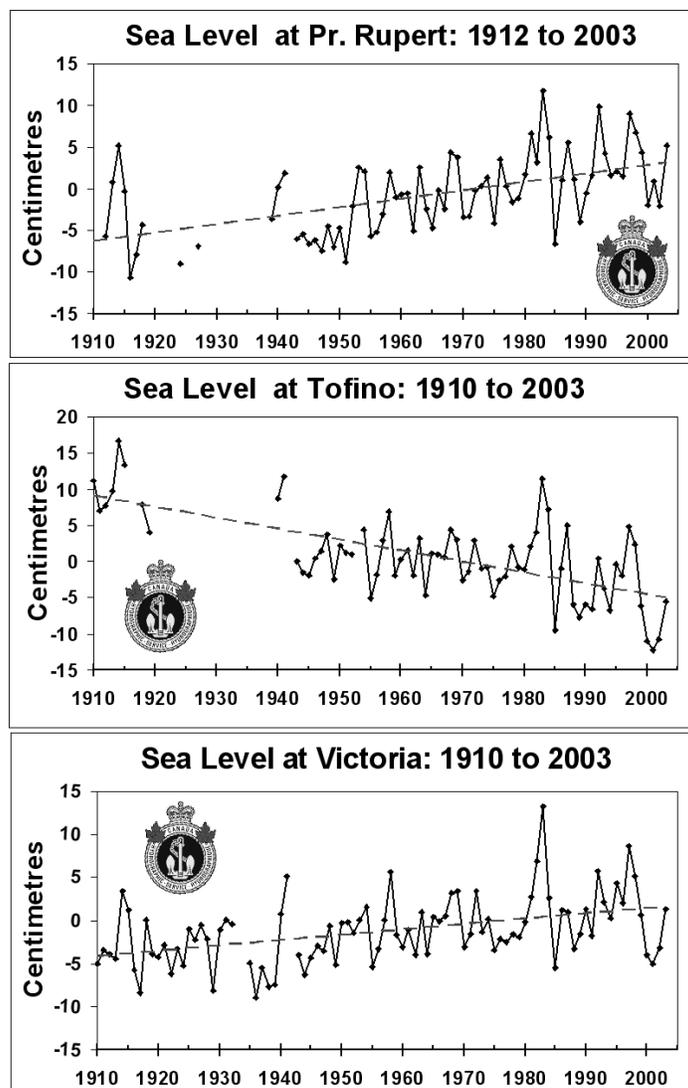


Figure 28. Les variations à long terme du niveau de la mer. Ces observations ont été recueillies par le Service Hydrographique Canadien, Région du Pacifique et ont été archivées par le Service des données sur le milieu marin à Ottawa. Les niveaux annuels moyens sont présentés pour les ports de Victoria, de Tofino et de Prince Rupert. La ligne pointillée dénote la tendance moyenne sur toutes ces années. Les observations à Victoria sont presque continues mais il n'y a pas de données pour les autres ports au début de 1900.

### ***Données globales composites de SeaWiFs***

Les satellites qui mesurent la couleur de l'océan sont en mesure de déceler le phytoplancton dans les eaux de surface de la mer. Un exemple d'un tel système est l'instrument à grand champ pour l'observation des mers (connu sous l'acronyme anglais SeaWiFS) embarqué à bord du satellite OrbView-2 (OV-2) et financé par la NASA des États-Unis. De plus amples informations sont disponibles au <http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS.html>.

Cette sonde fournit des images à une résolution spatiale aussi puissante que 1 kilomètre mais pour les images du golfe de l'Alaska présentées ci-dessous la résolution est à 10 kilomètres. Chaque image est réalisée à partir de toutes les images émises par SeaWiFS à chaque mois. Chaque image est un composite de la moyenne calculée à partir de toutes les mesures prises où il y avait peu de couverture nuageuse ou advenant qu'un seul jour sans couverture nuageuse se présentait, une seule mesure est alors affichée. Les régions noires indiquent la terre ou une région masquée d'une couverture nuageuse.

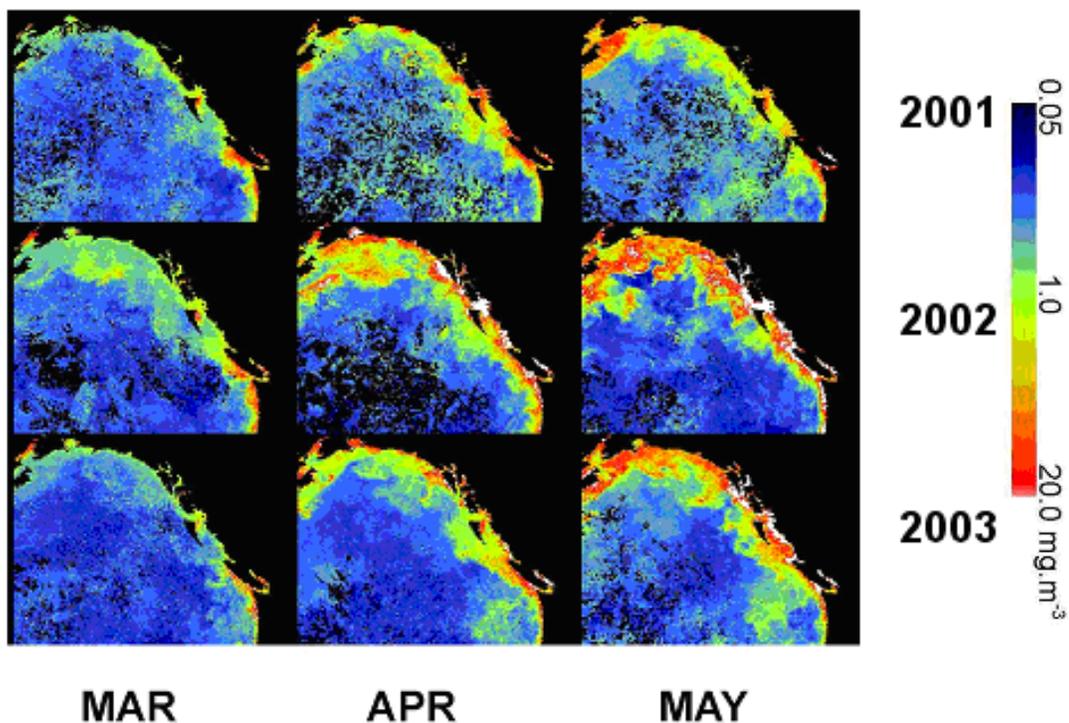


Figure 29. Images de chlorophylle prises entre mars et mai, 2001 à 2003 ainsi que l'échelle de couleurs. La concentration de chlorophylle dans les eaux de surface est en couleur dans les figures ci-dessus: le bleu indique la concentration la plus faible de phytoplancton et le rouge indique la concentration la plus importante. La période de croissance au printemps en 2003 a produit des concentrations plus élevées de phytoplancton près de la rive en mai 2003 par rapport à mai 2001. Ces concentrations ressemblent à celles de 2002, mais comprennent une zone plus restreinte.

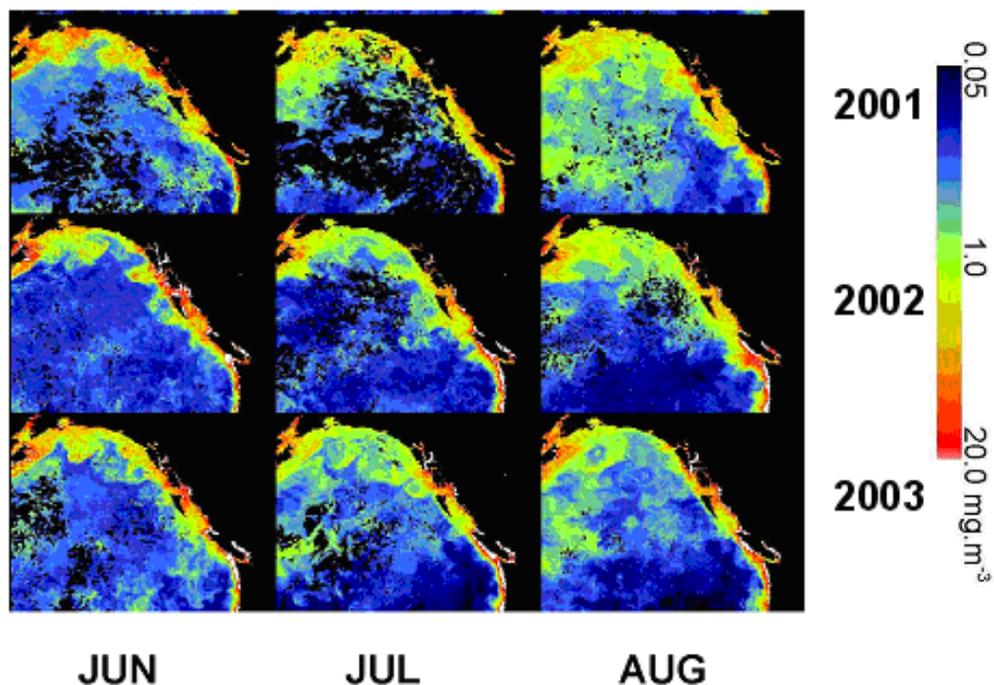


Figure 30. Images de chlorophylle prises entre juin et août, des années 2001 à 2003 ainsi que l'échelle de couleurs. Les régions en noir dénotent la terre ou une région masquée par une couverture nuageuse. Celles-ci sont surtout nombreuses durant les mois de juin et juillet.

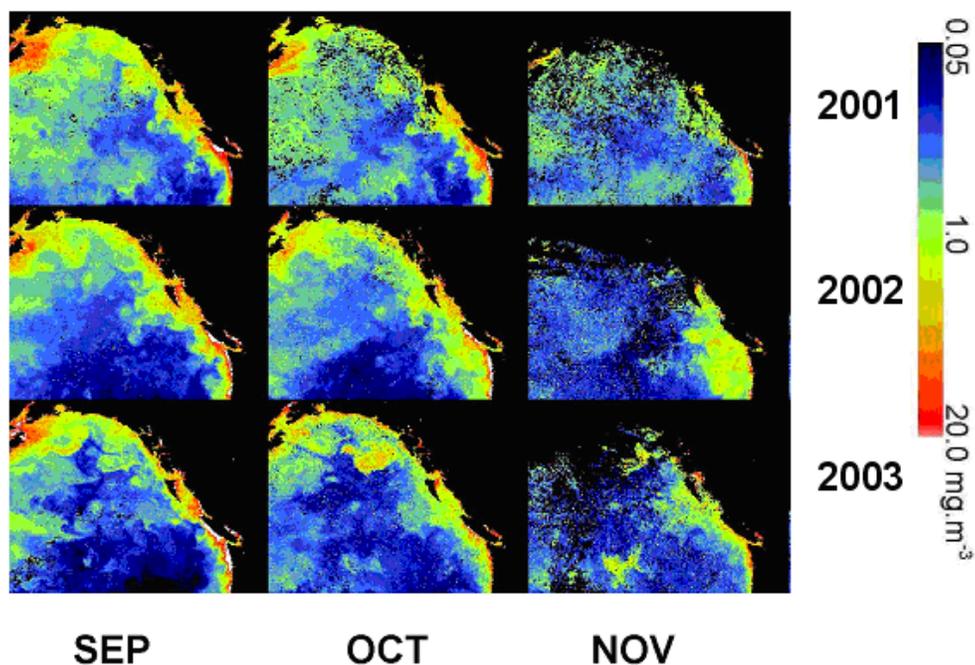


Figure 31. Images de chlorophylle prises entre septembre et novembre, des années 2001 à 2003, ainsi que l'échelle de couleurs. Plusieurs tourbillons qui ont des concentrations de chlorophylle relativement élevées ou faibles sont présentés. La concentration élevée de chlorophylle en novembre 2003 n'a jamais été revue.

Nous obtenons aussi des données sur la clarté de l'eau (à 555 nanomètres, couleur verte) à partir de SeaWiFS. Les données sont rectifiées pour accommoder les angles inférieurs du soleil en hiver, donc la clarté de l'eau observée dans le golfe de l'Alaska devrait indiquer une diffusion du matériel à la surface qui est probablement des coccolithophores dont leur seuil optimal est en été, ce qui fait que leur distribution est éparse sur une échelle de quelques centaines de kilomètres. Une série de telles images est présentée ici.

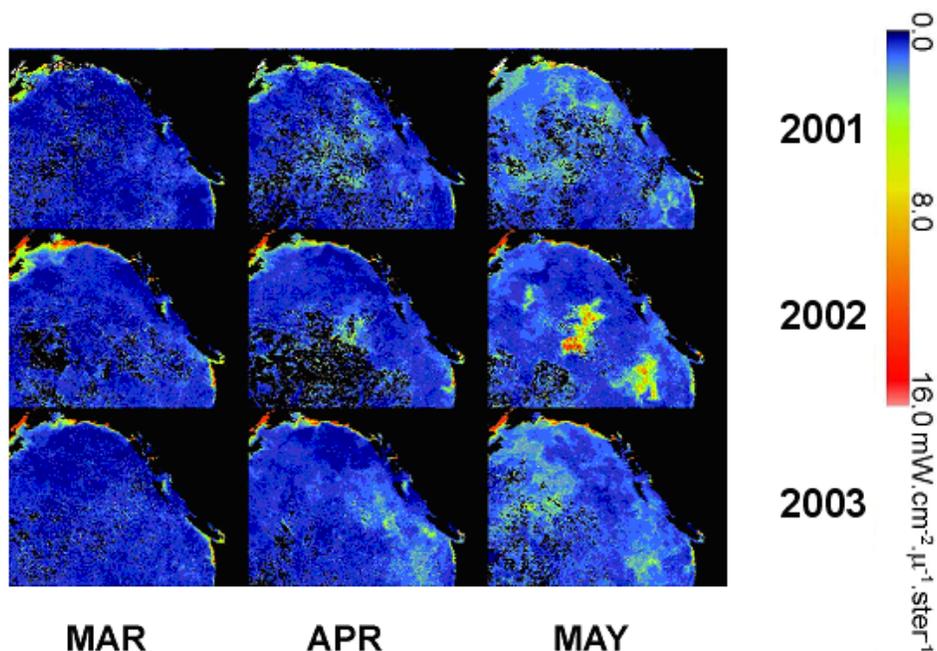


Figure 32. Images de la clarté de l'eau de l'eau prises entre mars et mai des années 2001 à 2003, ainsi que l'échelle de couleurs. Des taches d'eau très lumineuses sont évidentes dans le golfe en mai 2002. Celles-ci étaient absentes ou présentes en concentration inférieure durant les années 2001 et 2003. Elles ne sont pas apparentes dans les images de

chlorophylle, ce qui semble indiquer que c'est une espèce lumineuse d'algues telle que des coccolithophores qui en est la cause.

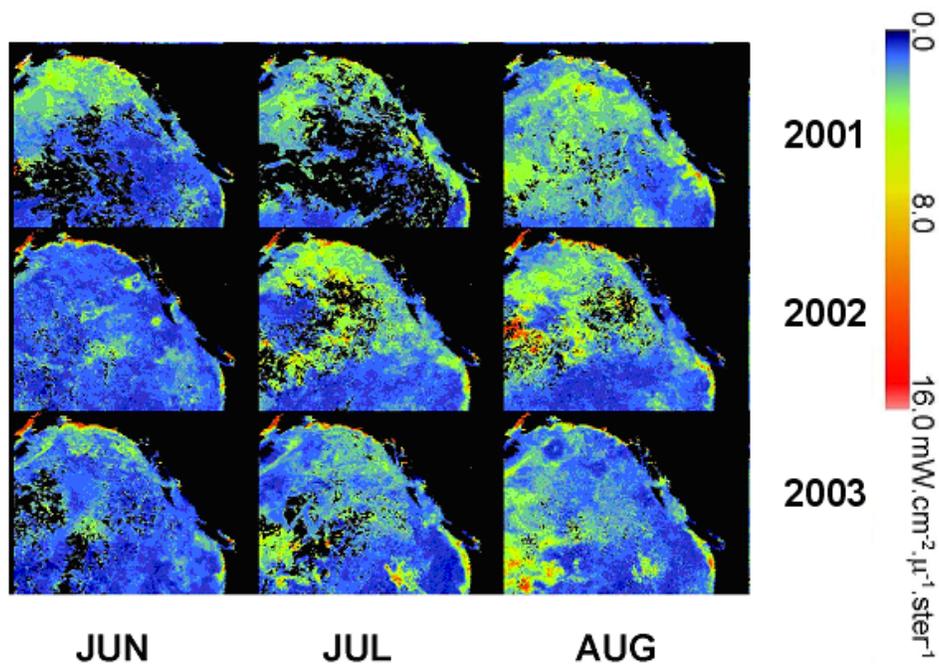


Figure 33. Images de la clarté de l'eau prises entre juin et août, des années 2001 à 2003 et l'échelle de couleurs. Comme d'habitude, les régions en noir au-dessus de l'eau indiquent la présence de nuages. Les deux tourbillons au nord du golfe sont évidents dans les images de chlorophylle et de la clarté de l'eau.

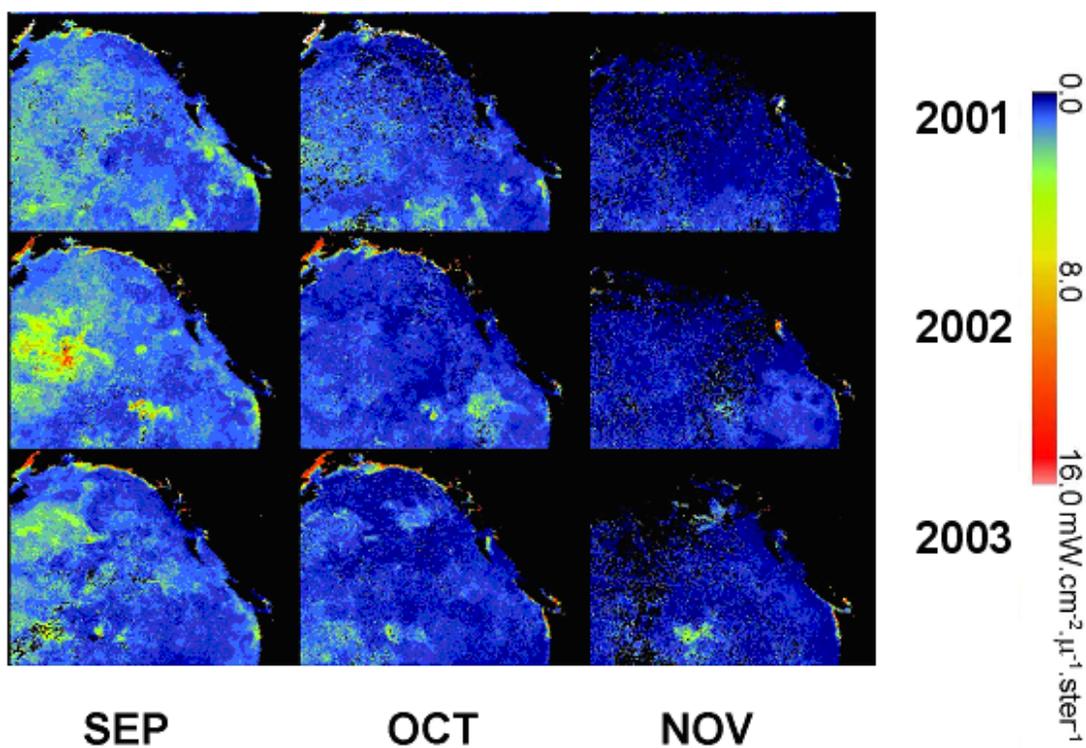


Figure 34. Images de la clarté de l'eau prises entre septembre et novembre des années 2001 à 2003, ainsi que l'échelle de couleurs. On peut voir la tache qui représente la concentration élevée de chlorophylle mise en évidence par sa brillance relative selon l'image prise en novembre 2003.

### Zooplancton

Un enregistreur continu de plancton (connu sous l'acronyme CPR) a été remorqué derrière un navire commercial sur un transect allant de l'Alaska jusqu'en Californie comme projet pilote en 1997 et depuis 2000, de façon régulière sur cette route et une autre à travers le Pacifique Nord (figure 35). Ce programme dans le golfe de l'Alaska emploie une technologie développée depuis plusieurs d'années pour utilisation dans l'Atlantique Nord. Environ 1800 échantillons sont recueillis et archivés annuellement dans le golfe de l'Alaska (les transects sont prélevés du printemps à l'automne) et environ 450 échantillons sont traités afin de déterminer l'abondance du zooplancton.

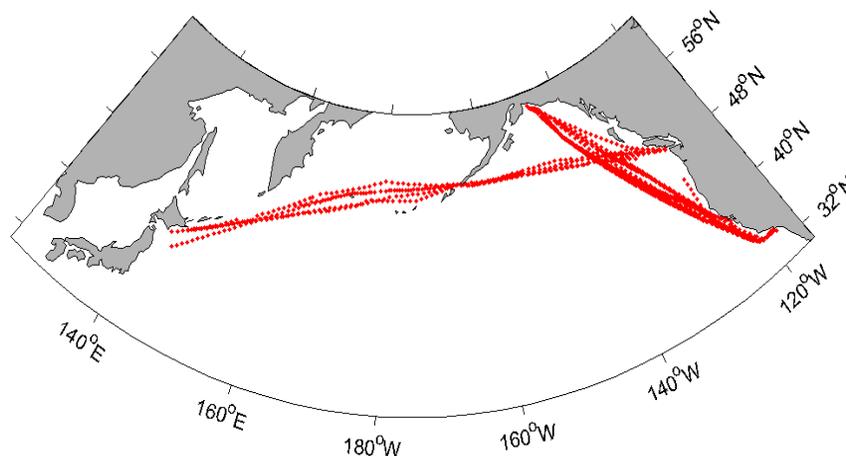


Figure 35. Sections représentatives des transects provenant de l'Enregistreur continu de plancton (CPR) entre 2000 et 2002.

La durée normale requise pour le traitement des échantillons de plancton et pour produire des mesures de contrôle de la qualité axées sur la production des données taxonomiques de l'abondance est d'environ 1 an parce que les échantillons provenant de la région du Pacifique sont placés avec les échantillons recueillis dans l'Atlantique Nord et traités en ordre de collection à Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science (SAHFOS) au Royaume-Uni. En 2003, un sous-ensemble des échantillons fut traité à l'Institut des sciences de la mer (ISM) dans un délai de quelques mois de sa collecte grâce à un accord de collaboration entre SAHFOS et Pêches et Océans Canada. Des données récapitulatives seront publiées au site Web de SAHFOS ([www.sahfos.org](http://www.sahfos.org)) qui sera à mesure de fournir des informations opportunes sur la condition des populations de plancton.

Cette approche fut préférée à d'autres puisqu'en 1999, les populations de plancton de cette région ont subi un changement: elles sont devenues une communauté d'eau froide plutôt qu'une communauté d'eau chaude; ce qui a provoqué des variations du nombre de poissons (Batten et Welch, en cours d'impression; Peterson et Schwing, 2003).

Cinq transects entre l'Alaska et la Californie sont habituellement prélevés à tous les ans à un intervalle de 5-6 semaines au cours du printemps et de l'été. En 2003, le sous-ensemble d'échantillons composait environ 25% des échantillons à traiter, répartis de façon égale le long du transect (de 10-13 échantillons par transect). Jusqu'à ce que tous les échantillons provenant de chaque transect aient été traités (vers la fin de 2004), il ne sera pas possible de déterminer la fiabilité des conclusions fondées sur les données de ce sous-ensemble. Cependant, les résultats montrent une configuration cohérente pour chaque mois de 2003, suggérant une bonne représentation des populations de plancton en 2003. La biomasse du mésozooplancton est un paramètre récapitulatif qui est le résultat d'une approximation faite à partir des données d'abondance de zooplancton et à partir de la série chronologique du golfe de l'Alaska tel que l'indique la figure 36.

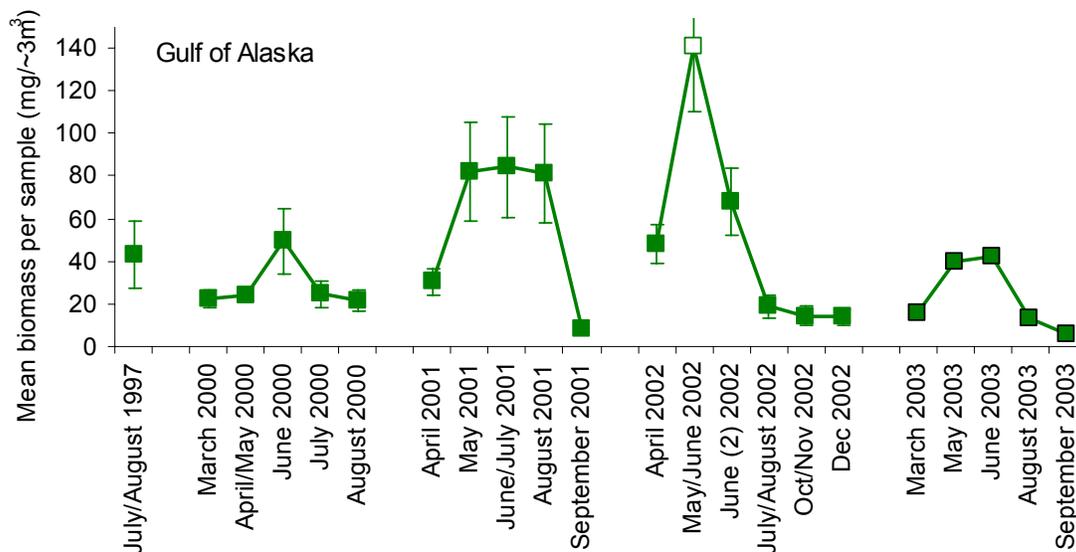


Figure 36. La biomasse moyenne du mésozooplancton (erreur type de  $\pm 1$ ) pour la région du golfe de l'Alaska (le point vide en mai/juin 2002 indique quand le transect était beaucoup plus loin à l'est que la normale et a probablement été influencé par les populations de la mer continentale).

En 2003, la biomasse du printemps (mai-juin) était environ la moitié de celle des deux dernières années plus froides, bien que ce niveau était semblable aux niveaux observés en 2000 et donc assez normal (selon la définition de "normal" déterminée à partir de cette courte série chronologique). Puisque des changements dans la composition des espèces en réponse aux fluctuations océanographiques ont déjà été observés dans cette région (par ex. Mackas *et al.*, 2001), deux groupes d'espèces de copépode retrouvées dans les échantillons CPR qui pourraient agir comme indicateurs des conditions océaniques ont été examinés:

- Espèces boréales : *Acartia longiremis*, *Calanus marshallae*, *Centropages bradyi*, *Eucalanus bungi*, *Neocalanus cristatus*, *Pseudocalanus spp.*
- Espèces subtropicales : *Calanus pacificus*, *Clausocalanus spp.*, *Corycaeus spp.*, *Mesocalanus tenuicornis*

La moyenne totale de l'abondance de chaque groupe fut comparée à partir des échantillons recueillis l'été (fin juin à août). En 1997 (une année El Niño, les conditions chaudes de surface) les espèces subtropicales étaient abondantes jusqu'au nord du golfe de l'Alaska tandis que les espèces boréales ne l'étaient pas et étaient présentes seulement dans les secteurs nordiques. En 2000-2002 (conditions froides de surface) les espèces boréales sont devenues beaucoup plus abondantes tandis que les espèces subtropicales furent confinées au sud. En 2003, si l'on considère que seulement 20% des échantillons avaient été traités jusqu'ici, il semble que l'on retrouve les espèces subtropicales plus vers le nord et que les espèces boréales se trouvaient dans toute la région. La latitude à laquelle 75% des copépodes (donnée cumulative) de chaque groupe se trouvaient fut calculée. Dans le cas des espèces subtropicales, on a fait la somme de ces espèces retrouvées du sud au nord (seulement ceux retrouvés à l'extérieur de la plateforme); plus haute était la latitude à laquelle 75% d'entre eux se trouvaient, plus loin au nord qu'on les retrouvait. Pour les espèces boréales, on a fait la somme de ces espèces retrouvées du sud au nord du transect qui se trouvait le long de la partie océanique; plus basse était la latitude à laquelle 75% d'entre eux se trouvaient, le plus loin au sud qu'ils s'étaient rendus (figure 37).

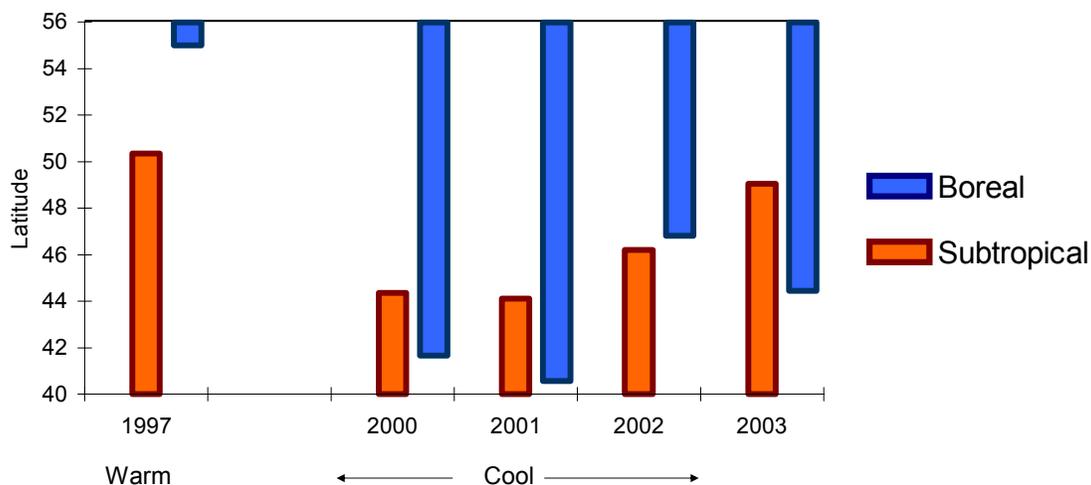


Figure 37. La latitude au delà de laquelle 75% de chaque population de copépodes se rendent en été à tous les ans.

C'est évident, tel que mentionné ci-dessus, que les espèces boréales se trouvaient plus loin vers le sud en 2003 et que les espèces subtropicales se sont déplacées plus vers le nord. En outre, les valeurs les plus extrêmes de ces indices ont été observées en 2000 et en 2001 et c'est durant ces années que l'eau de surface était la plus froide. Les anomalies de température de surface de la mer indiquées au site Web à [http://www-sci.pac.dfo-mpo.gc.ca/osap/data/sstarchive\\_e.htm](http://www-sci.pac.dfo-mpo.gc.ca/osap/data/sstarchive_e.htm) font ressortir qu'en 1997, les températures étaient de 2° au-dessus de la normale le long du transect. En 2000 et en 2001, elles étaient de 1° au-dessous de la normale et en 2002, elles étaient près de la normale. Les conditions chaudes de surface ont également été observées dans la partie est du Pacifique Nord en 2003.

Ces résultats peuvent signaler que le changement potentiel du régime qui s'est manifesté en 1998 est terminé et qu'il y a un retour aux conditions chaudes persistantes. Mais les grandes espèces boréales sont encore dispersées à travers le golfe de l'Alaska, alors les conditions ne sont pas les mêmes que celles avant 1999 et 2003 pourraient être une année anormale du régime frais persistant. Les espèces boréales pourraient prendre quelque temps à disparaître et plusieurs années successives de conditions chaudes seraient nécessaires pour rétrécir leur aire de répartition. Il est intéressant de constater aussi que quoique les eaux de surface aient été plus chaudes en 2003, il y avait toujours une couche plus profonde anormalement froide située entre 100 et 200 mètres de profondeur durant hiver de 2002 à 2003. (Voir la figure 16).

Les grosses espèces boréales passent l'hiver dans ces couches profondes et c'est possible que les conditions d'hiver aient été favorables pour eux et ont produit une population forte le printemps suivant.

Ceci fut observé aussi lors du prélèvement de zooplancton à partir de la marge continentale située au large de la Colombie-Britannique (D. Mackas, comm. pers) lorsque les espèces méridionales étaient plus abondantes qu'en 2002 et que les espèces nordiques étaient toujours abondantes. Ceci indique que le signal est important, du plateau à l'océan au large du golfe de l'Alaska. Si cette situation persiste, il pourrait y avoir des implications pour les stocks qui fourragent les eaux côtières et en mer. Dans l'ensemble, ces résultats montrent la valeur de traiter un sous-ensemble d'échantillons immédiatement, pour être en mesure de propager les résultats de recherche le plus tôt possible afin d'avoir une meilleure idée des conditions changeantes et de comment celles-ci influencent le plancton océanique.

### **Les prédateurs et les populations d'euphausiacés**

Les prélèvements du bassin de Barkley se sont poursuivis en 2003. Les figures 38 et 39 présentent les estimations de la biomasse annuelle médiane des larves (<10 mm) et des adultes (>9 mm) des deux espèces prédominantes (*Thysanoessa spinifera*, *Euphausia pacifica*). Le hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*), le merlu du Pacifique, l'eulakane (*Thalichthys pacificus*) et le saumoneau coho (*Oncorhynchus kisutch*) préfèrent se nourrir des adultes *T. spinifera* ayant un spectre de dimension spécifique tandis que

les saumoneaux du saumon rouge (*O. nerka*) et du saumon kéta (*O. keta*) préfèrent les larves du *T. spinifera* de diverses tailles. En 2003, les biomasses des larves et des adultes du *T. spinifera* étaient les plus faibles de la série chronologique; la biomasse des adultes était au moins 10 fois inférieure à celle de la plupart des autres années et 100 fois inférieure à celle de l'année 2000.

La biomasse des merlus piscivores de la zone canadienne semble avoir diminué au cours des années 1990 et au début de l'année 2001 (figure 40). Cependant, la classe d'âge de 1999 est forte tel que l'indique aux figures 44 et 45 plus loin dans ce rapport. À la figure 44, on constate que les poissons âgés de 4 ans (classe d'âge de 1999) ont dominé les échantillons recueillis par le relevé américain-canadien de 2003 indiquant une augmentation de la biomasse des merlus piscivores en 2004, période où ces poissons deviendront assez grands pour commencer à consommer d'autres poissons. À ce moment-là, ils pourraient y avoir un impact sur les harengs et sur d'autres espèces dans la zone pélagique.

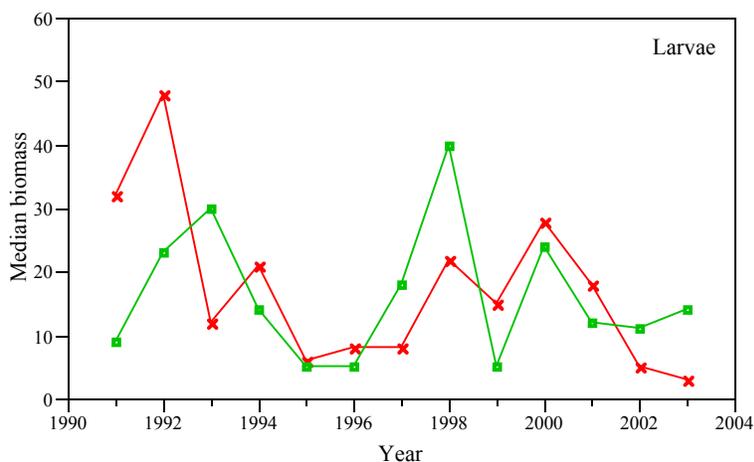


Figure 38. Biomasse annuelle médiane (masse sèche en  $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) des larves du *T. spinifera* (croix) et du *E. pacifica* (carreaux).

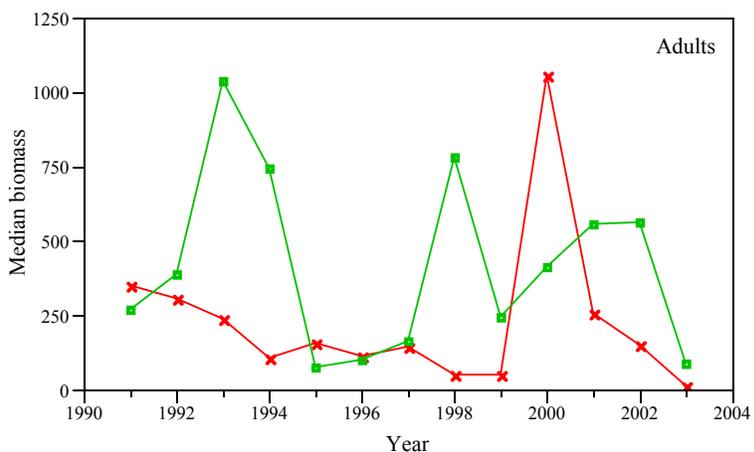


Figure 39. Biomasse annuelle médiane (masse sèche en  $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) des adultes du *T. spinifera* (croix) et du *E. pacifica* (carreaux).

La biomasse des euphausiacés semble avoir un effet sur la survie en mer du **saumon coho** et du **saumon rouge** (Tanasichuk, communication personnelle).

- **Coho** : Tel que constaté dans les rapports sur l'état de l'océan, il existe une corrélation significative entre la survie du coho juvénile sauvage de la crique Carnation et la biomasse des euphausiacés. On prévoit que le taux de survie du saumon coho pour l'année de retour 2004 sera faible (<1%) parce que la biomasse des euphausiacés en 2003 étaient la plus faible de la série chronologique.
- **Saumon rouge** : Les résultats des analyses récentes montrent que le taux de survie du saumon rouge de la baie Barkley (lacs Great Central et Sproat) et du saumon rouge de la côte centrale

(lacs Owikeno et Long) est lié à la biomasse des proies. La biomasse des proies du saumon rouge a diminué de façon constante depuis l'année 2000. Si l'on tient compte que le groupe d'âge des saumons rouges qui passent deux ou trois ans en mer forme la grande partie de la montaison, on projette que les retours du saumon rouge pourraient diminuer jusqu'à l'année de retour 2006.

Un indice de la biomasse de **l'eulakane** le long de la côte ouest de l'île de Vancouver (connu sous l'acronyme WCVI) est résultat du prélèvement sur la crevette entrepris au mois de mai. Tel que le décrit les rapports, il semble avoir un rapprochement entre la biomasse des prédateurs d'un an (*T. spinifera* > 17 mm) et l'indice. La biomasse des proies a diminué au cours des dernières années; la faible biomasse des euphausiacés en 2003 suggère que l'indice sera faible en 2004.

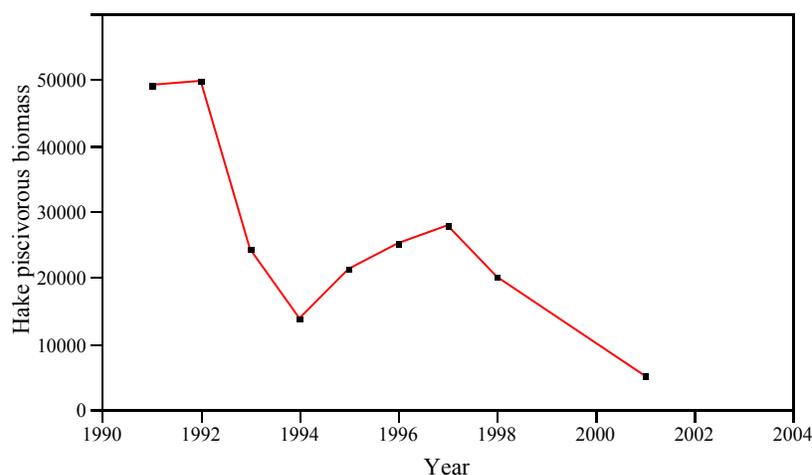


Figure 40. Biomasse (tonnes) des merlus piscivores dans la zone canadienne.

### ***Les merlus du Pacifique***

Les merlus du Pacifique se trouvent le long du système du courant de Californie à partir de la Basse Californie jusqu'au golfe de l'Alaska. Leur répartition et leur abondance sont étroitement liées aux conditions océanographiques dans le nord-est du Pacifique. En règle générale, leur biomasse est supérieure à 1 million de tonnes métriques et soutient une grande pêcherie domestique au Canada et aux États-Unis. Depuis 1977, un relevé acoustique et par chalutage a été effectué à tous les trois ans environ afin d'évaluer la répartition, l'abondance et la biologie du merlu du Pacifique le long de la côte. Les résultats des trois derniers relevés sont illustrés à la figure 41.

Une répartition anormale du merlu juvénile et adulte a été observée depuis 1994 le long des côtes américaines et canadiennes. La population de juvéniles s'est propagée vers le nord au cours des années 1994 à 1999; années où l'eau était plus chaude dans la région nordique et les courants du nord étaient plus forts. On a observé la présence de nombreux poissons âgés d'un 1 an (classe d'âge de 1997) en 2003 lors du relevé acoustique au large des îles de la Reine Charlotte, ce qui est plus au nord de leur domaine traditionnel, ainsi qu'un plus grand nombre de merlus âgés de 2 et 3 ans qui ont été pris lors de la pêche canadienne de 1994 et de 2000 respectivement. La faible abondance de merlus au large du Canada en 2000 et en 2001 (figure 41) était aussi remarquable et les prises étaient inférieures au total canadien autorisé des captures (TAC). Ce changement est lié aux conditions océaniques plus froides au large du Canada entre 1999 et 2001.

Selon les prélèvements effectués en 2003, la répartition du merlu (figure 41, prochaine page) semble plus représentative que celle des années antérieures à 1994. On a retrouvé des agrégations de merlus le long du rebord de la plate-forme continentale, à partir de la région située tout près du nord de la baie de San Francisco (38°N) jusqu'au bassin de la Reine Charlotte (52°N). Des concentrations maximales de merlus ont été observées au nord du cap Mendocino en Californie (~ 43°N), dans la région à partir de la frontière du Canada-États-Unis au large de la banque de La Perouse (~ 48.5°N) et aussi dans le bassin de la Reine Charlotte (~ 51°N). On n'a pas trouvé de merlu au nord du transect 98 dans le bassin de la Reine

Charlotte (52°N). En règle générale, la distribution en mer était restreinte à la zone près du rebord de la plate-forme continentale, sans compter le transect 44 (42.9°N) où on les avait déjà vu et où des merlus ont été trouvés dans une agrégation continue à plus de 2500 mètres d'eau et à 20 milles marins plus loin en mer.

Les estimations acoustiques de la biomasse des merlus dans le système du courant de Californie ont diminué régulièrement (figure 42) entre le début des années 1990 et 2001, qui a connu le plus bas niveau enregistré (738mt). En revanche, la biomasse a été estimée à 1.84 million de tonnes métriques en 2003; ce qui représente une augmentation de 120% par rapport à 2001 (figure 42). La forte classe d'âge de 1999, c'est-à-dire les merlus âgés de 2 ans et plus observés lors du relevé de 2001, (figure 43) s'est intégrée à la population en tant que poissons âgés de 4 ans en 2003 et cette classe est essentiellement responsable de l'augmentation. On peut constater cette dominance de la classe d'âge de 1999 sur les figures 44 et 45, à partir des échantillons des relevés au chalut de fond et semi-pélagiques effectués en 2003.

En 2003, l'estimation de la biomasse fut dérivée du modèle d'évaluation structuré selon l'âge (figure 45). Cette évaluation a apporté plusieurs modifications importantes au modèle de 2001, dont les plus significatives sont : 1) la révision des estimations de la biomasse découlant des relevés acoustiques effectués entre 1977 et 1992 pour refléter deux nouveaux facteurs d'extension se rapportant à l'eau profonde et à l'expansion vers le nord; 2) initialisation de la composition de la population selon l'âge en 1966 (par rapport à celle de 1972) qui inclut des estimations du recrutement de poissons âgés de 2 ans entre 1966 et 2003; et 3) des changements temporels discrets qui ont rapport à la sélectivité des relevés acoustiques.

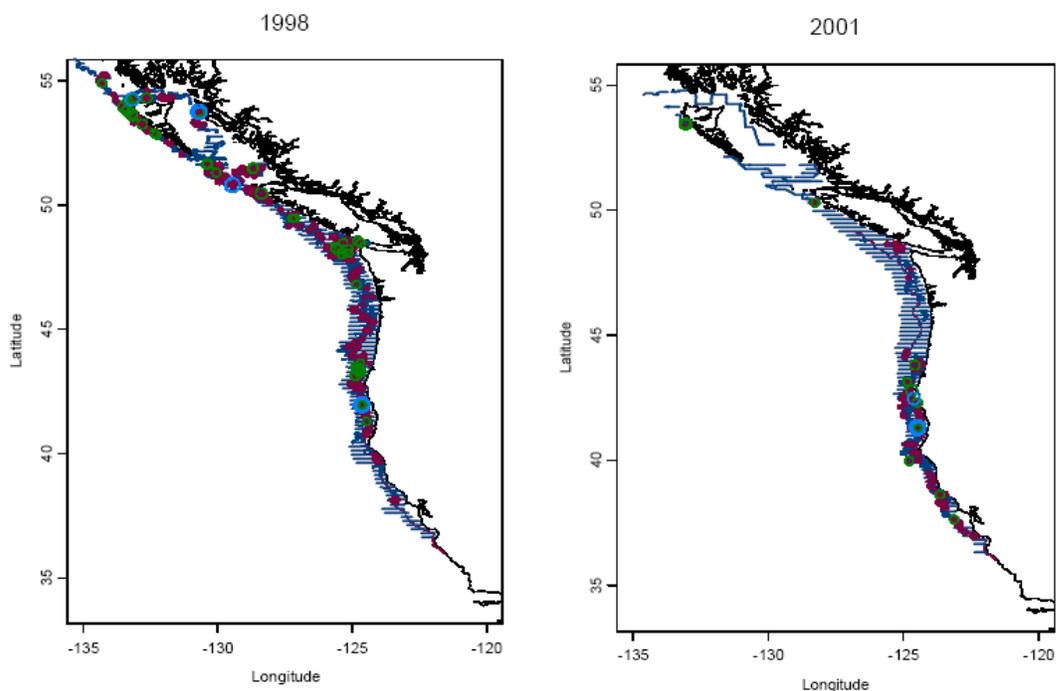


Figure 41. Rétrodiffusion acoustique (SA) attribuée aux merlus du Pacifique le long des transects de la plate-forme et de la pente au large de la côte ouest des États-Unis et du Canada entre Monterey, CA et le sud-est de l'Alaska au cours des prélèvements faits entre 1998 et 2001. Les lignes bleues indiquent la grille du relevé. Les cercles rouges représentent la répartition du merlu le long des transects et la grandeur du cercle représente l'abondance. Les cercles bleus et verts montrent l'emplacement des relevés au chalut de fond et semi-pélagiques, respectivement. (La figure continue à la page suivante.)

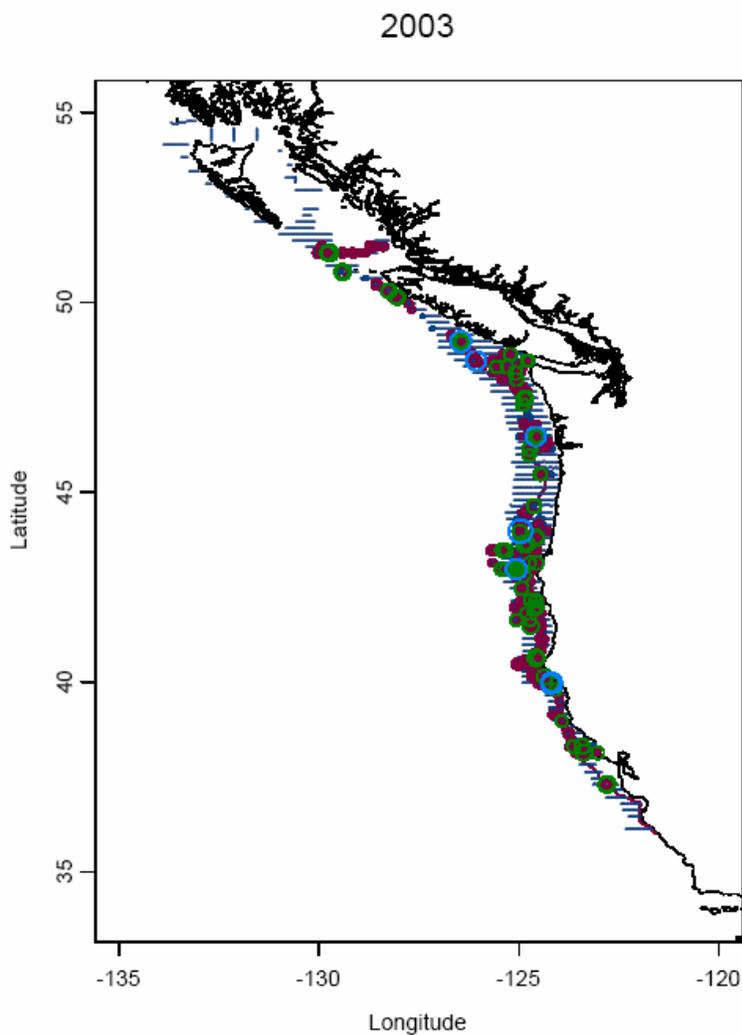


Figure 41. suite

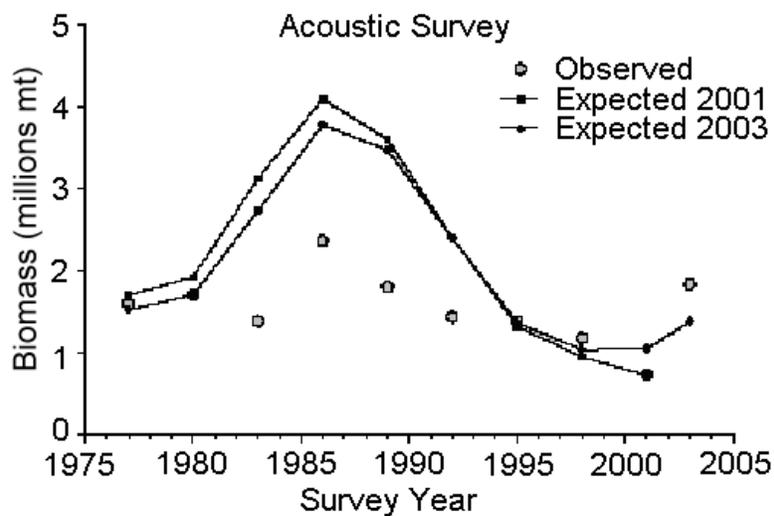


Figure 42: La comparaison des indices observés et prévus de la biomasse découlant des relevés acoustiques qui ont été estimés à partir de la mise à jour 2003 du modèle présenté dans ce document et selon le modèle d'évaluation des merlus du Pacifique 2001. Les deux modèles ont utilisé la même structure et les mêmes hypothèses. La biomasse observée et celle prévue en 2001 sont toutes les deux égales à 0.76 million mt.

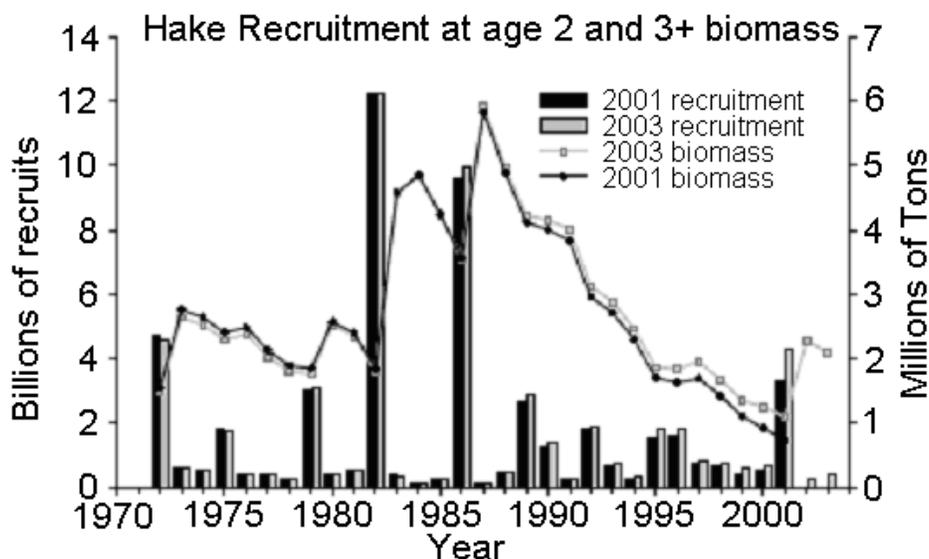


Figure 43. Comparaison entre les tendances de la biomasse et du recrutement des merlus âgés de 2 ans à partir de la dernière mise à jour en 2003 du modèle d'évaluation présenté dans ce document et selon le modèle d'évaluation des merlus du Pacifique 2001. Les deux modèles ont utilisé la même structure et les mêmes hypothèses mais la mise à jour en 2003 reflète seulement la mise à jour des prises et la nouvelle estimation de la biomasse dérivée des relevés acoustiques de 2003.

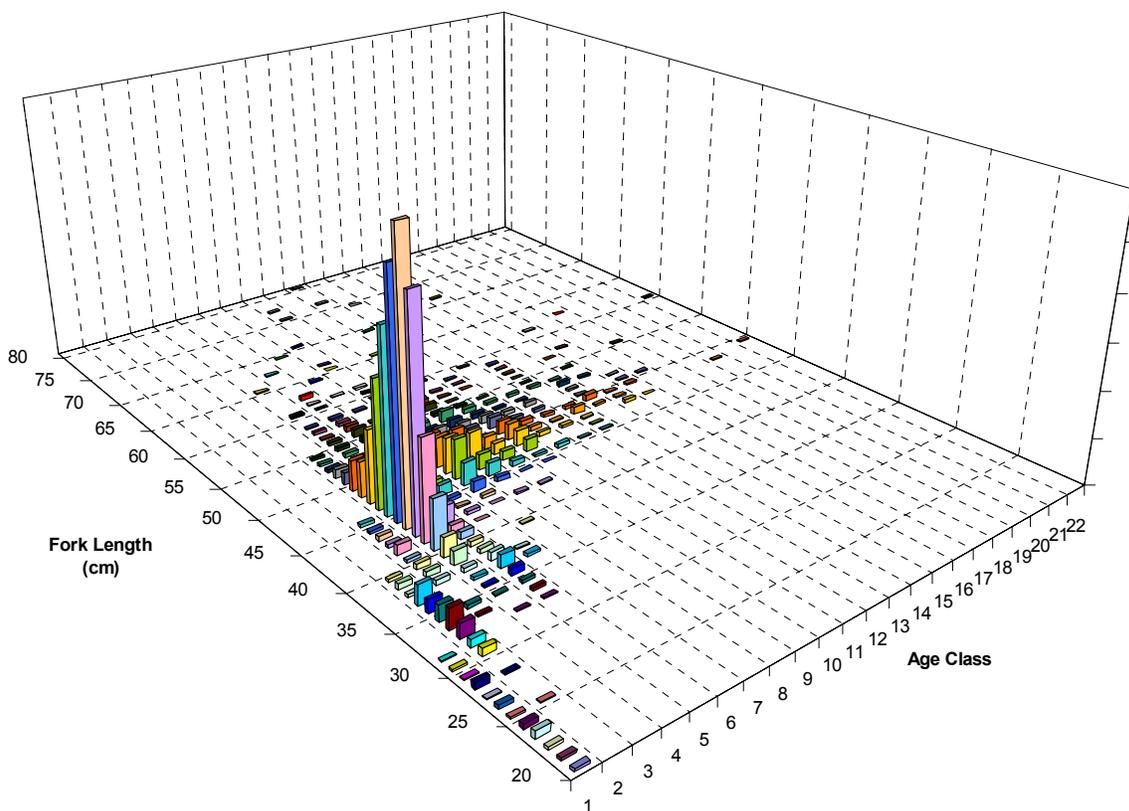


Figure 44. L'âge par rapport à la fréquence de longueur fondé sur des données provenant des prises de fond et semi-pélagiques recueillies au cours du relevé canadien-américain des merlus du Pacifique par chalut acoustique effectué à partir du NGCC W.E. RICKER, 24 juin – 2 septembre 2003.

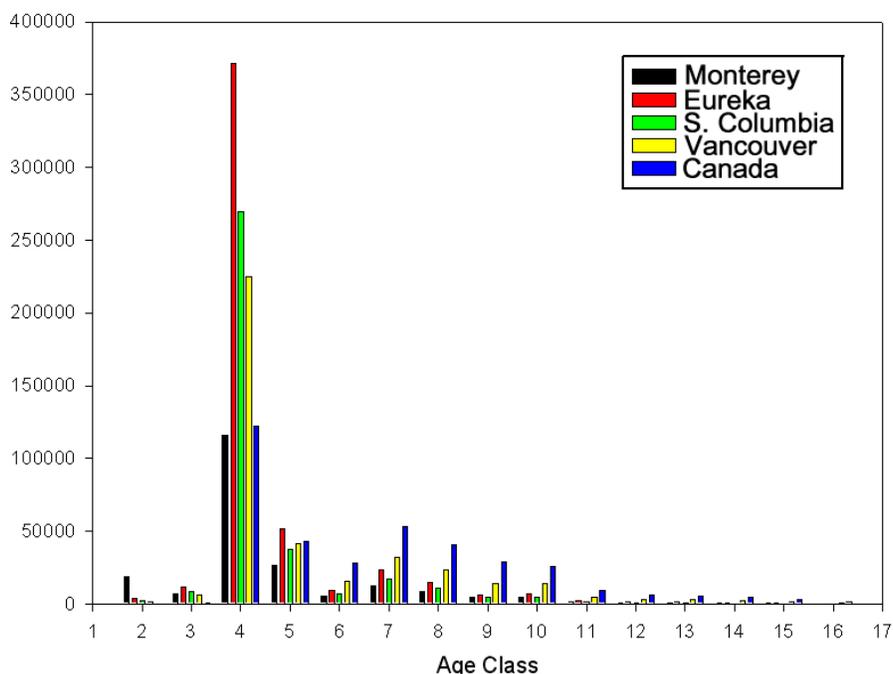


Figure 45. La biomasse en tonnes métriques par rapport à l'âge selon les régions de la CIPPN pour le relevé canadien-américain des merlus du Pacifique par chalut acoustique effectué à partir du NGCC W.E. RICKER, 24 juin – 2 septembre 2003.

## Côte ouest de l'île de Vancouver

### Conditions physiques

Les conditions océanographiques physiques, biologiques et chimiques au large de la côte ouest de l'île de Vancouver subissent des grands cycles saisonniers en réponse aux variations concomitantes du vent côtier, de l'écoulement de l'eau douce, du chauffage solaire, des conditions de luminosité, de la pression atmosphérique et des conditions océaniques en mer. Les cycles saisonniers sont à leur tour modifiés sur une large gamme d'échelles temporelles et spatiales; ce qui se manifeste notamment par les changements provoqués lors des événements principaux El Niño et La Niña dans le Pacifique Nord. Le Ministère des Pêches et des Océans suit ces changements océaniques en utilisant des données environnementales recueillies soit par des navires de recherche, soit par des stations de surveillance disséminées le long de la côte, soit par des instruments amarrés. Les relevés effectués à bord des navires fournissent des informations détaillées sur les distributions spatiales des propriétés océaniques de l'eau (la température, la salinité, les nutriments, la clarté de l'eau), des poissons, du plancton (chlorophylle) et du zooplancton. Les bouées météorologiques ont été exploitées depuis 1989 par Environnement Canada et le MPO (figure 46) et fournissent des données chronologiques à intervalles d'une heure sur les vents, la pression atmosphérique, la hauteur et la période des vagues, et la température atmosphérique et océanique; les stations de phare (figure 47) fournissent des données chronologiques quotidiennes à long terme sur la température et la salinité de surface de la mer. Les stations marégraphiques (figure 48) fournissent des données à long terme à intervalles d'une heure sur la variabilité du niveau de la mer et les courantomètres amarrés (figure 49) fournissent des données chronologiques à intervalles d'une heure sur la vitesse du courant et la température et la salinité de l'eau à des profondeurs déterminées.

La plupart des graphiques de données chronologiques font référence à la période entre 1990 et 1996, ce qui est la plus longue période de données presque continues provenant de tous les ensembles de données présentés dans cette section qui ne sont pas influencés par le très fort El Niño de 1997-98. Les moyennes supérieures à celles de la période entre 1990 et 1996 ainsi que les écarts par rapport à cette période sont alors plus directement comparables à toutes les données.

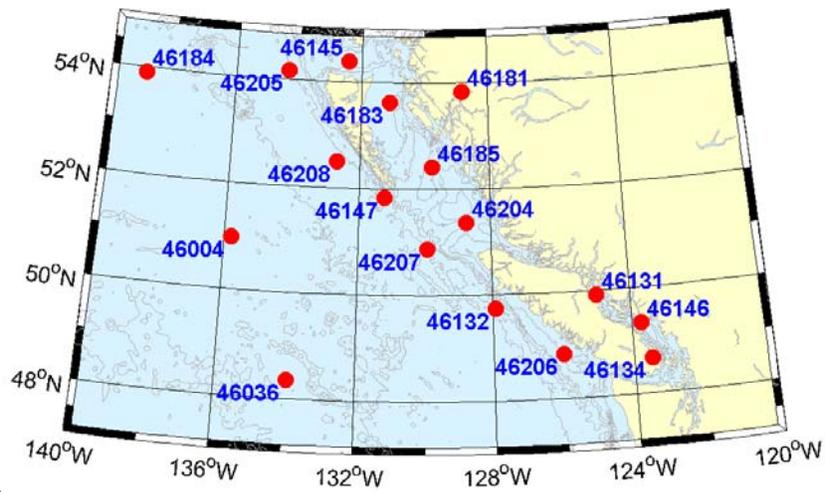


Figure 46. Emplacements des bouées météorologiques canadiennes en 2003.

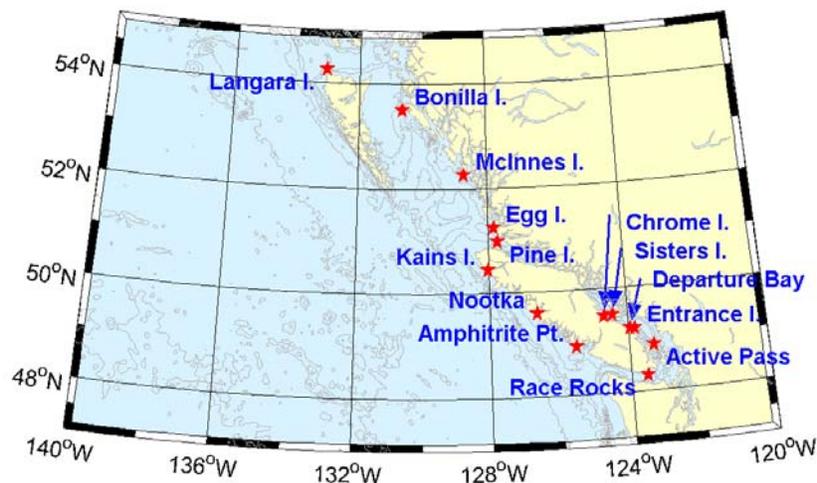


Figure 47. Emplacements des stations d'échantillonnage d'eau des phares canadiens en 2003.

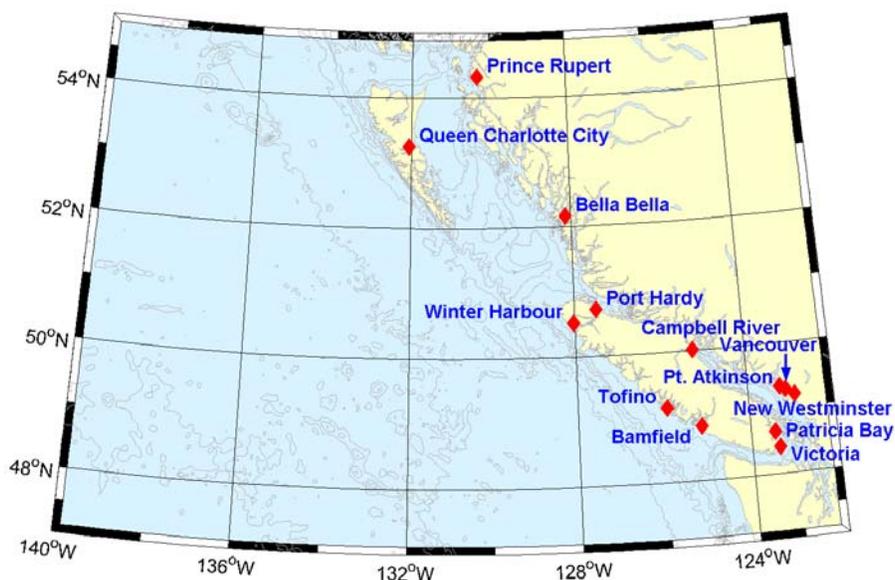


Figure 48. Emplacements de marégraphes canadiens en 2003.

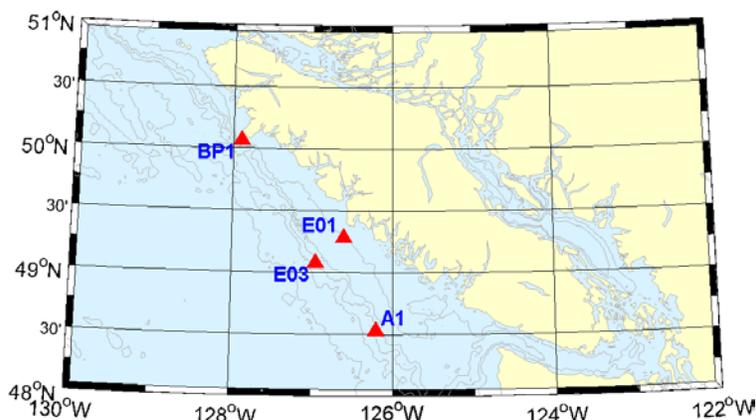


Figure 49. Emplacements des courantomètre de Pêches et Océans Canada en 2003.

*Données de surface de la mer*

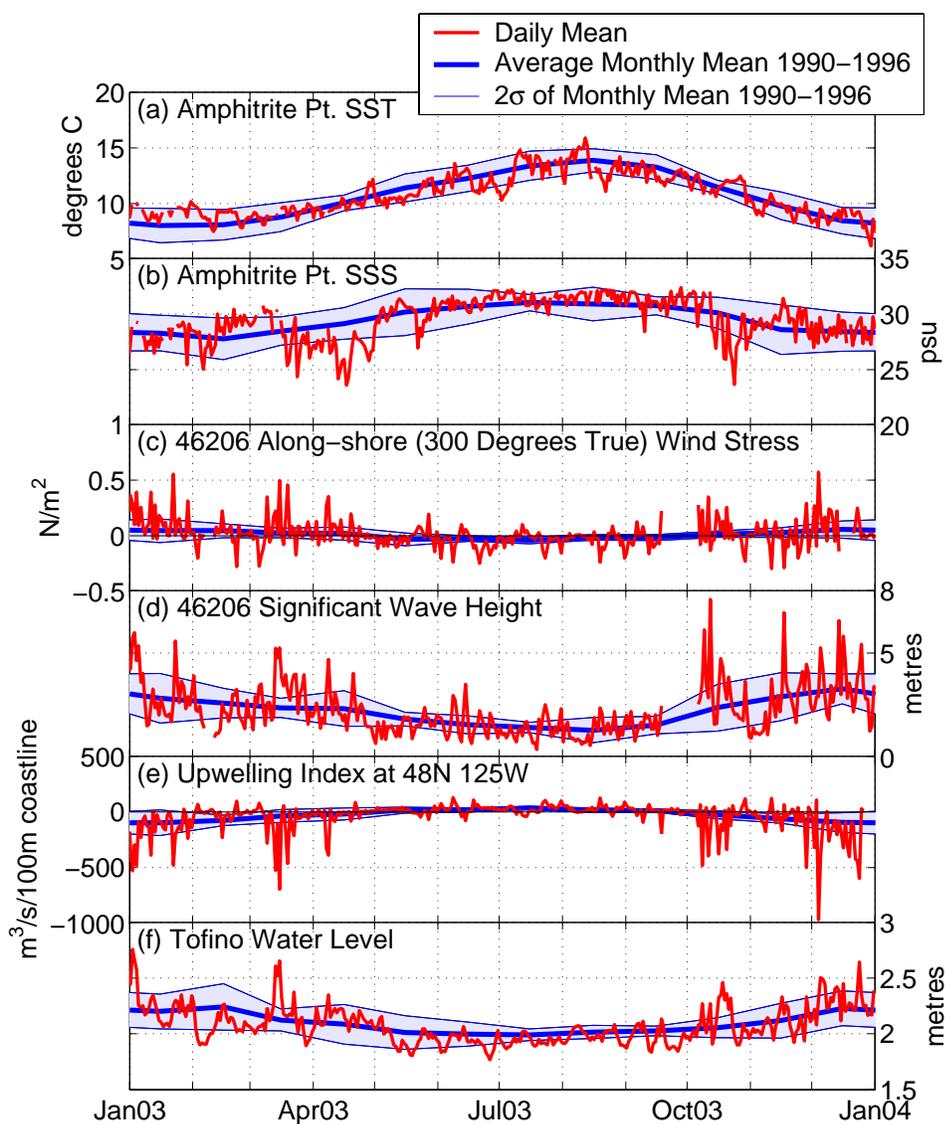


Figure 50. Valeurs quotidiennes relevées en 2003 de (a) la température de surface de la mer, (b) la salinité de surface de la mer, (c) la force d'entraînement du vent sur la côte, (d) la hauteur significative des vagues, (e) l'indice représentant la remontée d'eau, et (f) le niveau d'eau. La force positive d'entraînement du vent sur la côte est due à la composante du vent qui souffle à peu près à 300° du nord-ouest. La bouée météorologique 48206 est située sur la plateforme continentale au sud-ouest de Tofino (voir la figure 46).

Des données chronologiques de l'année 2003, provenant de la côte ouest, de la température de surface de la mer (TSM), de la salinité de surface de la mer (SSM), de la force d'entraînement du vent sur la côte, de la hauteur significative des vagues, de la remontée d'eau et du niveau de l'eau sont illustrées à la figure 50. Les valeurs quotidiennes moyennes sont présentées par rapport aux moyennes mensuelles calculées entre 1990 et 1996. (Les moyennes quotidiennes sont des données chronologiques qui ont été filtrées avec un filtre passe-bas, ce qui a éliminé les périodes inférieures à 30 heures.) Les valeurs de la TSM sont nettement supérieures à la normale en janvier et en février 2003; ce qui est probablement associé à l'événement El Niño qui a commencé à la fin 2002 (figure 50a). Pour le reste de l'année, les TSM se situaient près de la moyenne calculée entre 1990 et 1996.

La salinité de surface de la mer (SSM) se situait près de la moyenne calculée entre 1990 et 1996 pendant une grande partie de 2003, cependant des baisses significatives de salinité ont duré une semaine ou plus en avril et en octobre (figure 50b). Il est probable que ces faibles salinités furent causées par un fort écoulement de l'eau de surface.

L'apport nutritif vers les eaux côtières est déterminé par le mélange de marée et par les vents qui entraînent les remontées d'eau. Le mélange de marée varie très peu d'un été à l'autre, mais des variations du vent qui entraînent les remontées d'eau peuvent avoir un impact considérable sur l'apport nutritif et la productivité primaire de la plate-forme continentale. Le transport d'Ekman est un courant de surface de la mer qui coule à la droite du vent sous l'effet de la rotation de la terre. Lors des tempêtes d'hiver, des vents provenant du sud-est poussent les courants de surface de la mer le long de la côte ouest de l'île de Vancouver vers la droite en direction de l'île. Cet écoulement est bloqué près du rivage et s'accumule là, augmentant le niveau de la mer et déplaçant ainsi l'eau de surface vers le bas. Par conséquent, le terme plongée d'eau est associé aux vents du sud-ouest et remontée d'eau est associée aux vents du nord-ouest. Les vents associés à la remontée d'eau apportent l'eau de mer riche en nutriments à la surface et stimulent donc la croissance de phytoplancton. Une tempête typique qui produit des vents associés à la plongée d'eau pourrait élever le niveau de la mer au rivage de 30 centimètres et pourrait repousser l'interface entre la surface et la subsurface de la plate-forme continentale adjacente de 30 mètres.

Des vents plus forts associés à la remontée d'eau soufflent du nord-ouest et transportent l'eau froide et riche en nutriment vers la surface de la mer; les vents qui soufflent du sud-est sont associés à la plongée d'eau et suppriment l'apport de nutriments vers la surface de la mer et réchauffent les eaux de surface. Une fois remontées à la surface, les eaux riches en nutriments s'éloignent du rivage si les vents continuent à souffler du nord-ouest; ce qui est appelé le transport d'Ekman. En résumé, les vents du nord-ouest entraînent un apport de nutriments à la surface, provoquent une baisse des températures de l'eau et une baisse des niveaux de la mer près de la côte.

Au cours de 2003 il y a eu des vents forts du sud-est qui ont duré quelques jours (favorisant la plongée d'eau) durant les mois de janvier, mars, avril, octobre, et décembre (force d'entraînement positif du vent côtier tel que l'indique la figure 50c). Des périodes de vent plus ou moins fort du nord-ouest, des vents favorisant la remontée d'eau, se sont produits en février, mars, octobre et novembre (force d'entraînement négatif du vent côtier tel que l'indique la figure 50c). La plus importante de celles-ci a eu lieu en novembre, lorsque des périodes répétées de vents favorables à la remontée d'eau ont augmenté le transport ascendant des nutriments à la base de la couche de mélange au moment où la quantité de nutriments plutôt que de la lumière aurait possiblement limitée la productivité biologique.

En 2003, les hauteurs des vagues se situaient près de la moyenne calculée entre 1990 et 1996 pendant une grande partie de l'année (figure 50d) et présentaient des valeurs supérieures à la moyenne en janvier, mars, avril et aussi d'octobre à décembre lorsque les vents étaient forts (figure 50c). Les hauteurs de vagues inférieures à la moyenne durant environ une semaine ont été observées en mai, août et novembre lorsque les vents étaient faibles.

L'indice de la remontée d'eau du PFEL (Pacific Fisheries Environmental Laboratory) FNMOC (Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center) pour la côte ouest de l'île de Vancouver et pour le nord-ouest de l'état de Washington (48° N, 125° W) est indiqué à la figure 50e. Cet indice représente la composante vers la mer du transport d'Ekman induit par le vent.

Il y a eu des périodes de forte plongée des eaux (valeurs négatives) en janvier, mars, octobre et décembre 2003; ce qui est aussi indiqué par une force d'entraînement positif (vers le nord) du vent côtier à la figure 50c. Des événements faibles à modérés de remontée d'eau (valeurs positives) se sont produits entre février et novembre. La plus forte remontée d'eau s'est manifestée en novembre, entraînée par des vents soufflant du nord-est (figure 50c).

Le niveau d'eau se situait près de la moyenne calculée entre 1990 et 1996 pendant une grande partie de l'année 2003. Les niveaux d'eau étaient nettement supérieurs à la moyenne pendant quelques jours en janvier, mars, octobre et décembre (figure 50f). Ces événements correspondaient aux vents du sud-est qui entraînent une plongée des eaux en repoussant l'eau vers la côte; ce qui augmente le niveau de l'eau (figure 50c). Des niveaux d'eau inférieurs à la moyenne pendant quelques jours ou une semaine en février-mars, mai-juin, septembre et novembre se sont produits en même temps que les vents du nord-ouest; ceux-ci ont entraîné une remontée d'eau en transportant l'eau vers la mer; ce qui a produit une baisse du niveau des eaux côtières.

Des données chronologiques pluriannuelles de la température de surface de la mer (TSM), de la salinité de surface de la mer (SSM), de la force d'entraînement du vent côtier, de la hauteur significative des vagues, des remontées d'eau et du niveau d'eau pour la période des observations sont indiquées à la figure 51. Les anomalies mensuelles moyennes par rapport à la moyenne calculée entre 1990 et 1996 sont présentées ainsi que leur moyenne mobile de trois ans; ce qui illustre la variabilité basse fréquence.

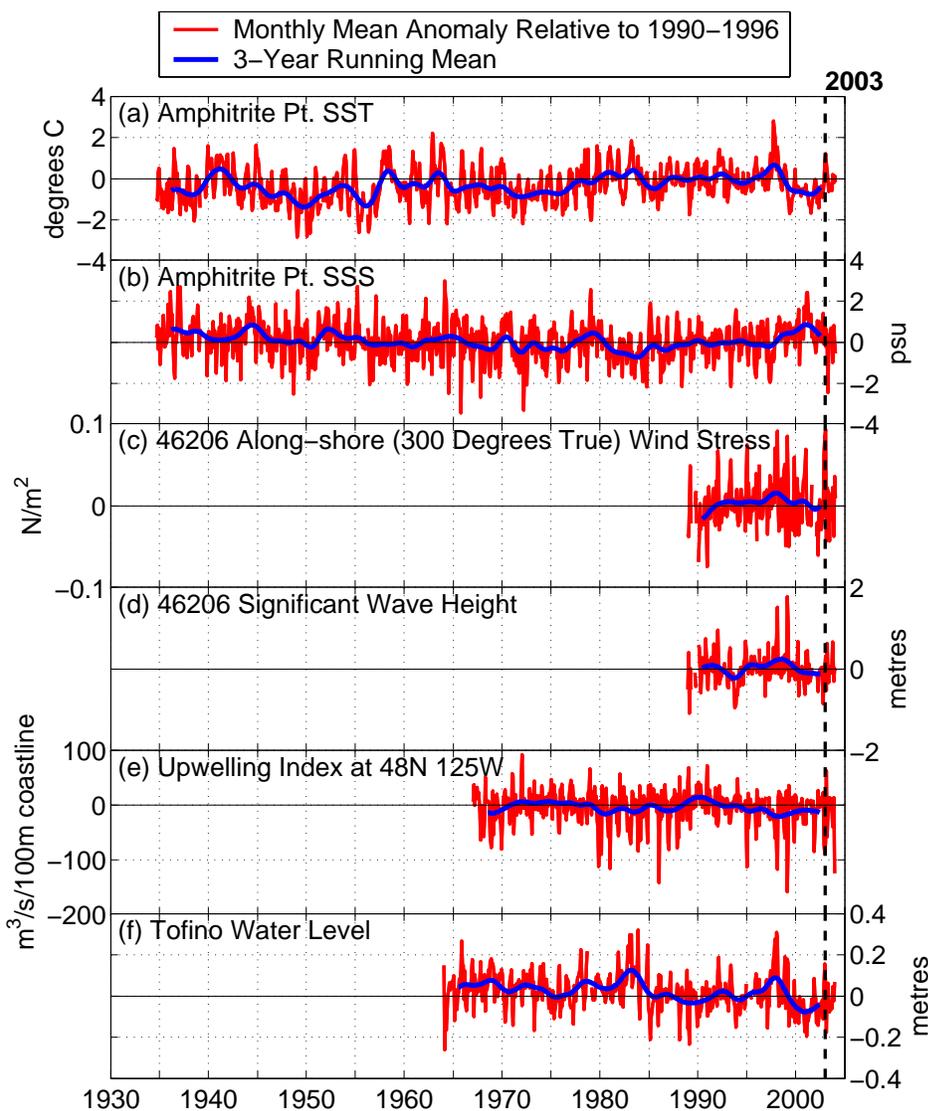


Figure 51. Anomalies mensuelles moyennes (en rouge) par rapport à la moyenne calculée entre 1990 et 1996 et leurs moyennes mobiles de trois ans (en bleu) (a) de la température de surface de la mer, (b) de la salinité de surface de la mer, (c) de la force d'entraînement du vent côtier, (d) de la hauteur significative des vagues, (e) des remontées d'eau et (f) du niveau de l'eau. La ligne verticale discontinue représente l'année 2002.

En 2003, la température et la salinité moyenne à la station de la pointe Amphitrite se situaient à nouveau près de la moyenne calculée entre 1990 et 1996 après une longue période froide et salée qui a commencé en 1998/99 lors de l'épisode La Niña (figures 51a et b).

La force d'entraînement du vent côtier et les hauteurs des vagues à la bouée 42806 se situaient près de la moyenne calculée entre 1990 et 1996 pendant 2003 (figures 51c et d). En 2003, l'indice de la remontée d'eau se situait près de la moyenne calculée entre 1990 et 1996 après avoir été inférieur à la moyenne observée depuis la mi-1990. La variabilité interannuelle du niveau d'eau à Tofino reflétait celle de la TSM des années 1970 à la station de la pointe Amphitrite, avec des niveaux très élevés au début des années 1980 et vers la fin des années 1990 et le niveau de l'eau, tout comme celle de la TSM, se situait près de la moyenne calculée entre 1990 et 1996 après avoir été inférieur à la moyenne depuis 1998.

Au printemps 2004, une augmentation des températures de l'océan supérieur s'est produite plus tôt dans l'année le long de la côte Pacifique de l'Amérique du Nord. Les températures et les anomalies de température pour mai 2004 sont tracées ci-dessous.

Les données affichées sous forme de courbes à la figure 52 montrent une nappe d'eau de surface anormalement chaude qui s'étend sur 1000 kilomètres de largeur le long de la côte du Pacifique jusqu'à la mer de Bering. Les anomalies de surface étaient supérieures à 1°C le long de la côte; elles étaient supérieures à .5 °C environ à 100 m et elles étaient près de zéro à 300 m. Des anomalies semblables ont été mesurées en mars et avril.

Au cours du mois de mai, des anomalies de température nettement supérieures à la normale ont été mesurées aux phares côtiers de la C.-B. : Race Rocks, 1°; pointe Amphitrite, 1.5°; pointe Nootka, 1.5°; île Kains 1.5° supérieures à la normale et toutes ces valeurs ont atteint des nouveaux records, au moins pendant les années sans El Niño. Jusqu'au 13 juin, la pointe Amphitrite est encore de .5°C au-dessus de la normale.

Cette situation pourrait se redresser si le mois de juin est froid mais jusqu'ici il semble que les conditions océaniques chaudes sont de retour à la côte.

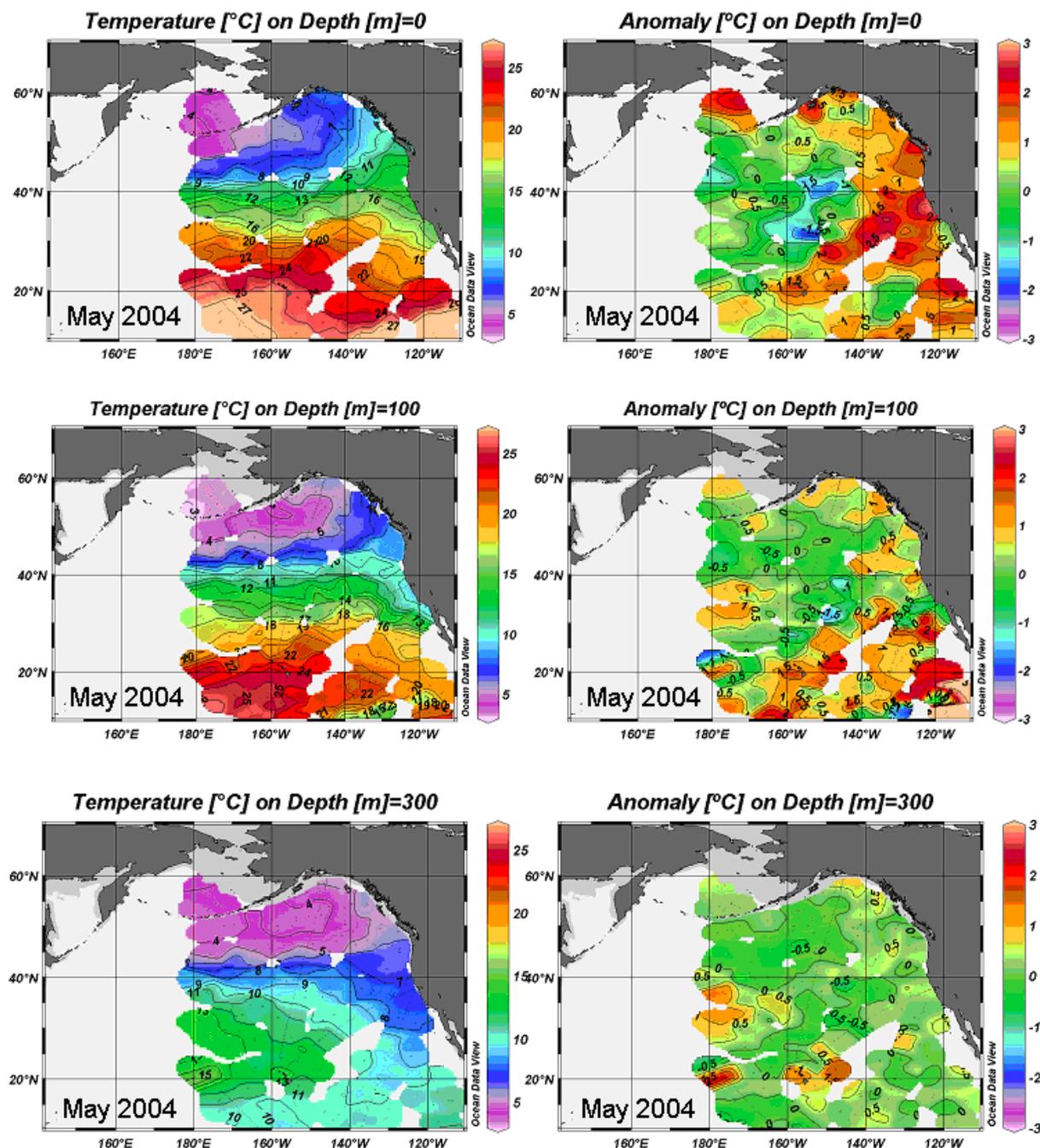
**XBT Temperatures for May, 2004 and Anomalies from Levitus Climatology**

Figure 52. La température (panneaux à gauche) et ses anomalies (panneaux à droite) de la partie est de l'océan Pacifique en mai 2004 et observées à trois niveaux de profondeur: à la surface (partie supérieure), à 100 mètres (partie du milieu) et à 300 mètres (partie inférieure).

**Données de subsurface (pente continentale, région de la Perouse)**

Les températures de subsurface mesurées par le courantomètre mouillé A1 (voir la figure 49) à 35, 100, 175 (figure 53) et 400 (non montré) mètres au-dessus de la pente continentale étaient plus chaudes que la moyenne mensuelle calculée entre 1990 et 1996 pour janvier-février 2003 mais étaient égales ou inférieures à la moyenne vers l'automne (la série chronologique se termine en septembre 2003).

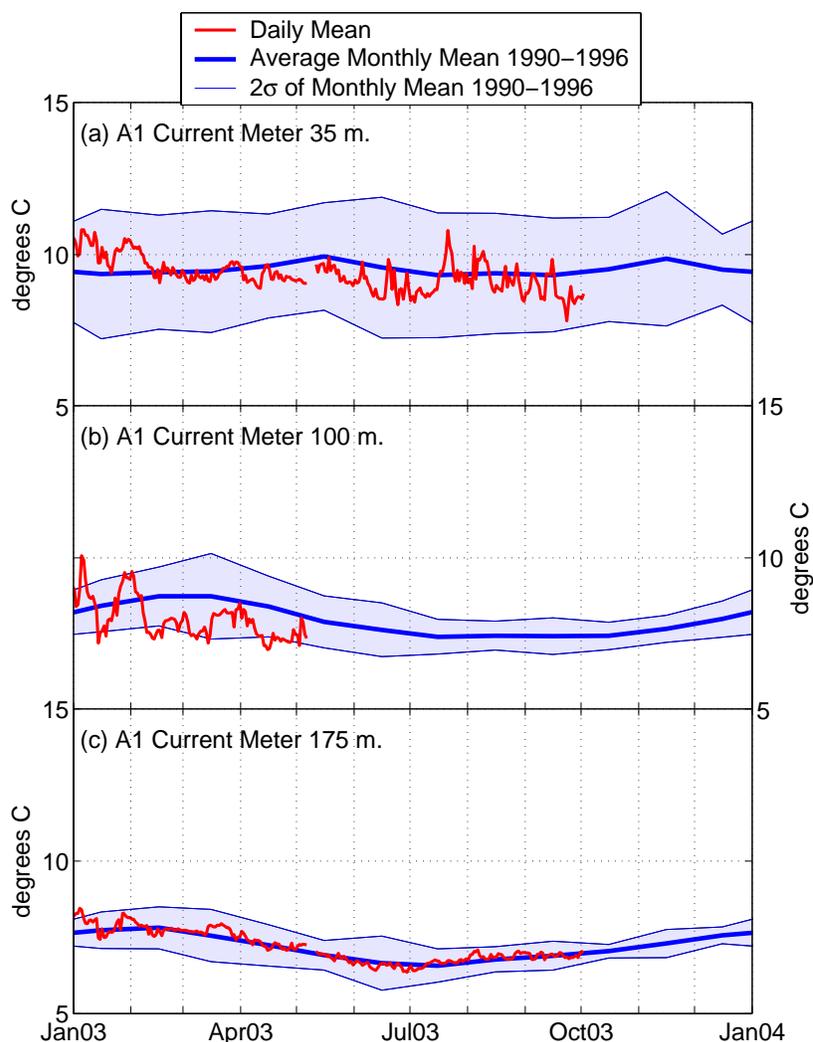


Figure 53. Les températures mesurées par le courantomètre mouillé A1 à 35, 100, et 175 mètres de profondeur pour l'année 2003.

Des anomalies positives de 2, 1 et 0.5 °C ont été observées en janvier et en février à 35, 100 et 175 mètres de profondeur nominale, respectivement. Notez que la profondeur actuelle des trois courantomètres mouillés supérieurs à la figure 53 est à 20 m de plus que la profondeur nominale entre janvier et mai; les autres courantomètres ont été déployés aux profondeurs nominales. Si les déploiements entre janvier et mai s'étaient retrouvés aux profondeurs nominales (moins profond), de plus grandes anomalies positives de température auraient probablement été observées. En règle générale, entre mai et septembre, les températures se situaient à 1-2 °C au-dessous de la moyenne à 35 m de profondeur et elles étaient égales ou légèrement supérieures à la moyenne à 175 m de profondeur. (Les données ne sont pas disponibles à 100 m de profondeur entre mai et septembre.) Il faut aussi remarquer que des températures presque constantes à 100 m et 175 m de profondeur ont été observées au cours du printemps; des conditions qui ne se sont produites depuis la fin 2002.

La vitesse du courant côtier au-dessus de la pente continentale en 2003 mesurée à A1 se situait vers le pôle (s'écoulant vers le nord-ouest) et était légèrement inférieure à la normale pour une grande partie de l'hiver et du printemps (elle a atteint une valeur maximale d'environ 60 cm s<sup>-1</sup> en début janvier à une profondeur de 35 m) (figure 54a).

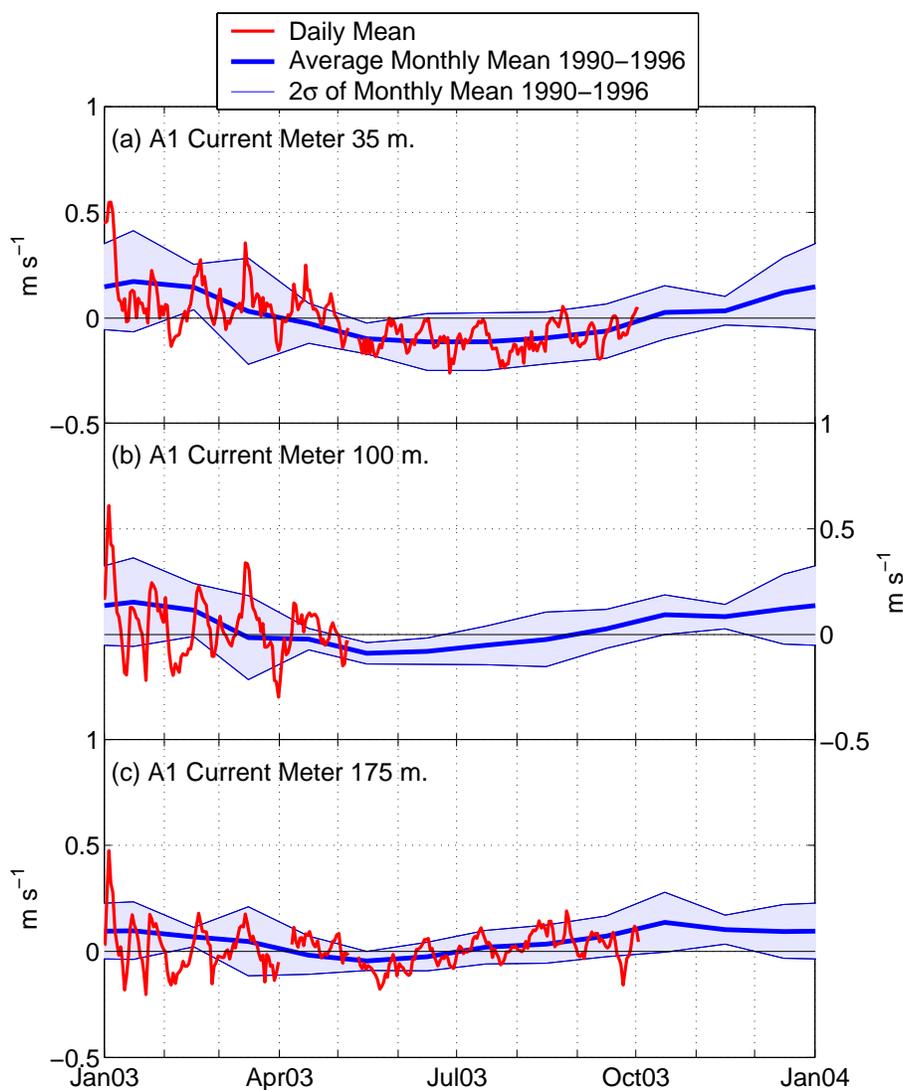


Figure 54. Vitesse du courant côtier (s'écoulant vers le nord-ouest) à 35, 100 et 175 mètres de profondeur au courantomètre mouillé A1 pour l'année 2003.

Au cours de l'hiver et du printemps, des inversions multiples d'une durée de quelques jours ont été observées, ainsi qu'une inversion remarquable qui s'est produite à la mi-février et a duré environ deux semaines à toutes les profondeurs. L'écoulement s'est dirigé principalement vers l'équateur durant le mois de mai et la vitesse est revenue à la normale pour le reste des données chronologiques (de mai à septembre). Lorsque les conditions du vent et d'écoulement sont normales, les courants de la pente continentale à toutes profondeurs se dirigent vers le pôle en hiver et au début du printemps. Les courants s'inversent soudainement au cours du printemps (la "transition du printemps") et coulent vers l'équateur jusqu'à la fin de l'été ou au début de l'automne sous l'effet des vents dominants du nord-ouest (favorisant la remontée d'eau). L'écoulement change de direction et se déplace vers le pôle; ce qui commence progressivement plus tôt par rapport à la profondeur dans la colonne de l'eau. Pour la plupart des années 1990, le transport annuel moyen se faisait principalement vers le pôle au-dessus de la côte sud-ouest de la partie sud de l'île de Vancouver.

En 2003, les températures de subsurface à 35, 100 et 175 mètres de profondeur au courantomètre mouillé A1 se situaient près de la moyenne mensuelle calculée entre 1990 et 1996, à la suite d'une période où les températures étaient inférieures à la moyenne; ce qui a commencé en 1998 (figure 55).

En 2003, le courant côtier à A1 marque un retour à des conditions plus conformes à la moyenne calculée entre 1990 et 1996, depuis que l'écoulement a subi un changement progressif mais radical de direction et s'est déplacé vers l'équateur; ce qui a commencé en 2000 (figure 56).

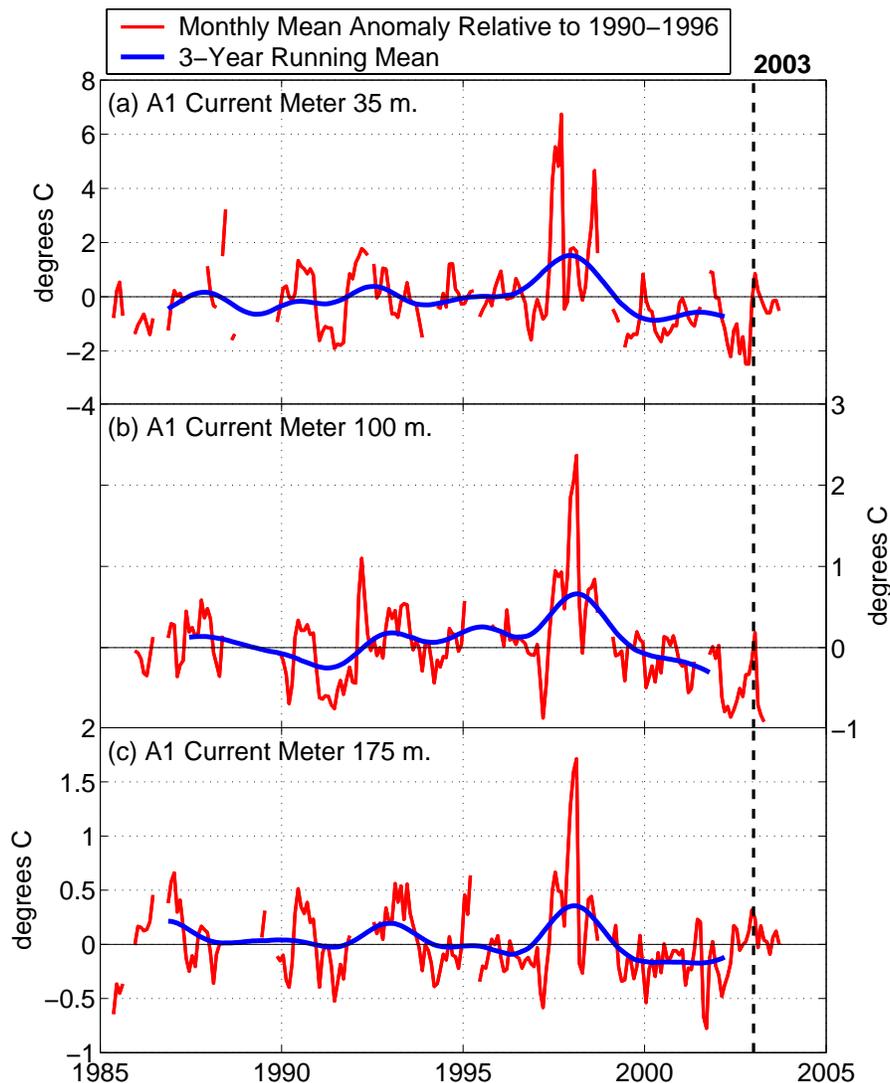


Figure 55. Anomalies de température à 35, 100 et 175 mètres de profondeur au courantomètre mouillé A1 entre 1985 et 2003. Notez les différentes échelles verticales aux trois panneaux.

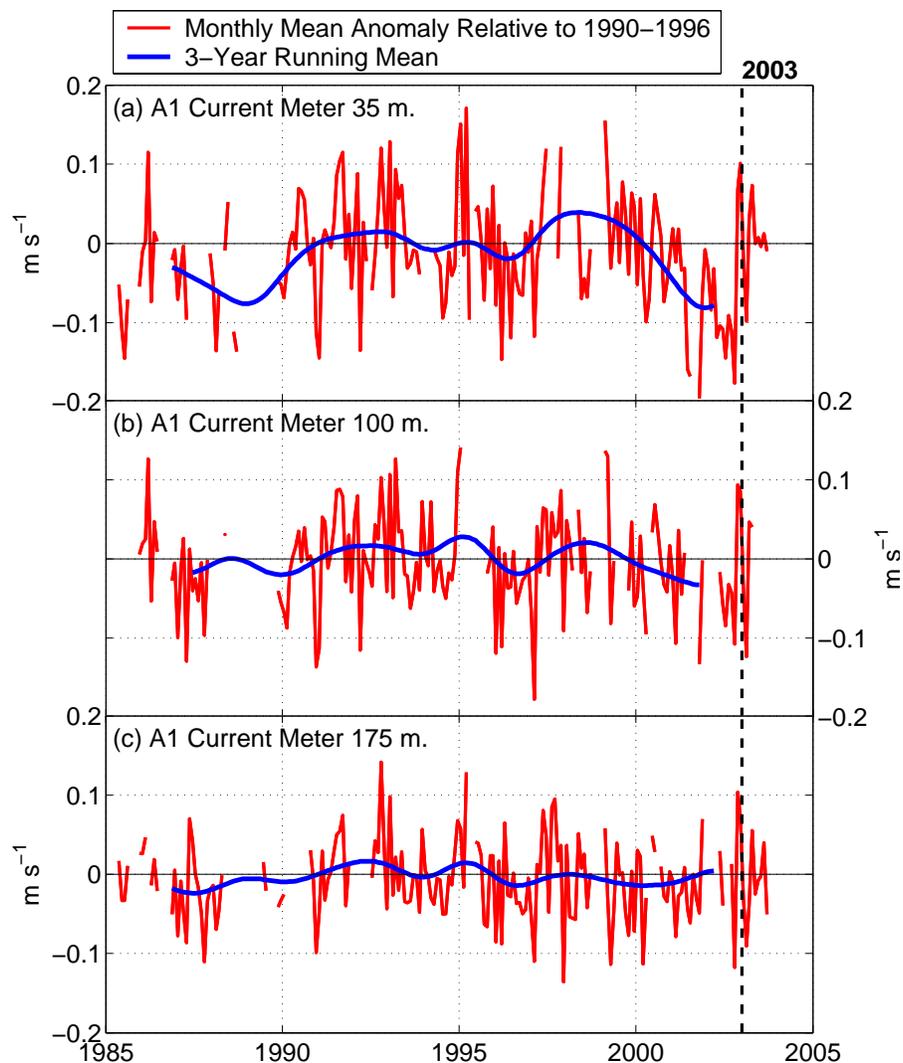


Figure 56. Vitesses du courant côtier (vers le pôle) à 35, 100 et 175 mètres de profondeur au courantomètre mouillé A1 entre 1985 et 2003.

### *Phytoplankton*

La côte ouest de l'île de Vancouver connaît une forte variabilité spatiale et temporelle de la biomasse du phytoplancton. La surveillance exige donc un prélèvement à haute résolution spatiale et temporelle; ce qui est difficile à réaliser à partir des observations recueillies seulement à bord des navires. En utilisant des détecteurs de couleur à bord des satellites, nous pouvons estimer les concentrations de chlorophylle à la surface de l'océan; ce qui nous fournit de l'information sur la répartition et l'abondance du phytoplancton dans l'océan supérieur à des échelles synoptiques et à des courts intervalles temporels. Des données chronologiques d'après les observations satellites de la couleur provenant de SeaWiFS sont présentées le long de deux transects (les lignes C et J) au large de l'île de Vancouver (figure 57) commençant peu après le lancement de la sonde satellite.

Les concentrations de chlorophylle à la surface de l'océan le long de la côte sud-ouest de l'île de Vancouver (ligne C; figure 58) démontre qu'en 2003, la prolifération de phytoplancton a commencé au mois de mars comme par les deux années précédentes (2001-2002) plutôt qu'en avril tel qu'observé entre 1998 à 2000. La prolifération printanière commence plus tôt probablement à cause de l'augmentation saisonnière du rayonnement solaire et de la stratification de la colonne d'eau. Malheureusement, les observations de terrain n'ont pas été enregistrées pour ce temps de l'année, donc, faute de preuve, nous ne

pouvons pas confirmer les observations satellitaires de chlorophylle avec des mesures in situ, ni identifier les facteurs responsables des variations de la synchronisation de la prolifération printanière. Nombre d'études ont indiqué que la synchronisation de la prolifération printanière peut influencer de manière significative la production du réseau alimentaire, en particulier la croissance et la survie des copépodes et des larves de poissons.

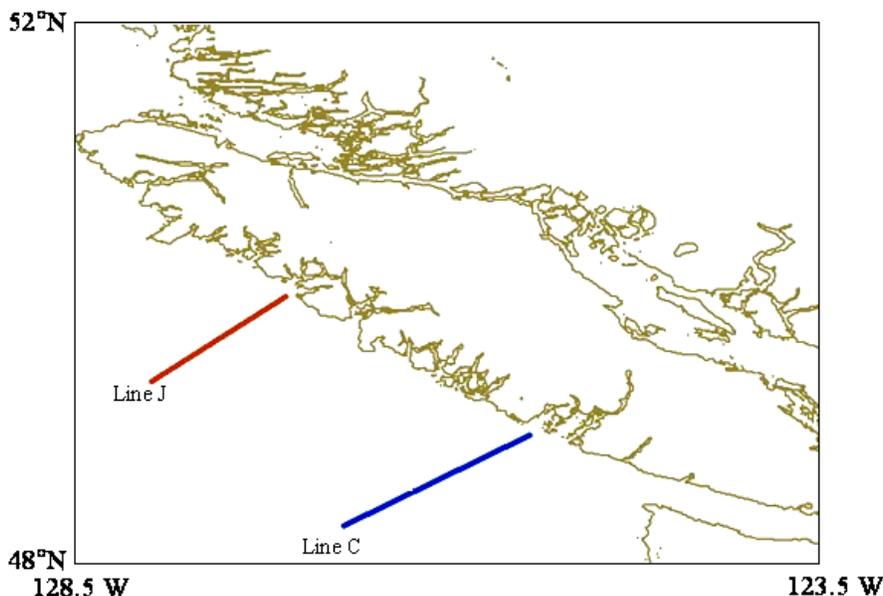


Figure 57. Les emplacements des transects sur la côte ouest de l'île de Vancouver.

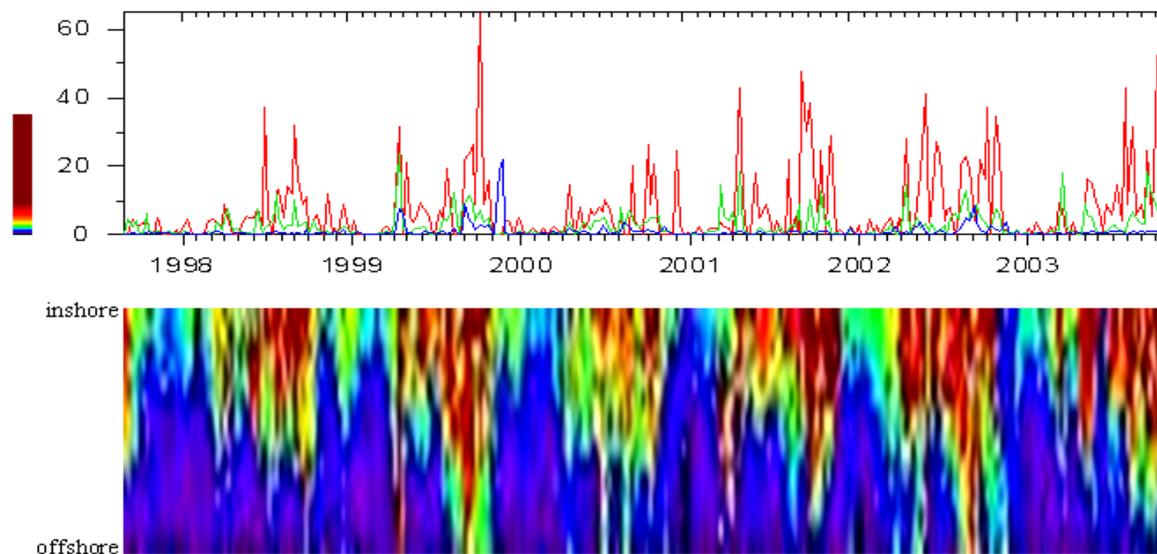


Figure 58. Série chronologique d'images composites sur huit jours provenant de SeaWiFS, de la concentration de chlorophylle à la surface de l'océan ( $\text{mg m}^{-3}$ ) suivant la ligne C du transect au large du sud-ouest de l'île de Vancouver entre septembre 1997 et novembre 2003. Panneau supérieur: concentration de chlorophylle dans la zone côtière (ligne rouge), dans la zone semi-hauturière (ligne verte) et dans la zone extracôtière (ligne bleue). Panneau inférieur: concentrations de chlorophylle le long du transect, avec les couleurs dénotant les concentrations tel que l'indique la barre de couleur à la gauche du panneau supérieur.

Au transect nord (la ligne J), les concentrations de chlorophylle à la surface sont généralement inférieures à celles de la région méridionale et une prolifération printanière a été observée uniquement en 2001. En règle générale, des concentrations plus élevées sont observées vers la fin de l'été dans cette région. La ligne C et la ligne J démontrent des concentrations plus élevées de chlorophylle à la surface de l'océan qui

ont été observées plus tard dans l'année (juillet-septembre) et elles étaient présentes seulement dans la région près du rivage en 2003 par rapport aux observations de 2002.

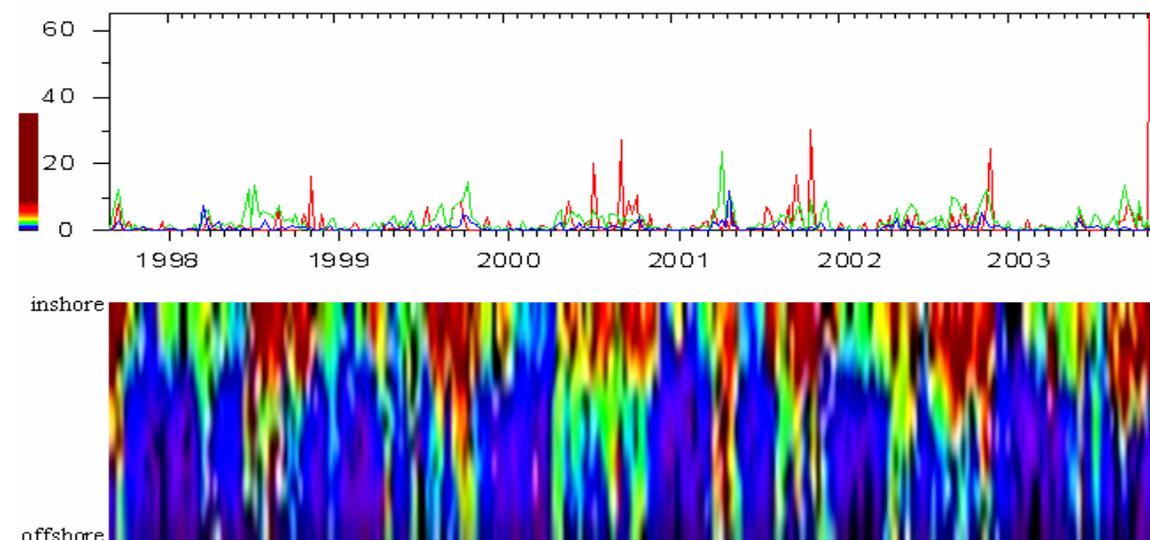


Figure 59. Série chronologique d'images composites sur huit jours provenant de SeaWiFS de la concentration de chlorophylle à la surface de l'océan ( $\text{mg m}^{-3}$ ) suivant la ligne J entre septembre 1997 et novembre 2003. Panneau supérieur: concentration de chlorophylle dans la zone côtière (la ligne rouge), dans la zone semi-hauturière (la ligne verte) et dans la zone extracôtière (la ligne bleue). Panneau inférieur: concentrations de chlorophylle le long du transect, avec des couleurs dénotant les concentrations tel qu'indique la barre de couleur à la gauche du panneau supérieur. Les observations SeaWiFS sont disponibles seulement depuis septembre 1997.

### *Les nouvelles images satellitaires pour la surveillance côtière*

Les deux nouveaux détecteurs de couleur de l'océan lancés par NASA (MODIS) et par ESA (MERIS) mesurent la fluorescence émise par la chlorophylle qui est présente dans le phytoplancton trouvé près de la surface. MODIS fournit des images à une résolution de 1 kilomètre. MERIS fournit des données à une résolution de 1.2 kilomètre et aussi à une résolution de 300 m dans quelques régions. Une image MERIS du 5 septembre 2002 à pleine résolution (300 m) est présentée ci-dessous. Les scientifiques de Pêches et Océans Canada participent à l'évaluation des données des images provenant de MERIS dans le cadre d'un projet réalisé en collaboration avec l'Agence Spatiale Canadienne.

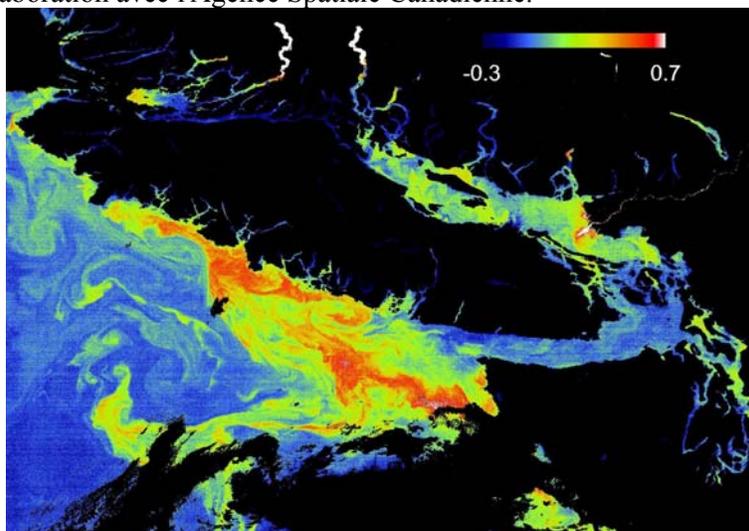


Figure 60. Image Meris du 5 septembre 2002 à pleine résolution (300 m). Des manifestations de la fluorescence chlorophyllienne à la surface peuvent être observées le long de la côte et dans les bras de mer. Les valeurs sont suspectes dans les régions ayant des concentrations élevées de matériel suspendu telles que l'entrée de certains bras de mer et le panache du fleuve Fraser.

En comparaison avec d'autres satellites qui mesurent la couleur de l'océan, MERIS a une résolution spatiale plus élevée et des bandes spectrales qui permettent la détection d'une crête spectrale près des 705 nm; ce qui est une signature spectrale des conditions d'une prolifération planctonique (concentrations élevées de chlorophylle en surface, supérieures à  $50 \text{ mg.m}^{-3}$ ). D'autres images peuvent être produites pour démontrer l'amplitude de cette crête.

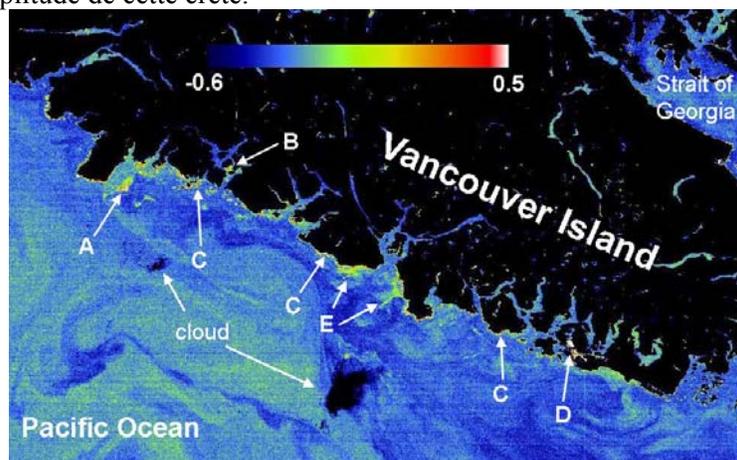


Figure 61. L'amplitude de la crête du spectre de lumière visible à 705 nanomètres, une signature spectrale des proliférations phytoplanctoniques. Des valeurs élevées en mer sont indiquées à A et à une exploitation de pisciculture à B. En ce moment, la ferme piscicole rapportait des manifestations très évidentes de proliférations à la surface. Les fausses alarmes prévues sont le varech (C) et la mousse de mer (D). D'autres régions (E) sont interprétées comme étant des proliférations qui ont des concentrations inférieures à cette biomasse.

Des mesures de la chlorophylle sont recueillies à bord des navires au cours des croisières le long de la ligne P et des données chronologiques ont été recueillies à la fin de l'été depuis 1994. La figure 62 démontre les teneurs en nitrate et en chlorophylle enregistrées aux stations côtières de la ligne P, provenant d'un échantillon recueilli l'été à chacune des quatre stations de la ligne P situées près de la côte. On s'attend de retrouver des fortes concentrations de chlorophylle au cours de l'été où les taux de nutriments sont élevés; ce qui est généralement le cas, comme l'indique la figure 62 sauf pour les données recueillies en 2003. Un petit l'échantillon et une variabilité spatiale significative pourraient avoir causé cette variation telle que présentée aux pages précédentes.

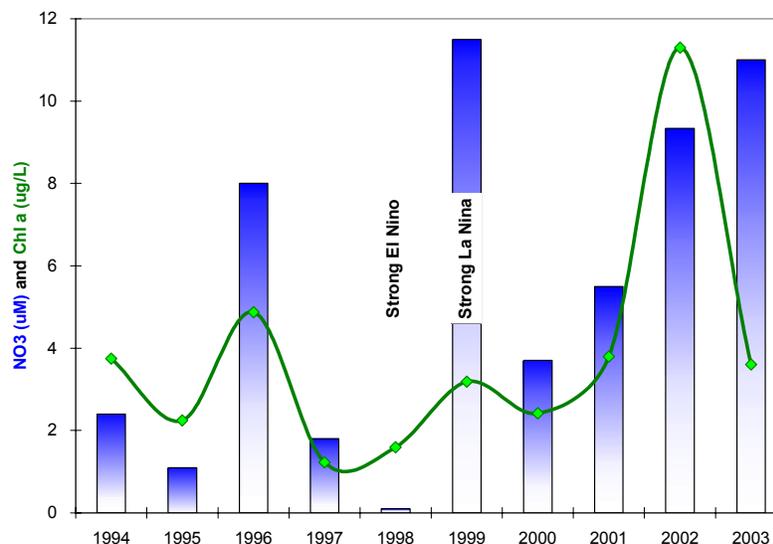


Figure 62. Teneur moyenne en nitrate (barres) et en chlorophylle (ligne) en fin d'été aux quatre stations de la ligne P situées près du rivage. Toutes les stations se trouvent sur la plate-forme ou sur la pente continentale au-delà de la courbe bathymétrique de 1300 mètres.

### Zooplancton

L'échantillonnage du zooplancton en série chronologique a été effectué trois à six fois par année auprès des emplacements déterminés de la plate-forme continentale et de l'océan profonde adjacente au large de l'île de Vancouver (figure 63). Depuis 1979, des prélèvements sont recueillis à la partie sud de l'île de Vancouver (SVI, 48°-49°N) et depuis le début des années 1990, à la partie nord de l'île de Vancouver (NVI, 50°-51,5°N). Ces séries chronologiques nous permettent d'évaluer annuellement les anomalies de la majeure partie des principales espèces de zooplancton par rapport au cycle saisonnier annuel moyen calculé à partir de toutes les observations. 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. Les séries chronologiques ont été prolongées dans ces deux régions en 2003 bien qu'avec un nombre réduit de périodes de prélèvement en raison de lacunes sur le plan de financement et de la disponibilité des navires.

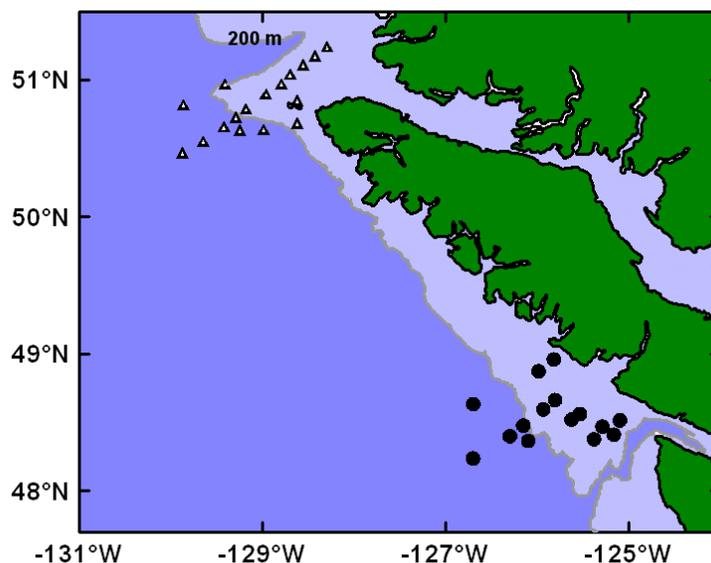


Figure 63. Emplacements déterminés de l'échantillonnage de zooplancton en série chronologique au large de la côte ouest de l'île de Vancouver. Les cercles représentent les stations situées au sud de l'île de Vancouver (SVI) et les triangles représentent celles au nord de l'île de Vancouver (NVI). Dans le même plan, les emplacements sont aussi classifiés selon qu'elles 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*

Les variations de la biomasse de quelques grands groupes d'espèces de copépode qui existent au sud de l'île de Vancouver ont été observées d'une année à l'autre et sont présentées à la figure 64 ainsi qu'un indice de la variabilité de la température de surface à grande échelle dans le Pacifique Nord (de Bond et al., 2003). Les anomalies de zooplancton sont illustrées sur une échelle logarithmique: une anomalie de +1 signifie que l'abondance du zooplancton de ce groupe était en moyenne dix fois plus élevée par rapport à la période de référence 1979-1991; une anomalie de -1 signifie qu'elle correspondait à un dixième de celle de la période de référence. Au cours de la période entre 1990 et 2000, de très fortes variations (facteur de dix ou plus) de concentration de grands groupes d'espèces de zooplancton (pas seulement les copépodes présentés à la figure 65) se sont produites. 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 1990; les espèces méridionales sont devenues plus dominantes et les espèces boréales subarctiques sont devenues moins abondantes. Cette tendance s'est soudainement inversée en 1999, suivant l'arrivée du El Niño-La Niña 1997-1999. Entre 1999 et 2002, la concentration de la biomasse de la plupart des taxons zooplanctoniques le long de la marge continentale de l'île de Vancouver demeurait inchangée par rapport à la période de

référence entre 1979 et 1991. Des anomalies similaires de zooplancton se sont propagées au sud jusqu'à la région centrale de l'Orégon (Mackas, Peterson et Zamon, 2004).

En 2003, le faible El Niño qui s'est manifesté vers la fin 2002 et au début de 2003 a eu un effet sur le zooplancton du SVI. On pourrait interpréter cette réaction comme étant une récupération partielle (et probablement provisoire) de la communauté zooplanctonique observée au milieu et à la fin des années des années 1990. Les espèces méridionales étaient significativement plus abondantes par rapport à la moyenne de l'année 2003. La réaction des espèces nordiques était plus variable: les taxons océaniques (*Neocalanus* spp.) et les espèces endémiques à la plate-forme qui produisent des oeufs benthiques comme stratégie pour passer l'hiver (*Centropages* et *Acartia*) étaient un peu plus abondants par rapport à la moyenne tandis que les autres espèces endémiques à la plate-forme étaient un peu moins abondantes par rapport à la moyenne. Pour la grande majorité des espèces, les plus fortes anomalies se sont présentées au printemps et au début de l'été 2003 et celles-ci ont chuté à près de zéro au cours des dernières périodes de prélèvement au début de l'automne.

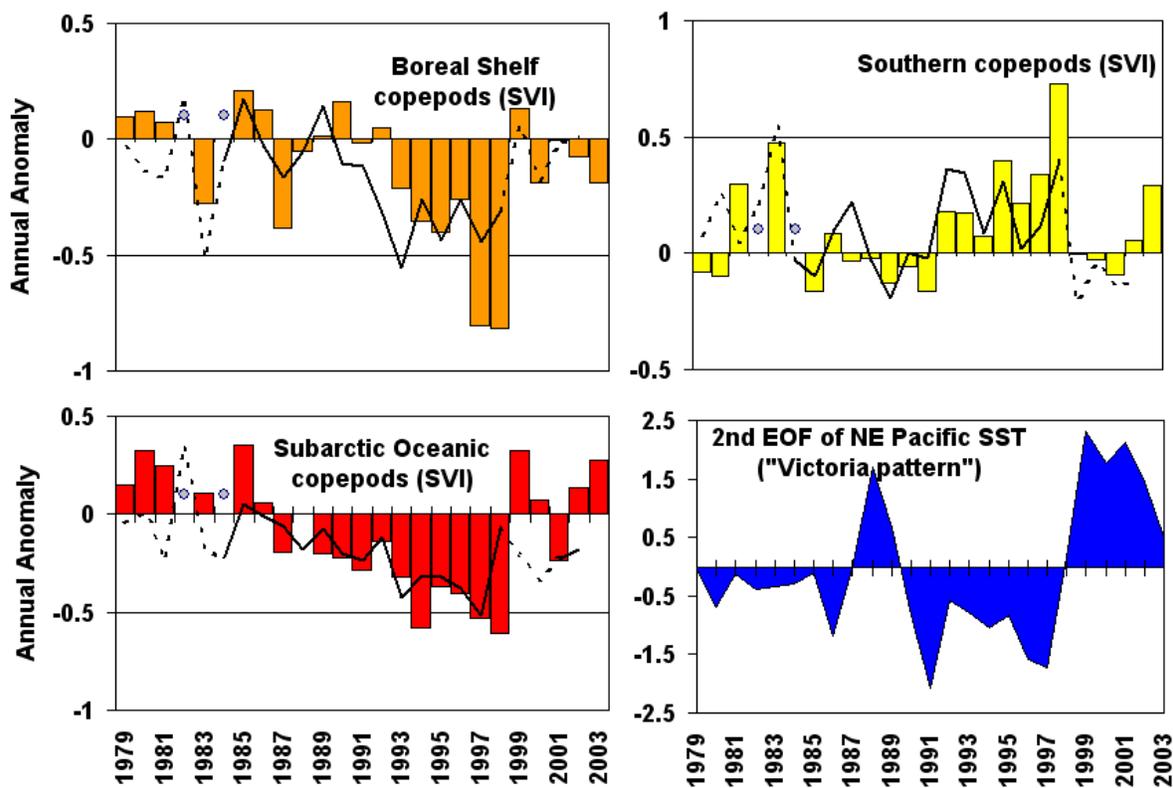


Figure 64. Des données chronologiques de la moyenne des anomalies annuelles du zooplancton dans la partie sud de l'île de Vancouver entre 1979 et 2003. Les anomalies se rapportent à la moyenne calculée entre 1979 et 1991. Elles sont présentées selon les secteurs statistiques et les groupes d'espèces écologiquement semblables (colonnes colorées). Les cercles indiquent les années où il existe trop peu d'échantillons pour évaluer les anomalies annuelles. Les lignes identifient les ajustements aux données chronologiques d'anomalie de zooplancton par rapport aux régressions séquentielles des séries chronologiques des indices environnementaux entre 1985 et 1998: les lignes solides représentent les périodes de temps pour laquelle les régressions ont été ajustées, les lignes continues représentent les années antérieures et postérieures prévues par la régression. Notez la précision de l'ajustement.

#### Nord de l'île de Vancouver

Les cycles saisonniers moyens pour la région du NVI sont décrits dans Mackas, Peterson et Zamon, 2004. Par rapport aux régions du sud de l'île de Vancouver, les principales différences sont: les copépodes océaniques démontrent une abondance moyenne plus élevée (probablement en raison du rétrécissement progressif vers le nord de la partie de la plate-forme continentale adjacente à l'île de Vancouver), les espèces nordiques, une abondance relative plus élevée et les espèces méridionales, une abondance relative plus basse.

Les données chronologiques des anomalies provenant du nord de l'île de Vancouver (NVI) sont présentées à la figure 65. La variabilité interannuelle du zooplancton du NVI (direction de l'ampleur des anomalies), bien que corrélée positivement de façon significative aux anomalies du SVI et de l'Orégon, a également été plus faible (plus faibles anomalies) au large du NVI. 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 ont été moins prononcés dans la région du NVI.

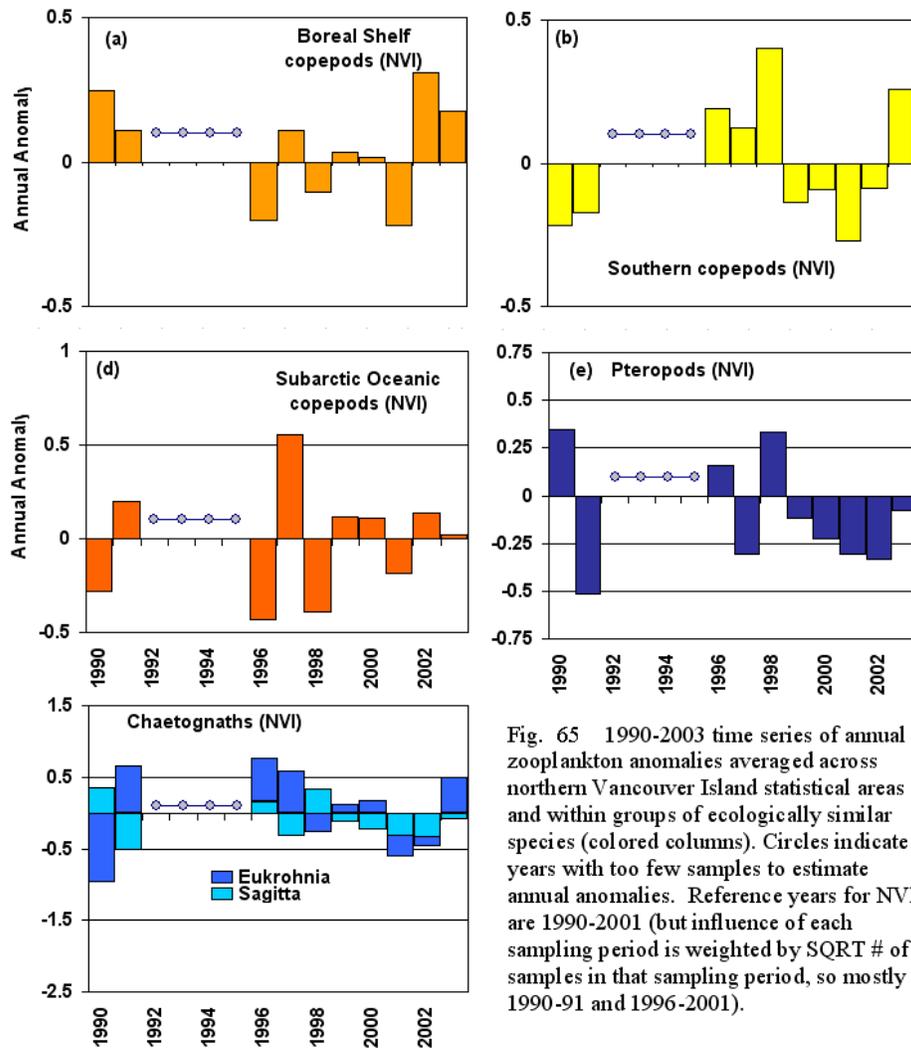


Fig. 65 1990-2003 time series of annual zooplankton anomalies averaged across northern Vancouver Island statistical areas and within groups of ecologically similar species (colored columns). Circles indicate years with too few samples to estimate annual anomalies. Reference years for NVI are 1990-2001 (but influence of each sampling period is weighted by SQRT # of samples in that sampling period, so mostly 1990-91 and 1996-2001).

Figure 65. Les données chronologiques de la moyenne des anomalies annuelles entre 1990 et 2003. Elles sont présentées selon les secteurs statistiques du nord de l'île de Vancouver et les groupes d'espèces écologiquement semblables (colonnes colorées). Les cercles indiquent les années où il existe trop peu d'échantillons pour évaluer les anomalies annuelles. Les années de référence pour le nord de l'île de Vancouver sont de 1999 à 2001 (mais l'influence d'une période d'échantillonnage est pondérée par la racine carrée du nombre d'échantillons durant cette période d'échantillonnage, alors surtout la période 1990-1991 et celle entre 1996 et 2001).

### Comparaisons entre la crevette, l'eulakane et autres espèces

À chaque année depuis le milieu des années 1970, des relevés indépendants des pêches ont été effectués au cours du mois de mai par le biais de navires de recherche. Ces relevés utilisent un chalut de fond à petites mailles pour évaluer le mouvement de la population des crevettes roses lisses (*Pandalus jordani*) au large de la côte sud-ouest de l'île de Vancouver. Les petites mailles du filet captent aussi plusieurs autres espèces qui offrent une vue d'ensemble par rapport aux changements chez les poissons démersaux et chez la communauté invertébrée de cette région au fil du temps. L'abondance de la crevette rose lisse et de plusieurs espèces de poissons plats a augmenté depuis 2000 et a atteint son point culminant en 2002.

pour diminuer en 2003 (figure 66). Cet relevé démontre clairement la migration hâtive d'un grand nombre de merlus du Pacifique vers les eaux de la côte ouest de l'île de Vancouver en 1998 et la faible augmentation du nombre de morues du Pacifique occidentale produite en 1999 lors du retour des conditions froides (figure 66, panneau inférieur). Selon ces relevés, les prises de morue du Pacifique occidental avaient tendance à être plus élevées dans la zone 121 près de l'entrée du détroit de Juan de Fuca et elles ont augmenté depuis 2000 (pas montré). La recherche courante a pour but de déterminer les effets relatifs des variations de la distribution des poissons par rapport à leur abondance. On a observé la présence inhabituelle de la langue californienne (*Symphurus atricauda*) dans le bassin de Barkley pendant le relevé en mai 2003 et c'était la première fois que la présence de cette espèce avait été rapportée en Colombie-Britannique (précédemment, l'occurrence la plus au nord observée le long de la côte ouest de l'Amérique du Nord était dans la baie de Yaquina en Oregon). Cette occurrence correspond au réchauffement de l'eau et à un faible El Niño en 2002-2003.

Les prises d'eulakane au cours des relevés de crevette effectués à bord du navire de recherche au large de l'île de Vancouver ont été utilisées en tant qu'indice de l'abondance des stocks d'eulakane dans les fleuves du sud de la C.-B.. Cet indice porte à croire qu'une augmentation significative de l'eulakane s'est produite depuis 1999 au sud de la Colombie-Britannique et a atteint des niveaux jamais vus au cours de la dernière décennie. Cependant, il faut noter que l'indice a diminué légèrement en 2003 (figure 67).

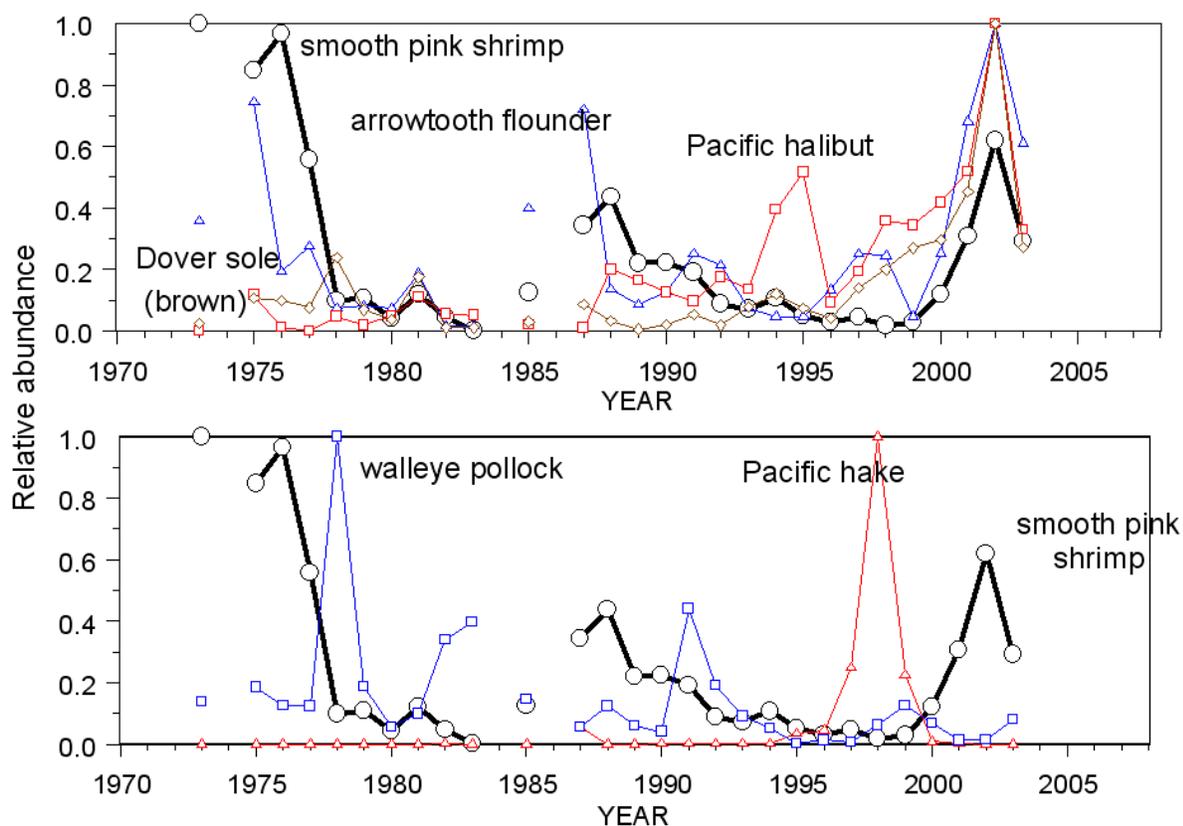


Figure 66. Séries chronologiques des prises à partir des relevés de chalut de fond à petites mailles par navire de recherche indépendant des pêches effectués annuellement en mai dans la zone 124 au large de Tofino, côte ouest de l'île de Vancouver. Chaque espèce a été ajustée de sorte que la présentation de son abondance maximale au cours de la série chronologique égal 1. L'espèce cible pour ce relevé était le *Pandalus jordani* (crevette rose lisse; ligne noire épaisse sur les deux panneaux). Notez que le taux d'abondance augmente entre 2000 et en 2002 mais diminue en 2003. Le tableau supérieur montre plusieurs poissons plats dont le taux d'abondance a augmenté vers la fin des années 1990, a atteint son point culminant en 2002 et a diminué en 2003. Le tableau inférieur montre deux espèces semi-démersales ayant des distributions différentes temporelles: le merlu du Pacifique (la capture accessoire de cette espèce d'eau chaude a atteint sa valeur maximale en mai 1998) et la morue du Pacifique occidental (la capture accessoire de cette espèce d'eau chaude a augmenté en 1999 mais a ensuite diminué).

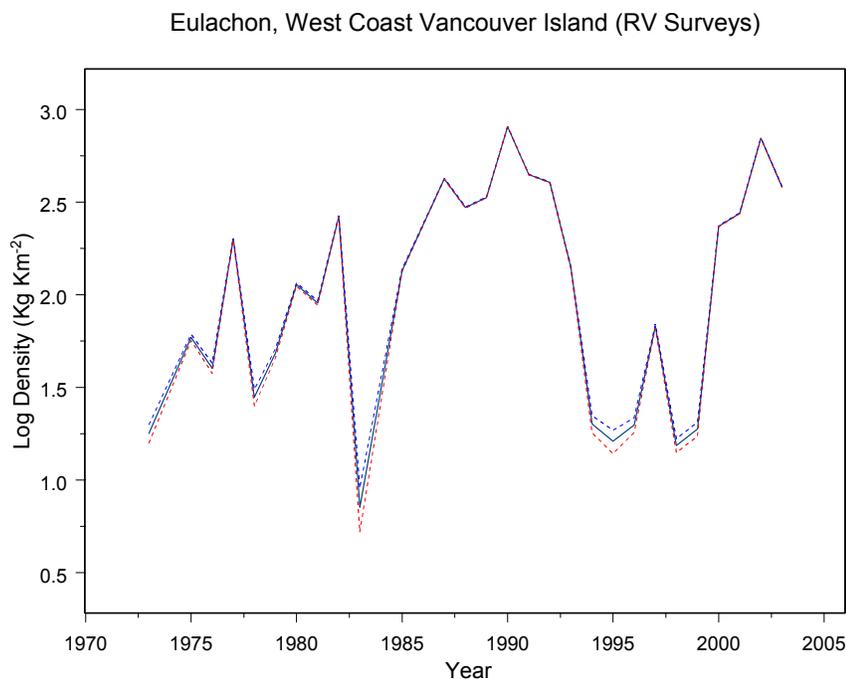


Figure 67. L'indice d'abondance d'eulakane d'après les relevés de chalut de fond à petites mailles de navire de recherche au large de la côte ouest de l'île de Vancouver (Zone 124). Ces indices ont été utilisés pour classer l'abondance des stocks d'eulakane au sud de la Colombie-Britannique. Les lignes continues représentent des erreurs types supérieures et inférieures à la moyenne annuelle.

### ***Hareng***

Depuis 1977 environ, le recrutement du hareng au large de la côte ouest de l'île de Vancouver a été faible (figure 68). La productivité du hareng de la côte ouest de l'île de Vancouver (figure 69) a diminué depuis 1989 en raison du fait que le recrutement à ce stock a été faible durant 6 des 10 dernières années (figure 68) bien que récemment, un certain rétablissement a été perçu. En 2003, la biomasse féconde (figure 69) a augmenté et se situait dans la moyenne calculée sur les deux dernières décennies. Un programme de recherche à long terme démontre que le recrutement du hareng dans cette région est inférieur à la moyenne lorsque les températures océaniques sont chaudes et que la biomasse estivale des prédateurs migrants (surtout le merlu et le maquereau) est abondante. La corrélation négative entre le recrutement du hareng et la température reflète probablement: 1) les conditions d'alimentation défavorables aux larves et aux 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 des invertébrés et des poissons dans le secteur d'élevage au cours des années à température élevée. Plusieurs études sur le terrain conçues pour mesurer le taux de prédation ont confirmé que la corrélation négative entre le recrutement du hareng et de la biomasse des merlus pourrait être le résultat de la prédation. Sauf pour la prédation par les merlus et autres prédateurs, les conditions océaniques étaient plus favorables à la survie du hareng en 2000 et en 2001; ce qui mènera à l'amélioration du recrutement du stock au cours des années 2003 et 2004.

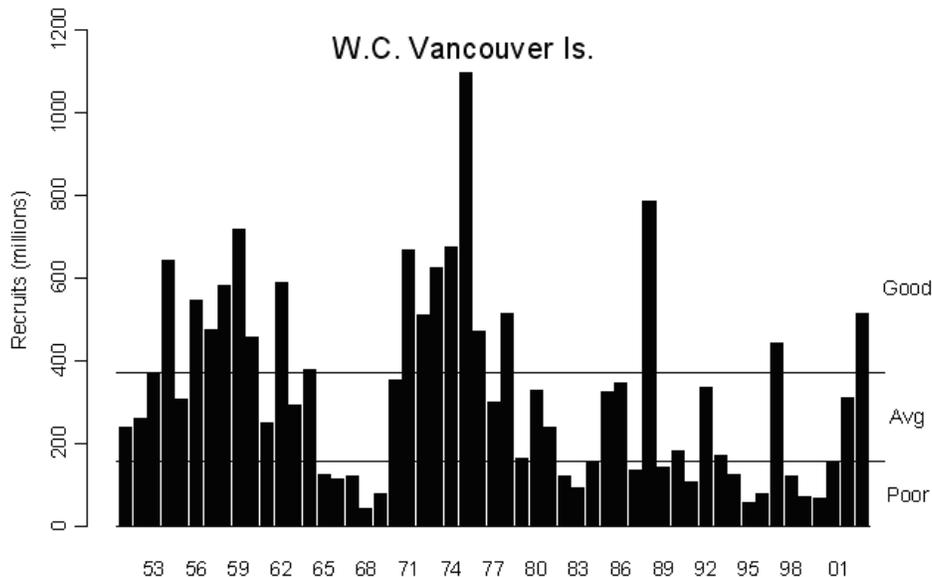


Figure 68. Variabilité interannuelle et tendances décennales du recrutement du hareng sur la côte ouest de l'île de Vancouver. Les limites de recrutement selon l'échelle 'faible', 'moyen' et 'fort' sont présentées. Notez que 6 des 10 derniers recrutements ont été 'faibles'.

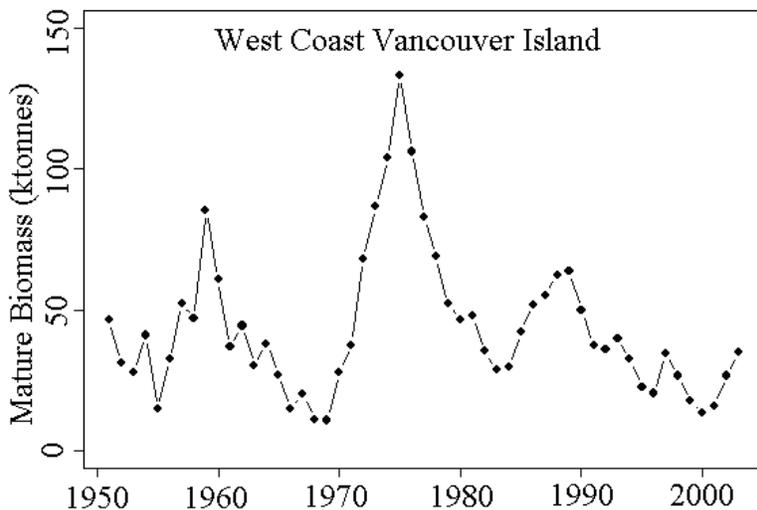


Figure 69. Abondance du stock de hareng de la côte ouest de l'île de Vancouver.

### *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 l'automne au large des côtes ouest et sud de la Californie pour frayer. La pêche à la sardine dans les eaux canadiennes a connu une chute imprévue 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, la zone de répartition de celles-ci était réservée 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 retrouvait les sardines dans les eaux à l'est des îles de la Reine Charlotte dans le détroit d'Hécate jusqu'à l'entrée Dixon. Du frai de poisson a été observé au large de la côte ouest de l'île de Vancouver en 1997 et en 1998. En 1999, à la suite du El Niño, la zone de répartition de la sardine s'est rétrécie, une autre fois, vers le sud. Au cours de 2003, les sardines sont apparues dans les eaux canadiennes que vers le fin juillet et ont été retrouvées qu'aux bras de mer côtiers le long de l'île de Vancouver et de la côte centrale. La dernière évaluation américaine suggère que l'abondance de la sardine s'est stabilisée (figure

70). Le relevé par chalutage en 2003 au large de l'île de Vancouver (figure 71) n'a pas prélevé beaucoup de sardine en mer sauf au sud et à l'entrée des bras de mer. Un plus petit nombre de sardines étaient présentes en 1997-1999 lors d'un réchauffement de l'eau.

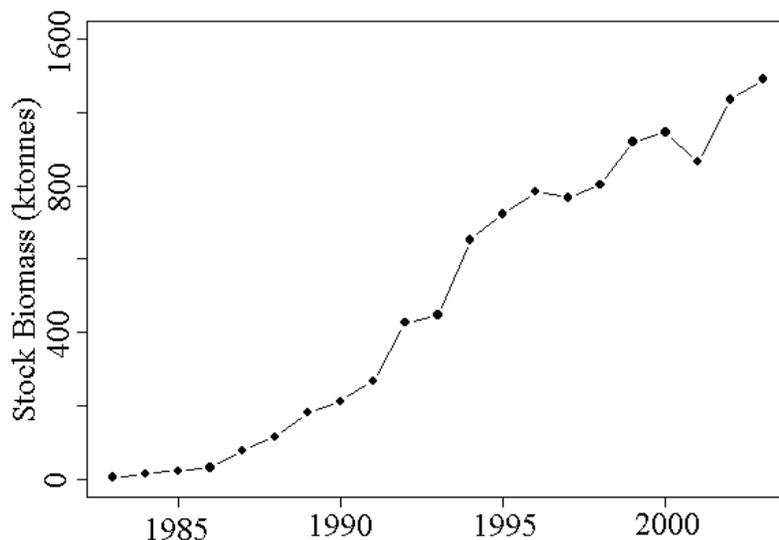


Figure 70. Série chronologique de la biomasse du stock de sardine du Pacifique (x1,000 mt) âgée d'au moins un an, estimée à partir d'un modèle d'évaluation des stocks et structurée selon leur âge (données provenant de Conser et al. 2003).

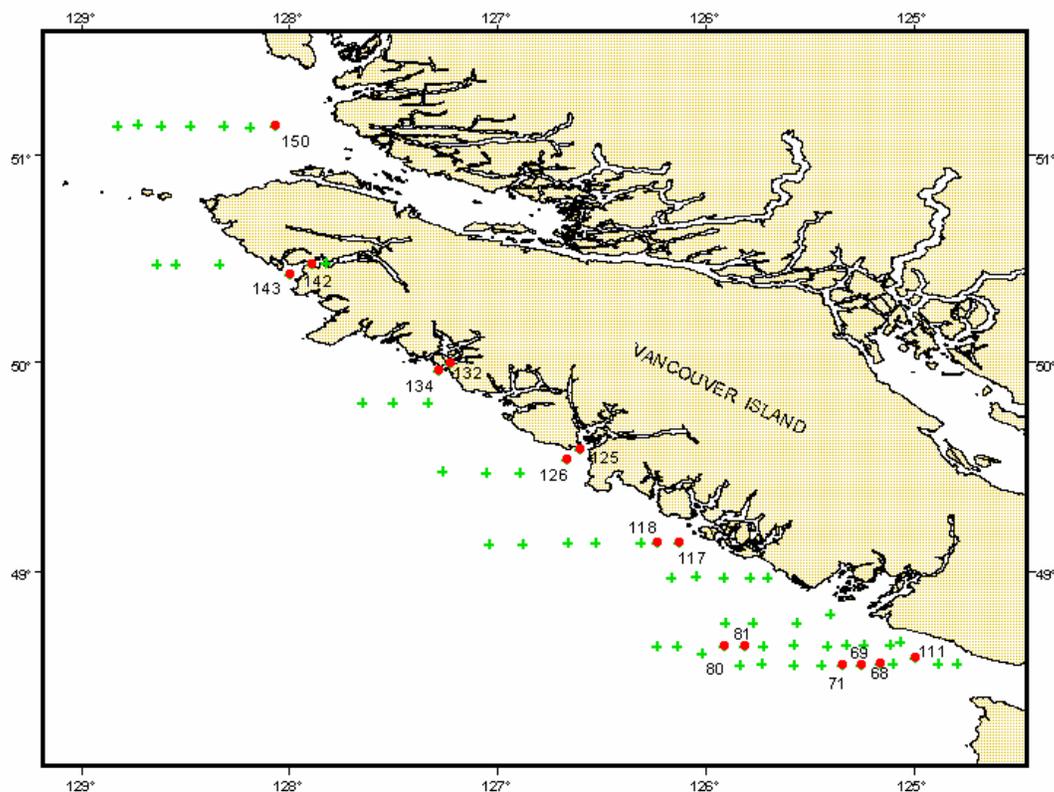


Figure 71. La répartition de la sardine du Pacifique fut limitée aux zones méridionales extracôtières au cours de 2003. Les +s représentent les masses de sardines jusqu'à 45m où il n'y a pas eu de prises de sardine. Les points représentent les ensembles jusqu'à 45m de profondeur où des sardines ont été capturées.

*Saumon coho*

Depuis 1998, des campagnes océaniques qui prélèvent le saumon juvénile à partir du NGCC W.E. Ricker ont été utilisées pour évaluer la croissance, la santé et le taux de survie des saumons provenant de différentes régions de l'écosystème côtier de la Colombie-Britannique. Les résultats d'octobre 2003 indiquent que la croissance des saumons cohos juvéniles de la côte ouest de l'île de Vancouver était inférieure à celle de l'année 2002, mais nettement supérieure à celle des années antérieures à 1999. En février 2004, les saumons cohos juvéniles qui hivernaient sur la côte ouest de l'île de Vancouver étaient en meilleure santé par rapport aux hivers précédents (2001-2003). Puisqu'on s'attend à ce que le taux de survie en mer des saumons soit plus élevé quand ils utilisent une plus petite partie de leur réserve de lipides (Beamish et Manhken 2001), l'amélioration observée en février 2004 suggère que la santé des saumons cohos adultes indigènes de la région étudiée pourrait sensiblement améliorer en 2004 lors de leur montaison.

En 1998, la taille du coho juvénile à l'automne était beaucoup plus petite dans la région au large de la côte ouest de l'île de Vancouver par rapport à celle du coho retrouvé au nord de la C.- B. ou au sud-est de l'Alaska (figure 72; tableau 1998). Les analyses sur le terrain indiquent que le saumon coho retrouvé au large de la côte ouest de l'île de Vancouver en 1998 avait une teneur basse en énergie stockée et était en moins bonne santé à la fin de la saison de croissance par rapport aux animaux qui se nourrissaient plus au nord (figure 72). La disparité en termes de croissance aurait dû avoir un effet significatif sur la survie des stocks de saumon indigène de la région sud ou sur les stocks qui traversaient cette région au cours de leur migration, car les poissons de petite taille ont un taux de mortalité élevé. (Holtby et al. 1990). Cette prévision est conforme au fait que les stocks de saumon juvénile indigène de la région sud du relevé (par ex. les saumons cohos du détroit de Géorgie, les saumons quinnats de la côte ouest de l'île de Vancouver) ont un taux de survie en mer inférieur à celui des stocks indigènes des régions du nord de la C. - B. ou du sud-est de l'Alaska.

Les relevés effectués depuis 1999 forment la base de cette hypothèse, car le changement du climat océanique a provoqué une croissance juvénile très semblable dans toutes les régions du relevé (figure 72; 1999-2003). De plus, il s'avère que ces poissons juvéniles élevés dans toutes les régions examinées étaient aussi en bonne santé et avaient des réserves d'énergie élevées (figure 73). Depuis 1999, cette croissance améliorée a été suivie d'une augmentation lors de la remontée du saumon adulte qui avait migré vers la mer depuis 1996. Le taux de retour des saumons quinnats et des truites arc-en-ciel du fleuve Colombie, et des saumons roses du fleuve Fraser qui ont migré vers l'océan en tant que juvéniles au cours de ces années, était le plus élevé de tous les retours observés. Le taux de retour des stocks de saumon coho de la région du fleuve Colombie s'est aussi amélioré mais la survie en mer du coho est demeurée relativement basse pour les stocks provenant de la région sud de la Colombie-Britannique. Le taux de survie du coho du détroit de Géorgie a augmenté légèrement, bien qu'il reste faible. Le coho de WCVI, tel que l'indiquent les taux de survie à l'écloserie de Robertson Creek, a connu les plus hauts taux de survie de la série chronologique (depuis 1975). Ces taux de survie relativement élevés ont d'abord été constatés par rapport à ceux enregistrés pour l'année d'éclosion de 1997 (migrant vers la mer en 1999). Les retours du saumon rouge du fleuve Fraser étaient près de moyenne en 2002 et en 2003.

Le relevé en 2003 a conclu que les conditions de croissance du saumon coho au large du sud de la Colombie-Britannique étaient inférieures par rapport à celles de 2002, mais semblables aux conditions connues au cours de certaines années depuis 1998 (figure 72; 2003). En 2003 et en 2004, la santé des saumons cohos qui ont survécu à l'hiver au large de la côte ouest de l'île de Vancouver nous permet de croire qu'il y a une amélioration par rapport aux années précédentes, parce que les saumons cohos n'étaient pas aussi émancipés à la fin de l'hiver par rapport aux années précédentes (figure 73). L'analyse de la survie en mer à partir des micromarques magnétisées codées établit que le taux de survie en mer des stocks de saumon coho du sud-est de l'Alaska était entre 20 et 25% pour la majeure partie des années 1990 tandis que le taux de survie en mer des stocks de saumon coho du détroit de Géorgie variait entre 2 et 4 % seulement. Nos résultats suggèrent que le saumon coho au sud de la Colombie-Britannique connaîtra une survie en mer plus élevée en 2004 selon toute probabilité, puisque leur condition de croissance s'est améliorée au cours de l'hiver.

Depuis 2001, nous avons également étudié les saumons juvéniles entre février et mars pour déterminer leur taux de croissance et leur distribution au cours de l'hiver ainsi que pour évaluer leur état de santé à la fin de l'hiver. Nos relevés en février et en mars ont démontré qu'un très petit nombre de saumon rose, de saumon kéta et de saumon rouge juvéniles sont demeurés sur la plate-forme continentale au cours des hivers de 2001, 2002 et 2004. Cependant, en février 2003, un grand nombre de saumons roses, de saumons kétas et de saumons rouges juvéniles ont été observés dans les bras de mer et dans la région de la plate-forme continentale de la côte ouest de l'île de Vancouver à partir de la pointe Estevan jusqu'à la baie Quatsino ainsi qu'à l'entrée Dixon au large du nord de la Colombie-Britannique. Cette constatation est étonnante puisqu'à l'exception d'une population indigène de saumon rose dans la baie Puget, on pense généralement que ces poissons migrent au large du Pacifique Nord vers la fin de l'été ou au début de l'automne (Hartt et Dell 1986). La fréquence à laquelle le saumon rose, le saumon kéta et le saumon rouge juvénile demeurent sur la plate-forme au cours de l'hiver est inconnue, mais elle est peut être associée au faible El Niño 2002-2003 qui a produit un réchauffement exceptionnel des eaux au cours de l'automne 2002 et de l'hiver 2003. En ce moment, le lien au El Niño est spéculatif, mais c'est le facteur principal qui se distingue au cours de ces 4 années. Il se peut que ce soit la première fois que ce lien est signalé. Puisqu'il n'y a pas eu de relevés au cours de l'hiver El Niño 97-98, on ne peut donc pas comparer le comportement de ce saumon juvénile à celui des autres années.

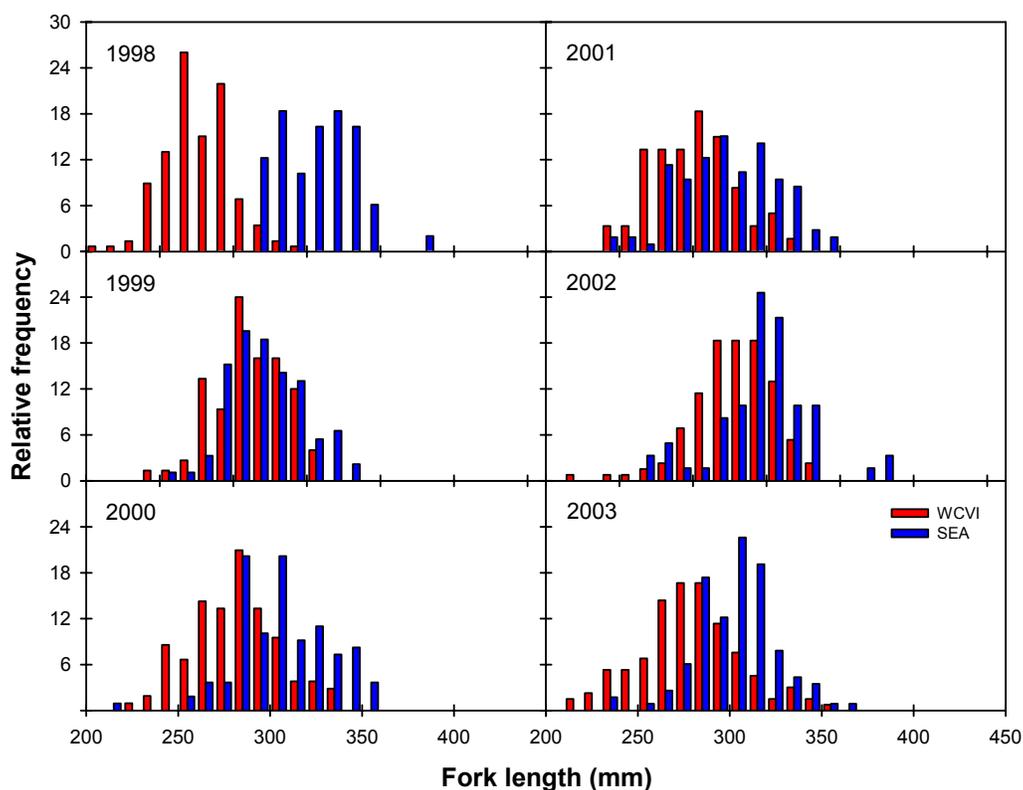


Figure 72. La distribution de fréquence des tailles du saumon coho juvénile de la côte ouest de l'île de Vancouver (WCVI) et du sud-est de l'Alaska (SEA) en octobre 1998 à 2003.

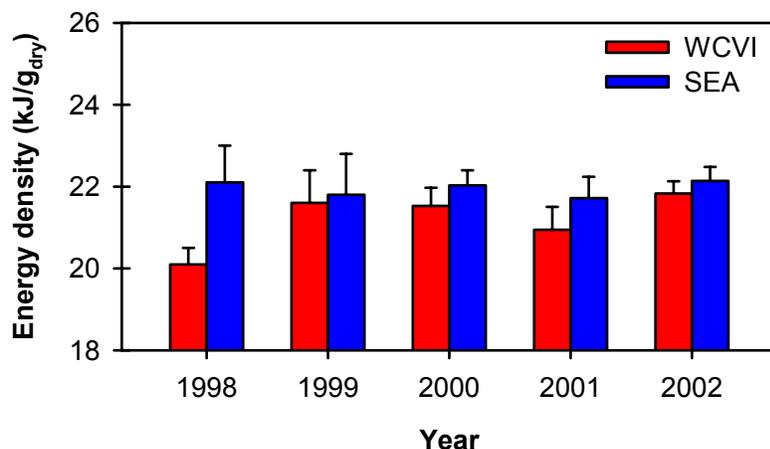


Figure 73. La densité d'énergie des saumons cohos juvéniles de la côte ouest de l'île de Vancouver (WCVI) et du sud-est de l'Alaska (SEA) en octobre 1998 à 2003. La densité d'énergie a été déterminée en utilisant une bombe calorimétrique de 1998 à 2001 et fut estimée à partir de la teneur en eau des poissons en 2002. La densité d'énergie était inférieure pour les saumons cohos de WCVI en 1998. Les barres d'erreur représentent l'erreur type x 2.

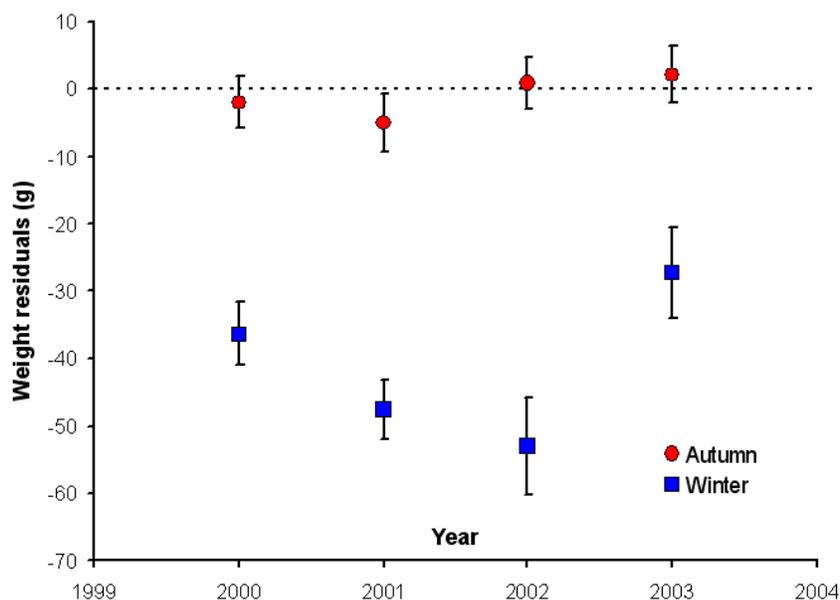


Figure 74. Indice de condition des saumons cohos juvéniles de la côte ouest de l'île de Vancouver pendant l'automne (octobre) et l'hiver (février/mars). Cet indice est directement proportionnel aux niveaux de lipides et a été calculé comme étant la différence moyenne entre le poids observé et le poids prévu à partir du rapport entre la longueur et le poids dérivé pour les saumons cohos par Trudel et al.(2004). Les barres d'erreur représentent 2 erreurs-types par rapport à la moyenne.

On a aussi observé de grandes différences régionales dans le taux de croissance des saumons cohos au cours de l'été de 2003. Le taux de croissance du saumon coho était bas dans le détroit de Géorgie et élevé dans la mer de Bering (baie Bristol) par rapport à la côte ouest de l'île de Vancouver (figure 75). Ceci suggère que la région de résidence marine peut avoir un effet significatif sur les retours des poissons adultes. Il faudrait faire d'autres analyses ADN pour déterminer les effets particuliers sur les stocks de saumon selon leur répartition et leur migration dans l'environnement marin afin de comprendre quelles sont les conditions océaniques qui influencent la production de saumon. La proportion de saumon coho âgée de 2 ans et plus qui a augmenté par rapport à la latitude doit également contribuer à la différence de taille.

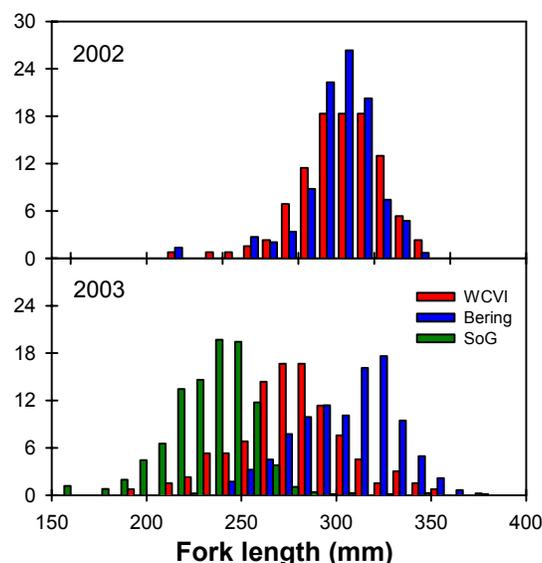


Figure 75. La distribution de fréquence des tailles de saumon coho juvénile de la côte ouest de l'île de Vancouver (WCVI), de la mer de Bering et du détroit de Géorgie en septembre et en octobre 2002 et 2003).

### ***La reproduction des oiseaux de mer sur l'île Triangle***

Les oiseaux de mer peuvent être des indicateurs efficaces de l'état des écosystèmes marins parce qu'ils sont des prédateurs d'organismes appartenant à tous les niveaux trophiques qui se rassemblent annuellement en grands groupes pour se reproduire. L'île Triangle (50°52' N, 129°05' W) accueille la plus grande et la plus diverse colonie d'oiseaux de mer de la côte de la Colombie-Britannique. L'île Triangle abrite la plus grande population mondiale de stariques de Cassin (*Ptychoramphus aleuticus*; estimé à 1.1 million oiseaux reproducteurs), la plus grande population de macareux huppés (*Fratercula cirrhata*; 52,000 oiseaux reproducteurs) de la Colombie-Britannique, des guillemots marmettes (*Uria aalge*; 8,200 oiseaux reproducteurs), et d'importantes populations de macareux rhinocéros (*Cerorhinca monocerata*; 82,000 oiseaux reproducteurs), entre autres. Depuis 1994, les chercheurs du Centre de l'écologie de la faune (une collaboration entre le Service canadien de la faune et l'Université de 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. Ici, nous présentons un compte rendu des indicateurs principaux de la reproduction des oiseaux de mer à l'île Triangle en 2003, se concentrant sur les espèces appartenant à la famille Alcidae (pingouins, alques, puffins, guillemots, marmettes, mergules), en vue de présenter les résultats obtenus en 2003 dans le cadre des données chronologiques recueillies entre 1994 et 2002.

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. En général, la période de reproduction des alcidés était tardive à l'île Triangle en 2003, par rapport aux années précédentes (figure 76), ce qui laisse supposer un piètre état de santé chez les femelles au début de la saison. La date d'éclosion moyenne des stariques de Cassin et des macareux rhinocéros était parmi la plus tardive des 10 dernières années, tandis que les œufs des macareux huppés sont éclos environ 2 à 4 semaines plus tard dans l'année que n'importe quelle autre année depuis 1994; cette date d'éclosion est semblable à celle observée vers le milieu et la fin des années 1970. En revanche, la date d'éclosion des guillemots marmettes en 2003 est sensiblement la même que celle observée depuis 1999.

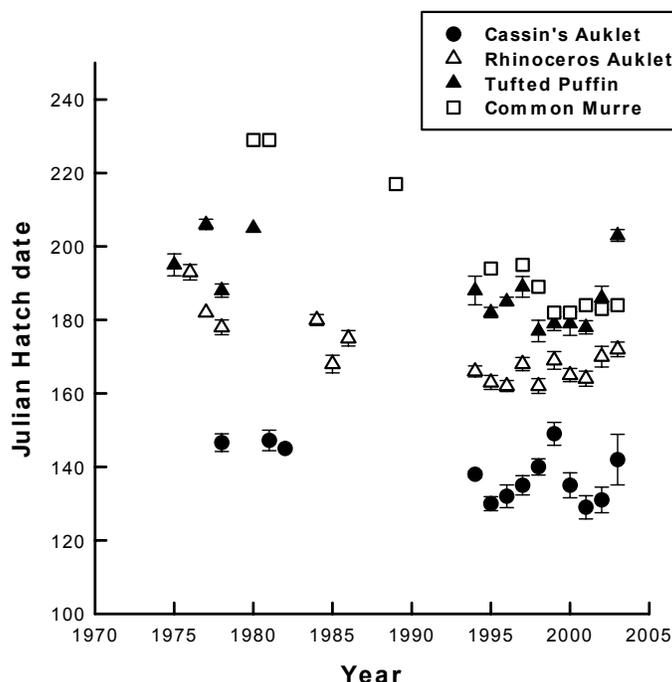


Figure 76. La période de reproduction pour les oiseaux de mer sur l'île Triangle en Colombie-Britannique, entre 1975 et 2003. Un compte rendu est donné des dates moyennes d'éclosion, avec des intervalles de confiance à 95%, pour les stariques de Cassin, les macareux rhinocéros et les macareux huppés, ainsi que les dates où les oisillons du guillemot marmette ont été vus pour la première fois.

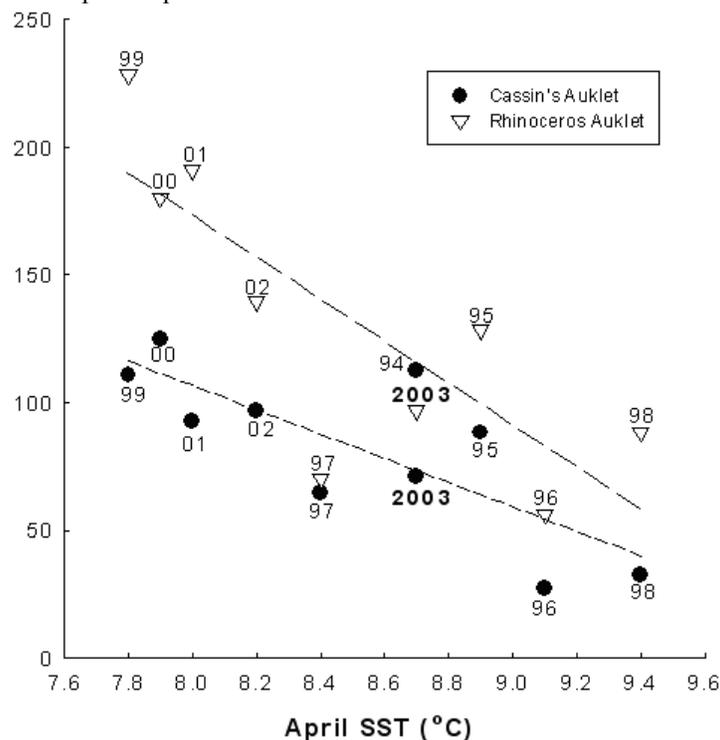


Figure 77. L'effet des températures de surface de la mer en avril, mesurées à la station de phare de l'île Pine (50°35'N 127°26' ), sur les stariques de Cassin et les macareux rhinocéros se reproduisant sur l'île Triangle, en Colombie-Britannique entre 1994 et 2003. La production de jeunes à l'envol est calculée comme suit: succès d'éclosion \* % succès d'envol des jeunes \* masse moyenne des jeunes à l'envol ; ou, autrement dit, la masse moyenne des jeunes à l'envol par oeuf pondu. Les rapports négatifs sont statistiquement significatifs (les valeurs de  $P < 0.01$ ) pour les stariques de Cassin (pente =  $-48 \text{ g}/^\circ\text{C}$ ,  $r^2 = 0.61$ ) et pour les macareux rhinocéros (pente =  $-84 \text{ g}/^\circ\text{C}$ ,  $r^2 = 0.65$ ).

En règle générale, le succès de reproduction des alcidés était faible à l'île Triangle en 2003. En particulier, les macareux huppés ont été touchés: en dépit d'une reproduction tardive, plusieurs macareux huppés ont pondu et ont couvé des oeufs, et ont commencé à nourrir leurs oisillons avec des poissons qu'ils ont attrapé. Cependant, l'alimentation s'est terminée abruptement au début d'août, suggérant qu'un déclin soudain de la disponibilité des poissons qui sont la proie principale des oiseaux de mer (telle que lançon gourdeau) s'est produit lorsque les oisillons étaient encore très jeunes (âgés de 20 jours ou moins). Les macareux huppés adultes ont pratiquement abandonné la colonie et les oisillons n'ont pas survécu sur Puffin Rock, bien que quelques oisillons ont survécu sur Strata Rock, du côté est de l'île Triangle. D'une façon moins dramatique, une baisse du succès de reproduction des stariques de Cassin et des macareux rhinocéros a été observée en accord avec les prédictions faites pour les deux espèces à partir de la température de surface de la mer moyenne en avril (figure 77). En revanche, le succès de reproduction du guillemot marmette était élevé (76% des poussins élevés par couple qui parviennent à quitter la colonie) même lorsque d'autres espèces avaient un faible succès de reproduction; ce qui a souvent été observé ailleurs le long de la côte Pacifique.

La figure 77 montre que le succès de reproduction des stariques de Cassin était très faible au cours des années chaudes vers le milieu et la fin des années 1990, mais s'est amélioré après le changement de régime climatique qui a commencé en 1998-1999. La population de l'île Triangle a connu un déclin marqué entre le milieu et la fin des années 1990, en grande partie provoqué par une baisse du taux de survie des oiseaux adultes. La figure 78 indique que nous avons capturé de moins en moins de stariques de Cassin à notre station de baguage de nuit à West Bay pendant cette période, et en 1998-1999, nous n'avons capturé pratiquement aucun oiseau ayant des yeux bruns, les plus jeunes oiseaux de la population (âgés de moins de 2 ans). Cependant, la population de stariques de Cassin semble maintenant se remettre (figure 78), leur succès de reproduction s'est amélioré depuis 1999 et on capture plus de jeunes oiseaux, recrues potentielles.

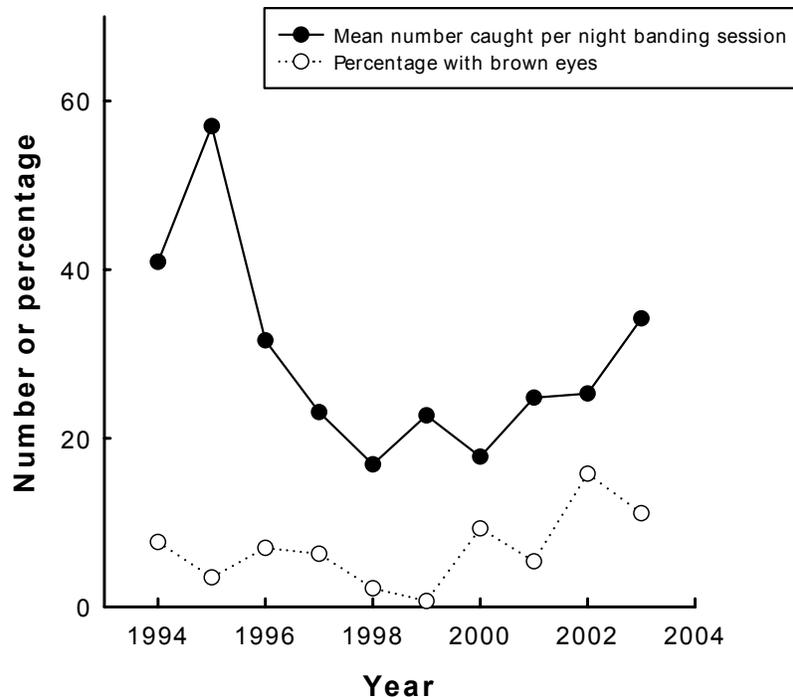


Figure 78. Le nombre moyen de stariques de Cassin capturés par nuit au cours du mois de mai entre 1994 et 2003, à la station de baguage à West Bay, île Triangle, exploitée par le Centre de l'écologie de la faune. Les lignes discontinues représentent le pourcentage d'oiseaux capturés ayant des yeux bruns; ces oiseaux âgés de moins de 2 ans sont les plus jeunes de la population.

## Côte nord

*Température et salinité moyennes*

La température annuelle moyenne aux stations de phare de Bonilla et de Langara est tracée à la figure 79, pour la période entre 1962 et 2003.

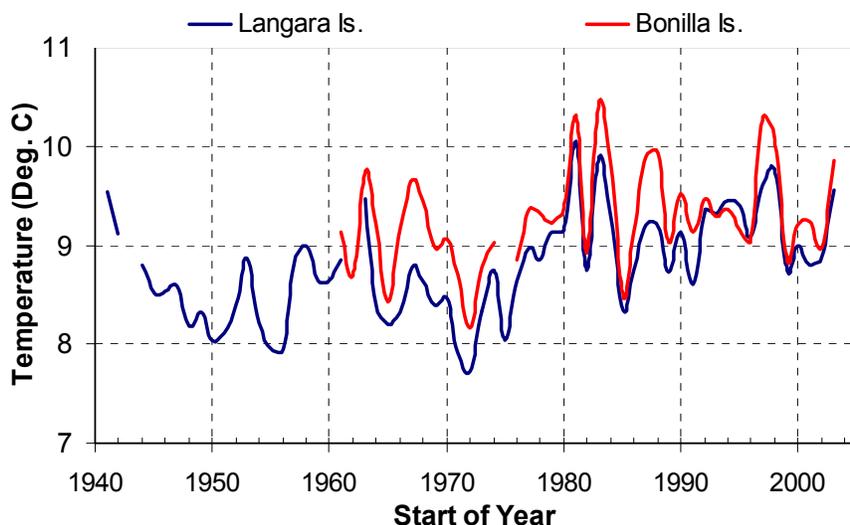


Figure 79. Les températures annuelles moyennes aux stations de phare le long de la côte nord de la Colombie-Britannique.

En 2003, les températures étaient supérieures à celles observées durant la plupart des années précédentes, atteignant des niveaux typiques des périodes d'El Niño au cours des années 1980 et 1990. Ce réchauffement est probablement dû à l'impact du El Niño 2002/2003. La salinité annuelle moyenne à l'île Bonilla (figure 80) était semblable aux niveaux des deux années précédentes, mais la salinité à l'île Langara a continué son déclin à long terme qui a commencé au début des années 1970. Cette tendance de la salinité n'a pas été observée aux autres stations en Colombie-Britannique et sa cause est inconnue.

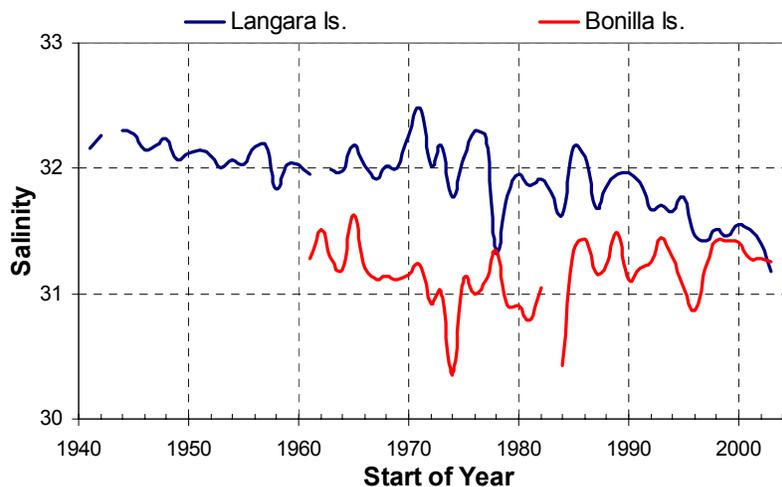


Figure 80. Salinités annuelles moyennes aux stations de phare le long de la côte nord de la Colombie-Britannique.

*Niveau de la mer en hiver et la morue du Pacifique*

La température de l'eau à l'île Bonilla et le niveau de la mer en hiver à Prince Rupert, ajusté en fonction de la pression atmosphérique (figure 81), ont servi d'indices des courants d'hiver dans le détroit d'Hécate et du taux de recrutement de la morue du Pacifique. En règle générale, les hivers caractérisés par des hausses du niveau de la mer ajusté en fonction de la pression atmosphérique à Prince Rupert produisent

des courants forts dans le détroit d'Hécate et sont des années de faible recrutement. L'hiver est défini comme étant la période de trois mois entre janvier et mars. Récemment, Sinclair et Crawford (en cours d'impression) ont déterminé que le niveau de mer ajusté à Prince Rupert était en lui-même un excellent indice du recrutement, et la série chronologique de la température n'est pas très importante et n'est plus utilisée pour faire la prévision.

Le terme "ajusté en fonction de la pression atmosphérique" dénote une série chronologique du niveau de la mer et de la pression atmosphérique locale, exprimée dans les mêmes unités de pression ou de hauteur. Sur la figure 81, les observations de la pression atmosphérique à l'aérogare de Prince Rupert ont été converties en taille équivalente d'eau de mer, dans l'hypothèse qu'un centimètre d'eau de mer exerce une pression d'un millibar. Les courants océaniques répondent à la pression totale, qui est la somme de la pression atmosphérique et de la pression de l'eau de mer comme décrit ci-dessus.

Deux courbes sur la figure 81 représentent les changements à long terme des niveaux de la mer observés à Prince Rupert en hiver. La ligne bleue représente les valeurs mesurées en hiver depuis 1962. La ligne rouge représente le niveau de la mer en hiver qui a été corrigé pour enlever la tendance à long terme du niveau de la mer à Prince Rupert. Cette tendance à long terme est due au mouvement terrestre à l'échelle locale et à une élévation générale du niveau de la mer à l'échelle globale; ces deux variables sont sans pertinence au taux de recrutement de la morue à l'échelle locale. Par conséquent, c'est la courbe rouge dénotant la variabilité interannuelle du niveau de la mer en hiver qui se rapporte au taux de recrutement de la morue dans le détroit d'Hécate et possiblement dans l'entrée Dixon.

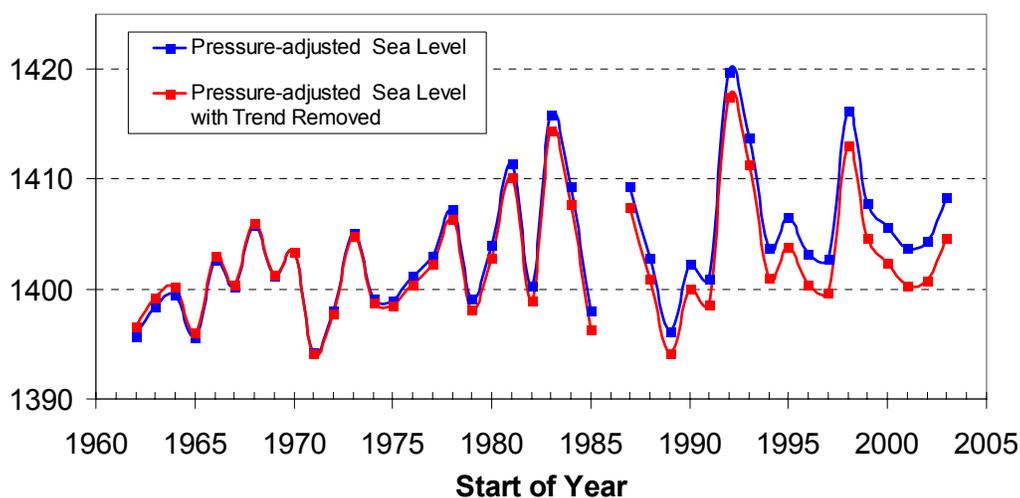


Figure 81. Le niveau de la mer ajusté en fonction de la pression atmosphérique observé à Prince Rupert en hiver 2003 a démontré une hausse de plusieurs centimètres par rapport aux bas niveaux observés entre 2000 et 2002, mais est resté nettement inférieur aux niveaux extrêmement élevés connus au cours de l'hiver El Niño de 1997/98. Le niveau observé à Prince Rupert durant l'hiver 2003 était de 1405 centimètres; seulement quelques centimètres plus élevés que la moyenne basse de 1402 centimètres calculée entre 1960 et 2002. Par conséquent, nous comptons voir un taux moyen de recrutement de la morue du Pacifique qui a frayé dans le détroit d'Hécate au début de l'année 2003.

### ***Formation de tourbillons le long de la marge continentale***

À l'aide des mesures satellitaires du niveau de la mer, nous pouvons observer la formation et le mouvement des tourbillons anticycloniques de 200 km de diamètre (tournant dans le sens horaire) au large de la côte ouest des îles de la Reine Charlotte en Colombie-Britannique et de l'archipel Alexandre située au sud-est de l'Alaska. Les tourbillons sont appelés Sitka et Haida selon les caractéristiques géographiques locales le long de la côte où ils sont formés. Un ou deux tourbillons Haida se forment au cours de la plupart des hivers le long de la côte ouest des îles de la Reine Charlotte, tandis que les tourbillons Sitka se forment le long de la côte du sud-est de l'Alaska. Les tourbillons étaient plus grands au cours des hivers caractérisés par de très forts El Niño en 1982-1983 et en 1997-1998. Le tourbillon de 1998 était le plus grand jamais observé, tandis que les tourbillons formés entre 1999 et 2003 étaient

considérablement plus petits. En règle générale, les hivers caractérisés par des hausses du niveau de la mer ajusté en fonction de la pression atmosphérique à Prince Rupert entraîneront des grands tourbillons Haida. Bien que les niveaux de la mer observés à Prince Rupert au cours de l'hiver de 2003 aient été légèrement plus élevés que ceux des trois années précédentes, les tourbillons formés au début de l'année 2003 avaient la même hauteur et la même faible ampleur que ceux des trois années précédentes.

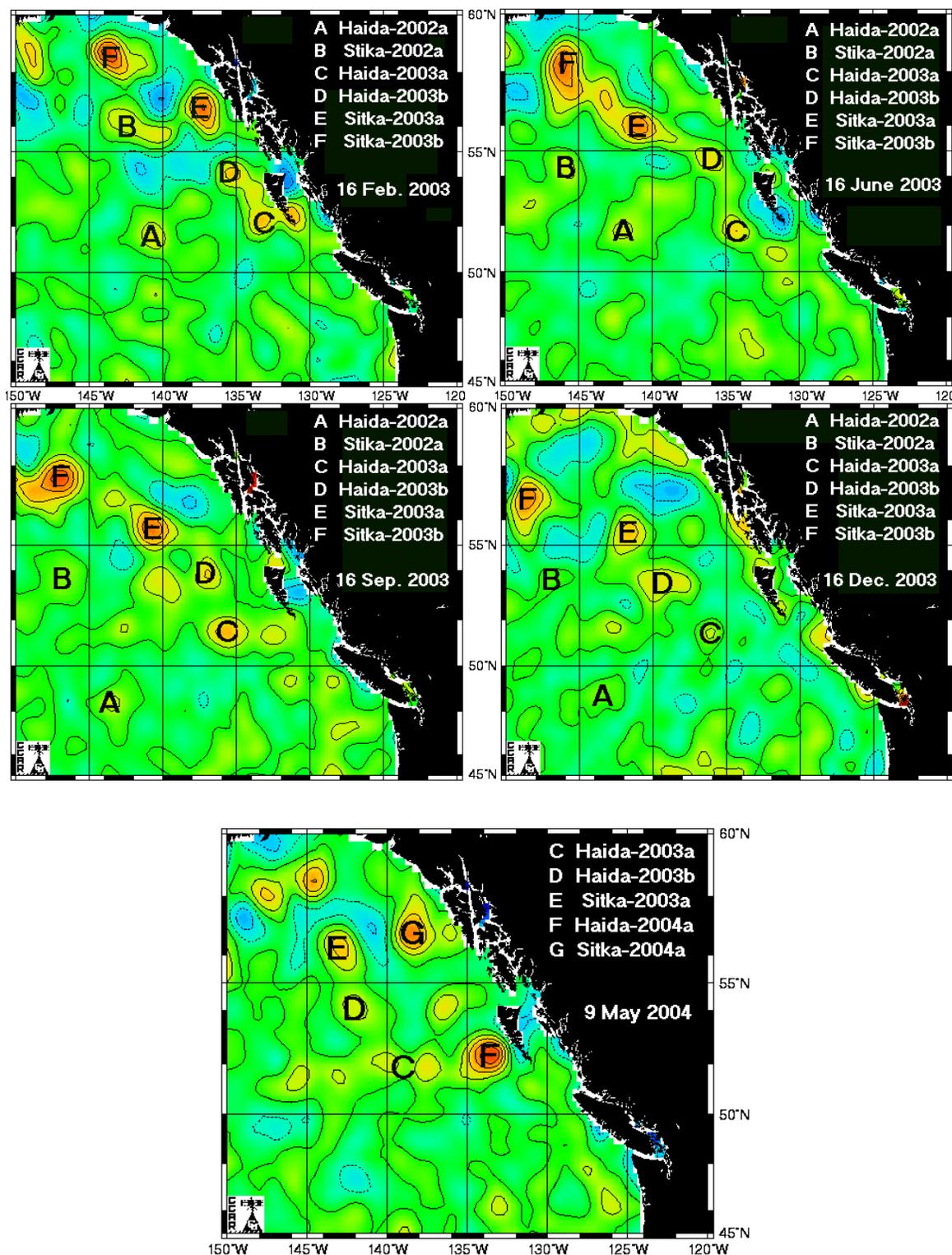


Figure 82. Les tourbillons dans la partie est du golfe de l'Alaska pendant les quatre saisons de 2003 et en mai 2004.

La figure 82 présente des images des tourbillons dans la partie est du golfe de l'Alaska pendant les quatre saisons de 2003. Cette image a été préparée à partir des observations par les satellites Jason-1 et ERS-2, en utilisant le logiciel fourni par le Colorado Centre for Astrodynamics Research. Les courbes représentent les anomalies de hauteur de la mer à la surface à des intervalles de 5 centimètres par rapport à une moyenne pluriannuelle. La couleur rouge représente les niveaux les plus élevés, la couleur bleu représente les niveaux les plus bas.

Les tourbillons présentés à la figure 82 sont étiquetés de la manière suivante: "Haida-2003a" (le premier tourbillon Haida de l'année 2003). Trois tourbillons qui se sont formés en 2002 se sont déplacés lentement vers l'ouest et ont diminué en hauteur au cours de l'année. En décembre 2003, ils étaient de moins de 5 centimètres de hauteur, qui est près de la limite de détection pour les mesures satellites de niveau de la mer. Les tourbillons Haida et Sitka qui se sont formés en 2003 se sont aussi déplacés vers l'ouest. La hauteur des tourbillons Sitka a diminué d'environ 5 centimètres au cours de 2003, tandis que les deux tourbillons Haida de 2003 ont maintenu leur hauteur.

Les images depuis le début 2004 (figure 82) illustrent la formation d'un seul tourbillon Haida au large de la côte de sud-ouest des îles de la Reine Charlotte, atteignant des hauteurs de 30 centimètres en mai 2004. Cette hauteur est deux fois l'amplitude maximale des tourbillons Haida de 2003.

### *Le hareng du détroit d'Hécate*

La biomasse exploitable de hareng dans la région du détroit d'Hécate est un regroupement des trois stocks migrateurs principaux des îles de la Reine Charlotte, de Prince Rupert et de la côte centrale. Pendant la dernière décennie, l'abondance aux îles de la Reine Charlotte a baissé tandis que l'abondance à Prince Rupert et sur la côte centrale se maintient à un niveau élevé (figure 83, 84, 85). Le taux de recrutement dans les îles de la Reine Charlotte a diminué (figure 84) et les 6 des 10 dernières classes d'âge ont été faibles tandis que le stock de Prince Rupert (figure 86) a connu un fort recrutement à au moins tous les 4 ans depuis 1980. Le recrutement du stock sur la côte centrale (figure 88) a été moins régulier mais des fortes classes d'âge se sont produites. Tout indique que les classes d'âge récentes des îles de la Reine Charlotte demeurent faibles, sauf en 2003, alors que celles du secteur de Prince Rupert et de la côte centrale deviennent plus fortes; ce qui donne à penser qu'il y a de meilleures conditions de survie dans ces secteurs. On s'attend à ce que l'abondance aux îles de la Reine Charlotte et à Prince Rupert soit semblable aux niveaux récents tandis que l'abondance sur la côte centrale pourrait diminuer légèrement par rapport à 2003.

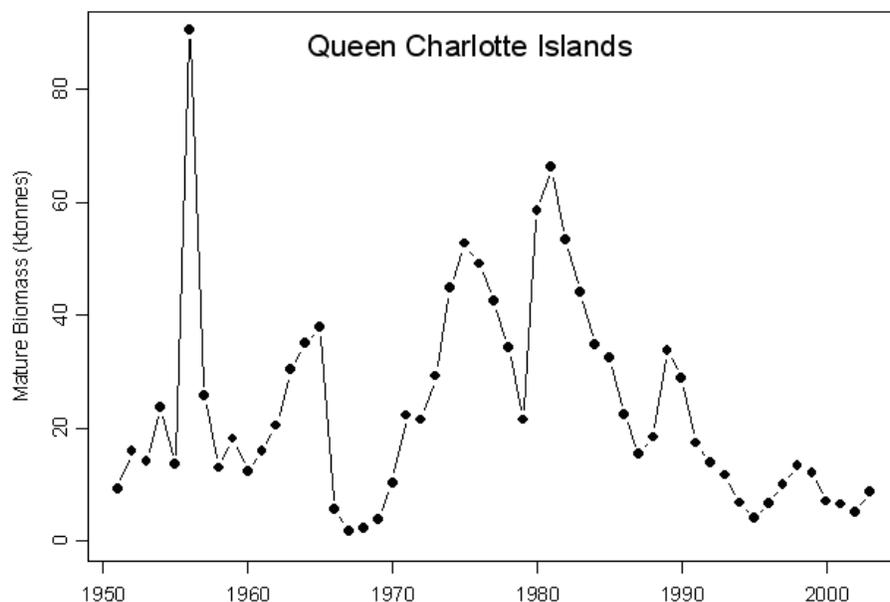


Figure 83. Abondance du hareng aux îles de la Reine Charlotte.

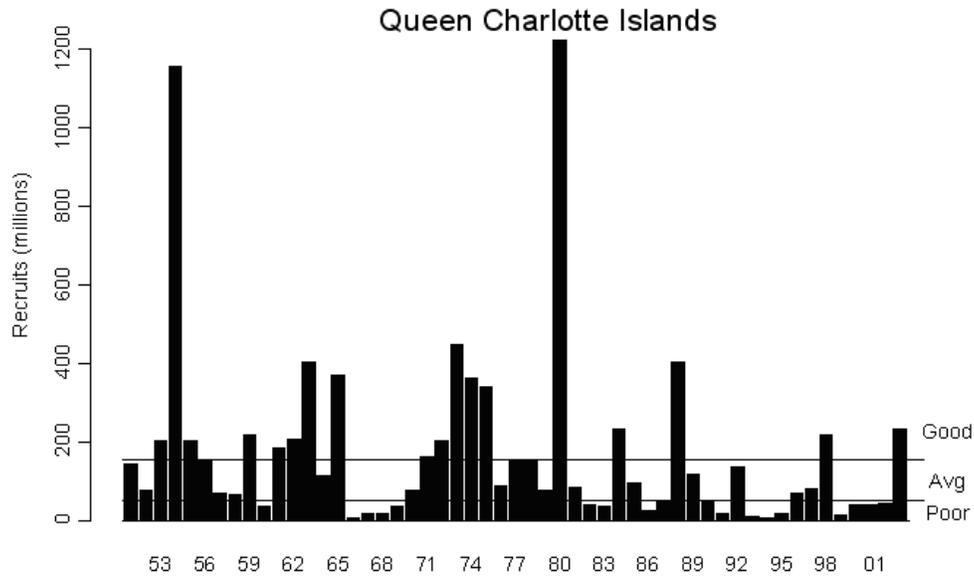


Figure 84. Variabilité interannuelle et tendances décennales du recrutement du hareng des îles de la Reine Charlotte. Les limites concernant le recrutement 'faible', 'moyen' et 'fort' sont montrées. Notez que 5 des 10 derniers recrutements ont été 'faibles'.

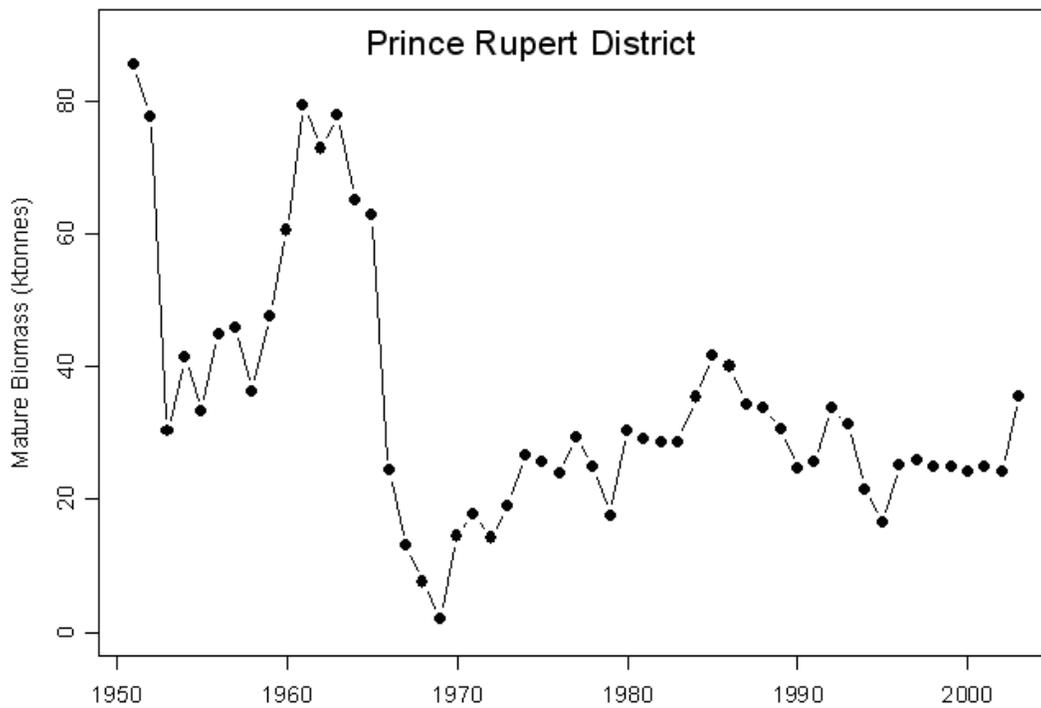


Figure 85. Abondance du hareng dans le secteur de Prince Rupert.

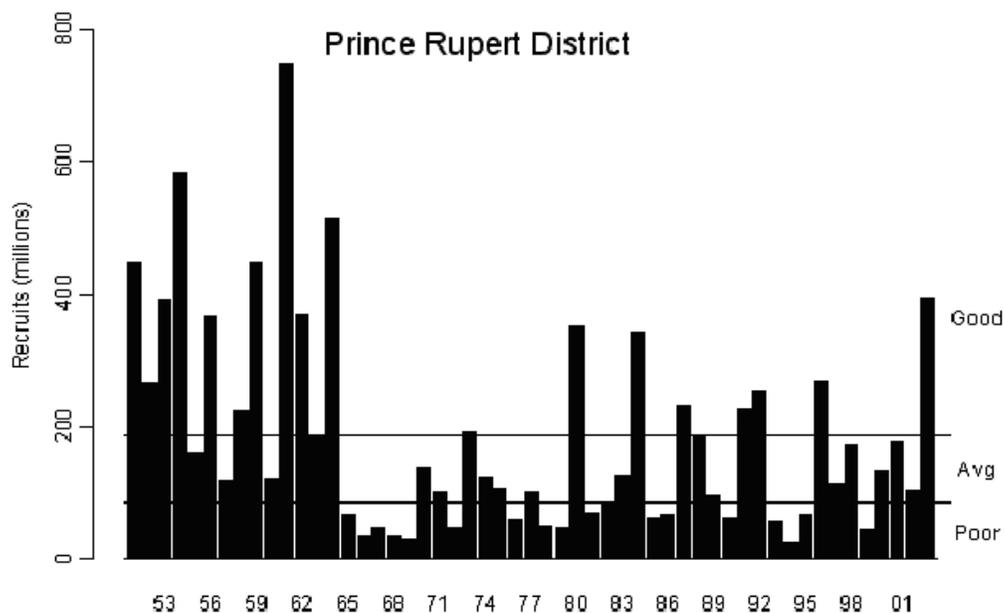


Figure 86. Variabilité interannuelle et tendances décennales du recrutement du hareng du secteur de Prince Rupert. Les limites concernant le recrutement 'faible', 'moyen' et 'fort' sont montrées. Notez que de 'forts' recrutements se sont produits presque tous les quatre ans depuis 1980.

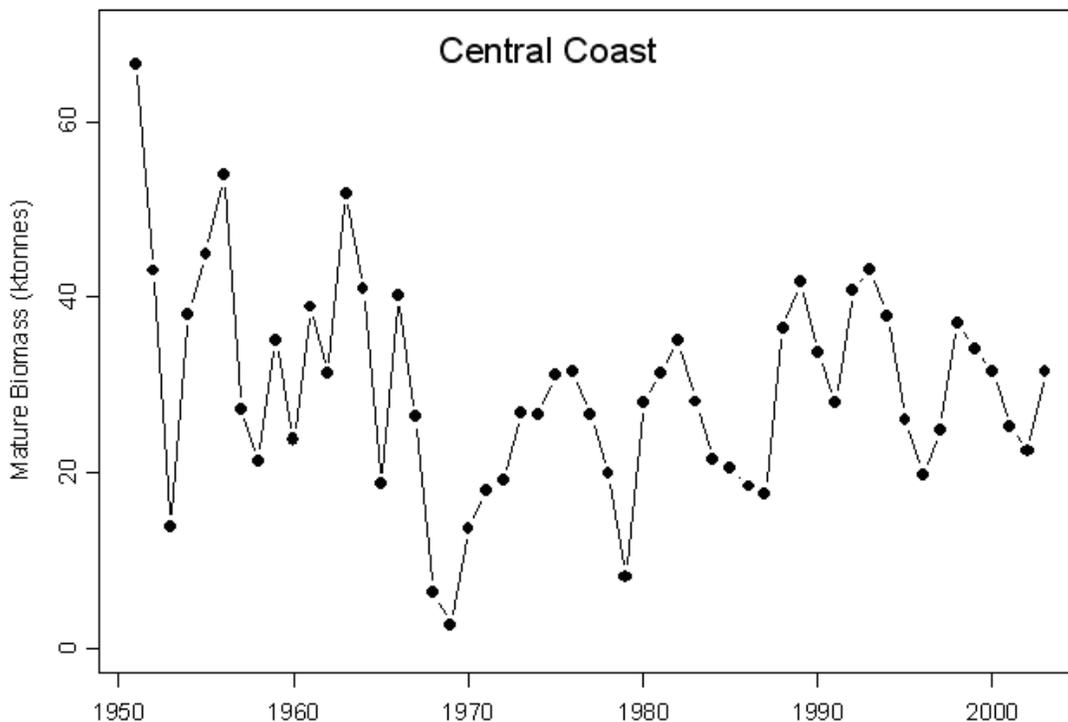


Figure 87. Abondance du hareng sur la côte centrale.

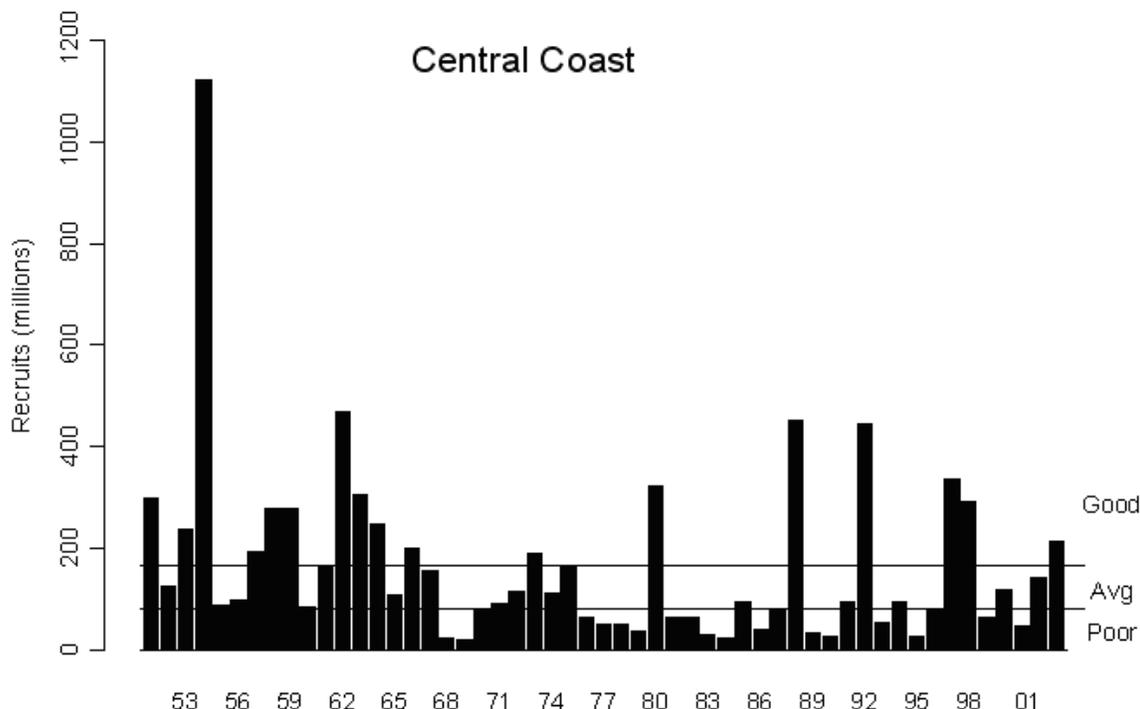


Figure 88. Variabilité interannuelle et tendances décennales du recrutement du hareng sur la côte centrale. Les limites concernant le recrutement 'faible', 'moyen' et 'fort' sont montrées.

### Détroit de Géorgie et chenaux adjacents

#### *Fleuve Fraser*

En 2003, le débit du fleuve Fraser était inférieur à la moyenne à long terme pendant une grande partie de l'année en raison des niveaux de neige accumulés qui étaient inférieurs à la normale sur l'ensemble de son bassin versant en 2003 (figure 89).

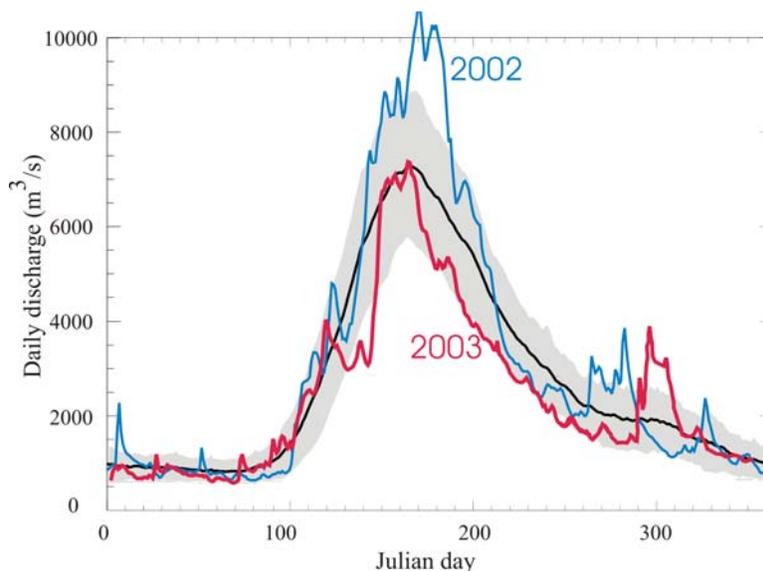


Figure 89. Le débit du fleuve Fraser mesuré à Hope. La ligne noire représente le débit moyen à long terme, et la zone ombrée représente l'écart type par rapport à la moyenne.

La crue nivale a culminé au début de juin 2003, avec un débit maximal d'environ  $7500 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , ce qui est près de la normale, mais la durée de la crue nivale, qui était plus courte que la durée normale, a réduit le débit total de 2003. Après cette pointe, le débit est demeuré sous les moyennes saisonnières pour le reste

de l'année, sauf pendant une brève période à la fin d'octobre lorsque de fortes pluies l'ont nettement accru. Au printemps de 2004, le niveau de neige accumulée était plus près de la normale, donnant probablement un écoulement plus normal en 2004 par rapport à celui de 2003.

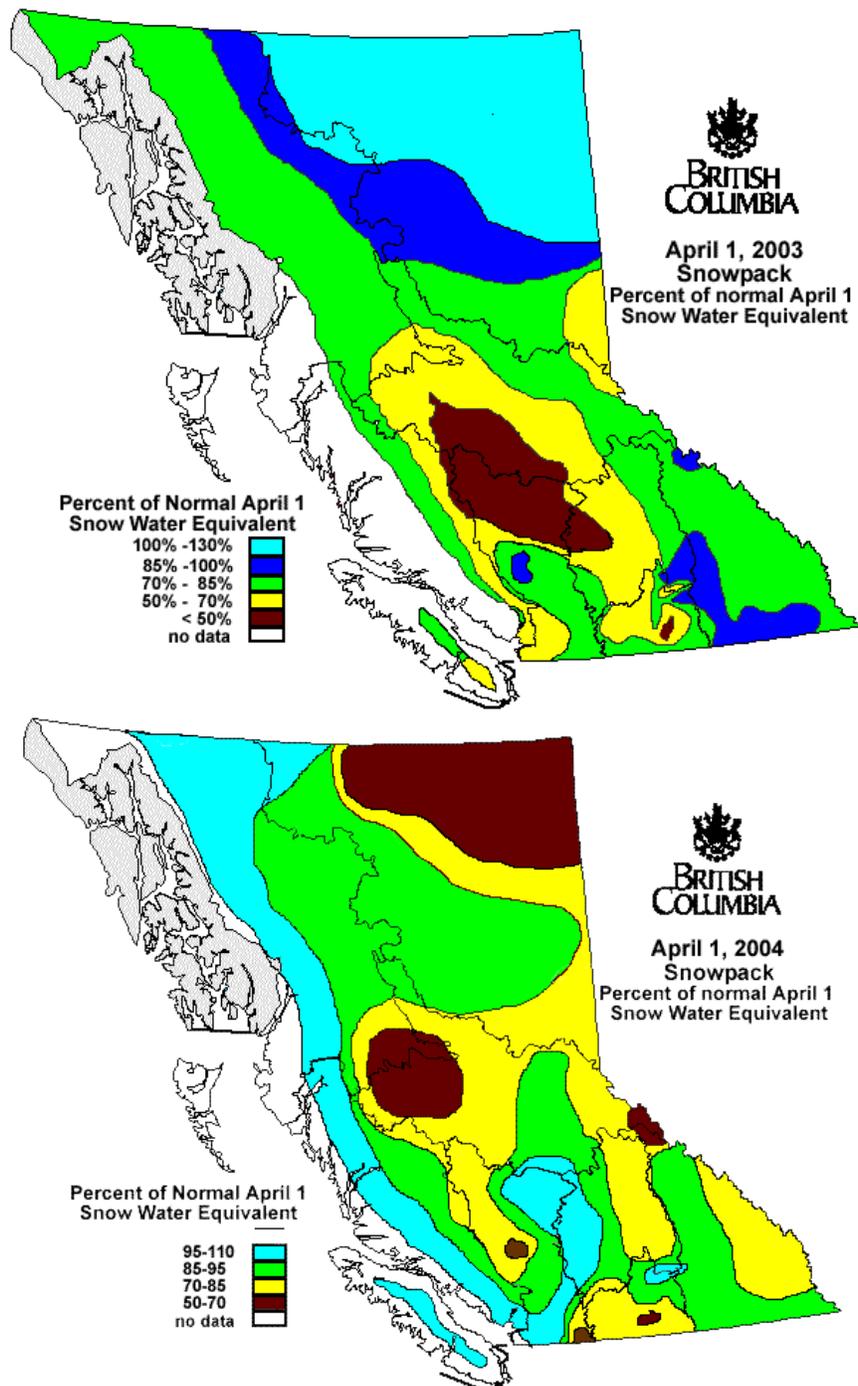


Figure 90. Équivalent en eau de neige au 1 avril en 2003 (partie supérieure) et en 2004 (partie inférieure), exprimé en pourcentage par rapport à la normale calculée entre 1971 et 2000.

### *La température et la salinité*

La température de surface de la mer (TSM) dans le détroit de Géorgie est restée supérieure à la normale au cours de 2003, et les anomalies de TSM à l'île Entrance ont atteint une valeur maximale de presque 2 degrés C en août (figure 91). Également, la salinité de surface de la mer (SSM) est restée supérieure à la moyenne pour la majeure partie de l'année, avec des anomalies variant d'environ 1 à 3 usp. Cependant, en

octobre et en novembre, la salinité de surface a nettement diminué en raison du fort débit du fleuve Fraser provoqué par des pluies abondantes. Les données utilisées à la figure 91 sont les valeurs mensuelles mesurées à l'île Entrance. Des conditions semblables ont été enregistrées à d'autres stations de phare aussi bien qu'à la station de la baie de Nanoose.

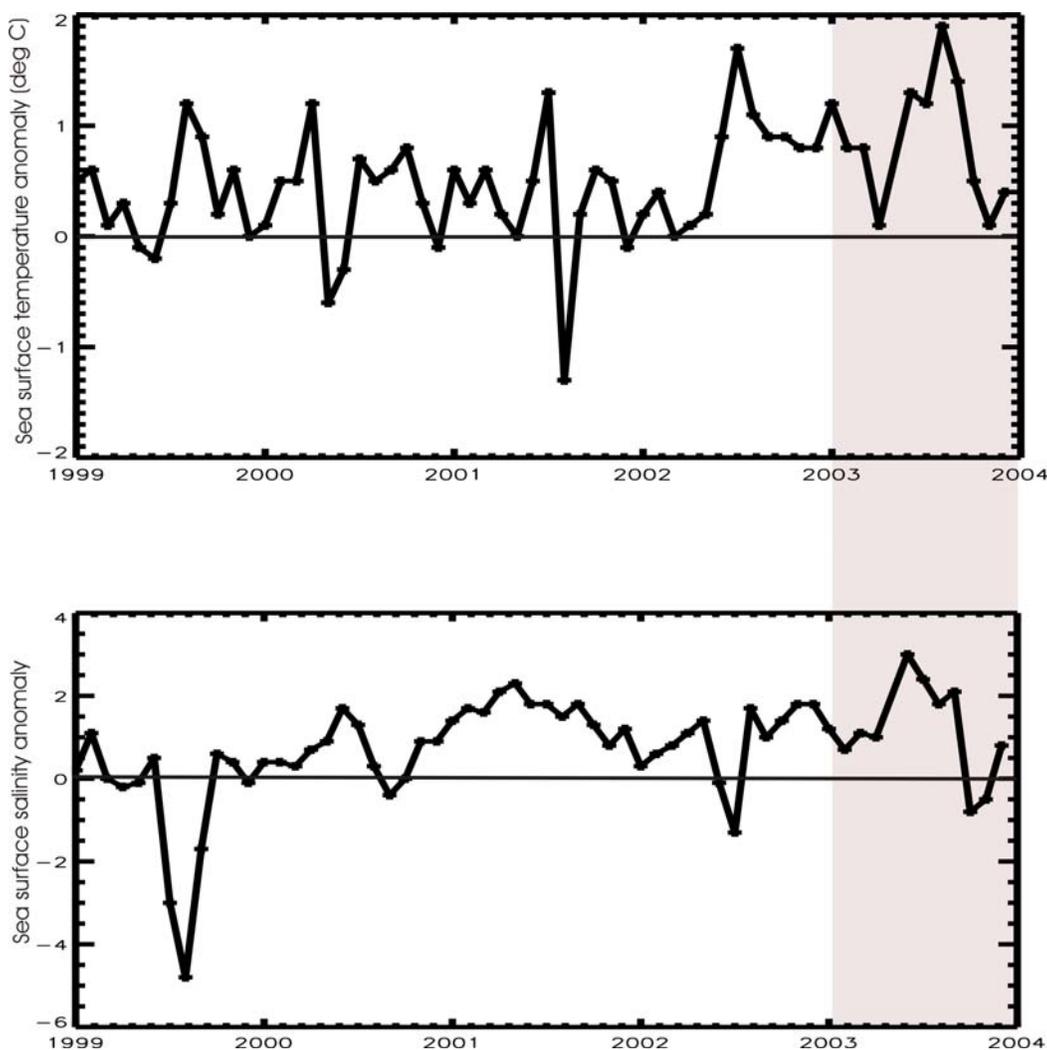


Figure 91. Les anomalies mensuelles de salinité de surface de la mer (ASSM) et de température de surface de la mer (ATSM) mesurées à l'île Entrance.

Les données provenant des relevés côtiers réalisés aux stations de phare montrent que les températures de surface de la mer dans le détroit de Géorgie ont, en règle générale, continué à augmenter par rapport au nadir de 1999 et la TSM annuelle pour 2003 a augmenté nettement au cours des quatre années précédentes (figure 92). Également, la salinité moyenne a légèrement augmenté dans le détroit de Géorgie en 2003 (figure 93), comme a été observé en 2001.

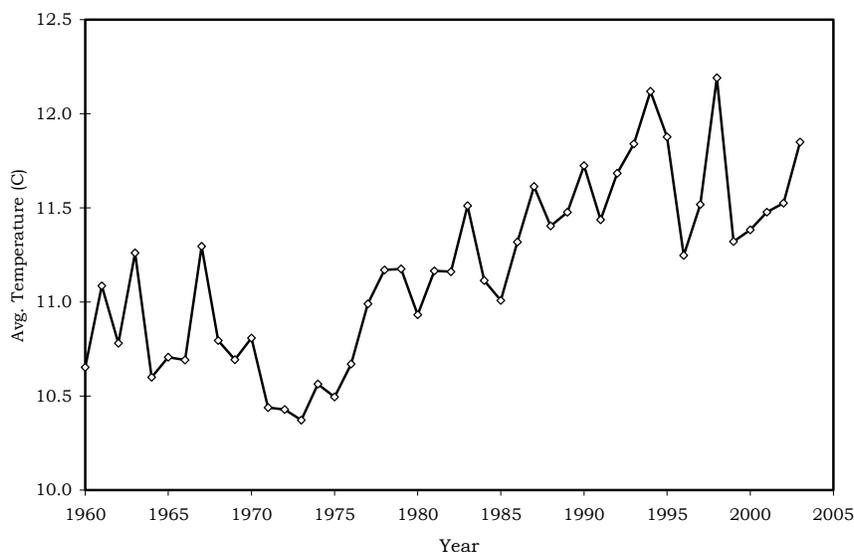


Figure 92. La température annuelle moyenne de surface (janvier à décembre) de la mer (°C) dans le détroit de Géorgie. La valeur moyenne est calculée en utilisant des données provenant du cap Mudge, de l'île Chrome, de la baie Departure, de l'île Entrance et de l'île Sisters.

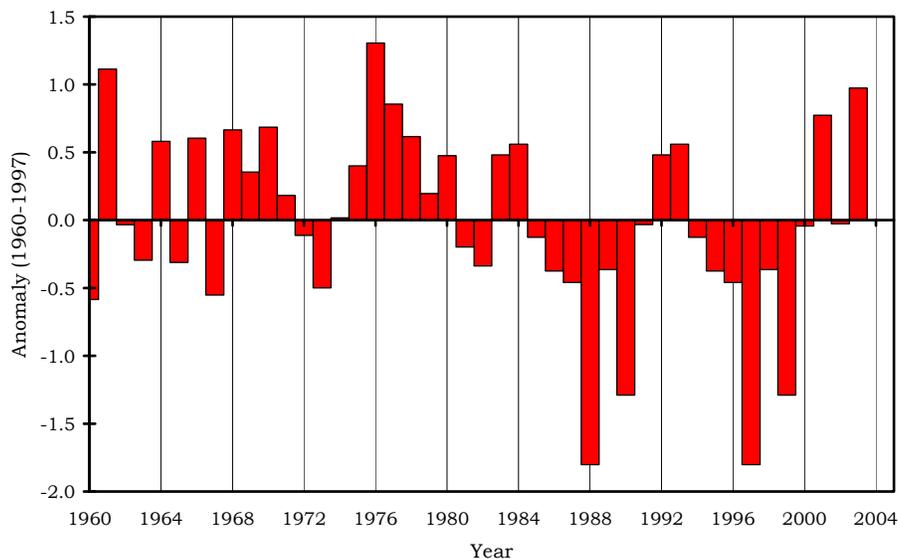


Figure 93. La salinité annuelle moyenne de surface (janvier à décembre) de la mer (exprimée en terme de l'anomalie par rapport à la moyenne à long terme) dans le détroit de Géorgie. Les valeurs moyennes sont calculées en utilisant des données provenant du cap Mudge, de l'île Chrome, de la baie Departure, de l'île Entrance et de l'île Sisters.

Également, la température sous la surface dans le détroit de Géorgie était supérieure à la normale en 2003. La figure 94 présente la série chronologique de l'anomalie de température mesurée à la station de la baie de Nanoose, située tout près de l'île Ballenas dans le bassin profond de la partie centrale du détroit. À la suite des températures chaudes associées au El Niño de 1998, les eaux sous la surface dans le détroit de Géorgie sont restées relativement froides par rapport à celles des deux dernières décennies. Ceci correspond au refroidissement lié au "changement du régime climatique" en 1998/99 comme l'indiquent d'autres données chronologiques côtières. Cependant, cet épisode froid a été interrompu par des conditions nettement plus chaudes dans le détroit en 2003, semblable aux conditions typiquement liées à un El Niño (tel qu'en 1998).

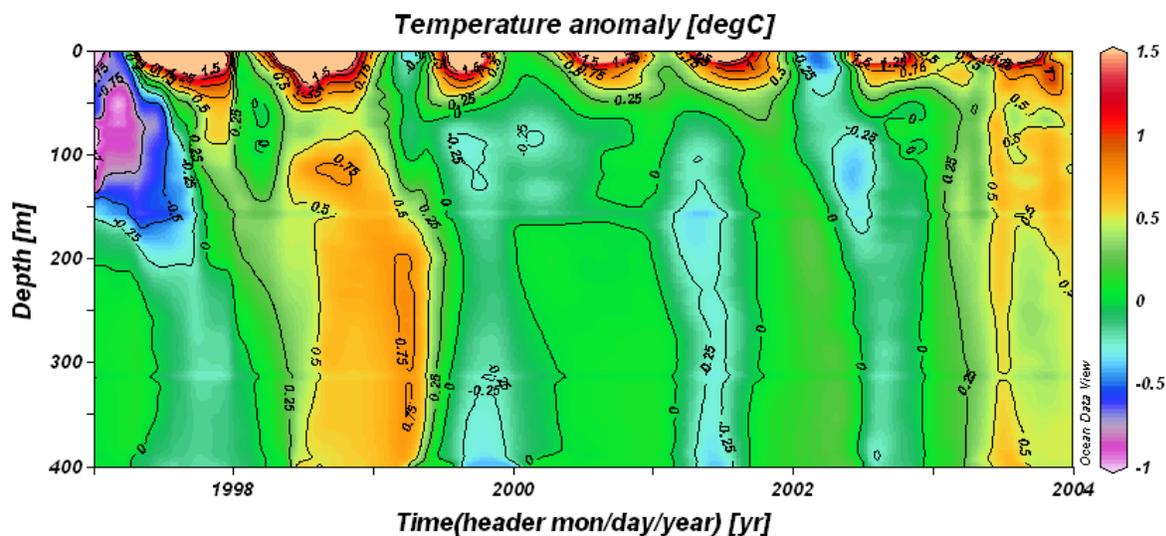


Figure 94. L'anomalie de température mesurée à la station navale de la baie de Nanoose, située tout près de l'île Ballenas dans le bassin profond du détroit de Géorgie. Les anomalies sont calculées par rapport à la période entre 1970 et 2003.

### *Prolifération printanière du phytoplancton et les dates de début*

Des fluoromètres, un salinomètre et des sondes optiques ont été fixés sur une bouée météorologique standard ayant 3 mètres de diamètre dans le bras de mer Saanich en décembre 1998 pour former un système prototype d'observatoire d'écosystème marin. Un système semblable a été installé sur le banc Halibut dans le détroit de Géorgie en février 2001. Le système du bras de mer Saanich a fonctionné jusqu'au mois de février 2001, entre juin 2001 et octobre 2002 et depuis juillet 2003. Le système du banc Halibut a fonctionné jusqu'en mai 2001 et depuis décembre 2002. Pendant les cinq années depuis 1999, l'une ou l'autre de ces deux bouées fonctionnait pendant le début de la prolifération printanière, produisant des données chronologiques à intervalle d'une heure de la fluorescence chlorophyllienne près de la surface (à 1 mètre de profondeur) et à 8 mètres de profondeur.

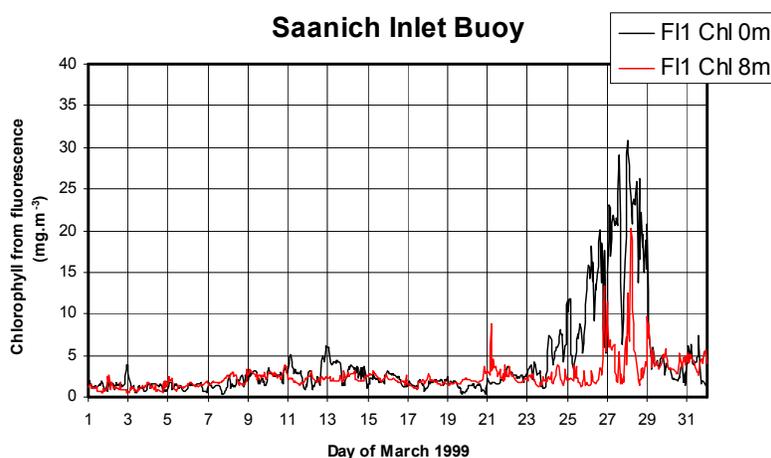


Figure 95. Les concentrations de chlorophylle à la bouée du bras de mer Saanich et du banc Halibut mesurées annuellement par un fluoromètre in situ en mars des années entre 1999 et 2003, à la surface de la mer (0m) et à 8 mètres de profondeur (8m).

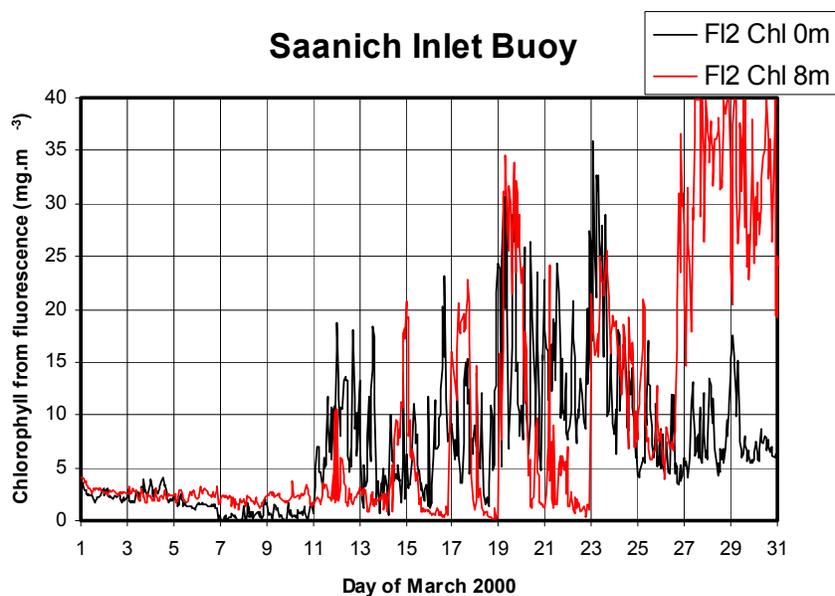


Figure 95 suite. Les concentrations de chlorophylle à la bouée du bras de mer Saanich et du banc Halibut mesurées annuellement par un fluoromètre in situ en mars des années entre 1999 et 2003, à la surface de la mer (0m) et à 8 mètres de profondeur (8m).

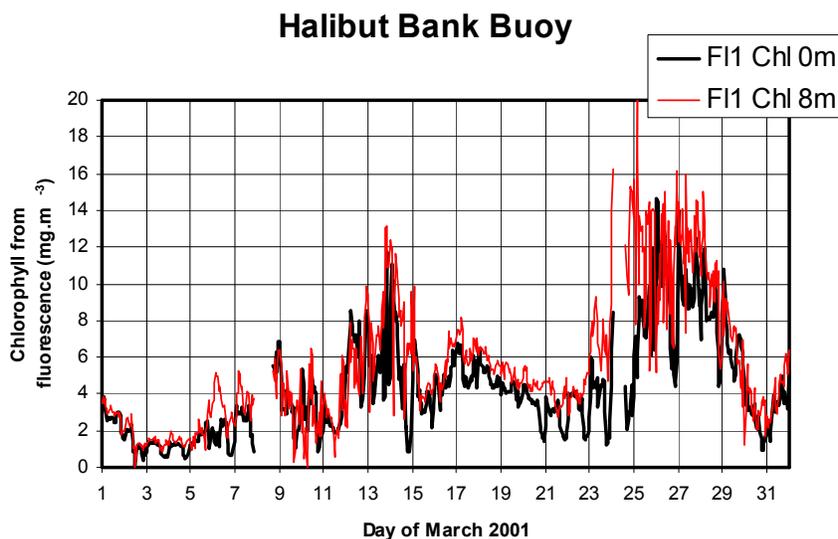


Figure 95 suite. Les concentrations de chlorophylle à la bouée du bras de mer Saanich et du banc Halibut mesurées annuellement par un fluoromètre in situ en mars des années entre 1999 et 2003, à la surface de la mer (0m) et à 8 mètres de profondeur (8m).

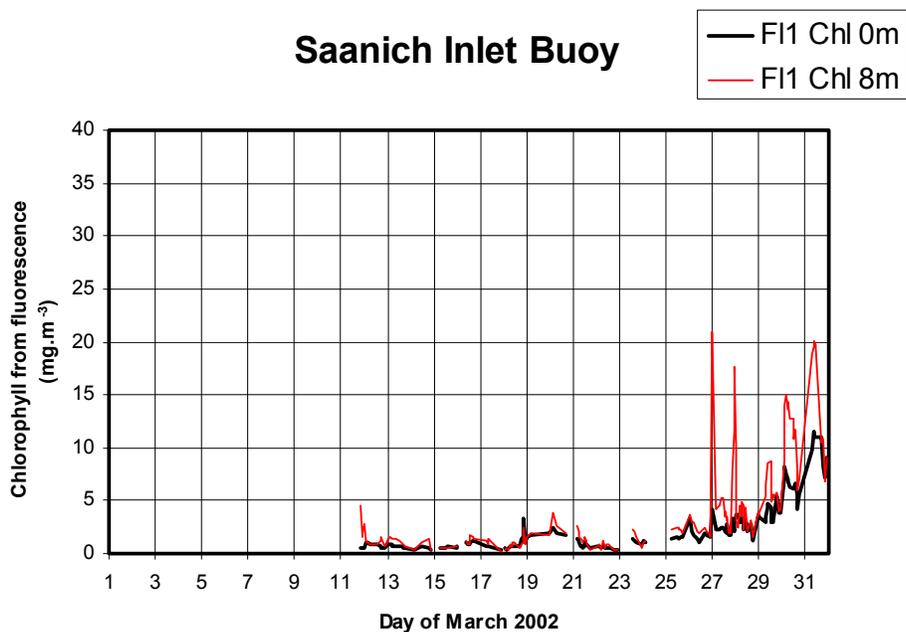


Figure 95 suite. Les concentrations de chlorophylle à la bouée du bras de mer Saanich et du banc Halibut mesurées annuellement par un fluoromètre in situ en mars des années entre 1999 et 2003, à la surface de la mer (0m) et à 8 mètres de profondeur (8m).

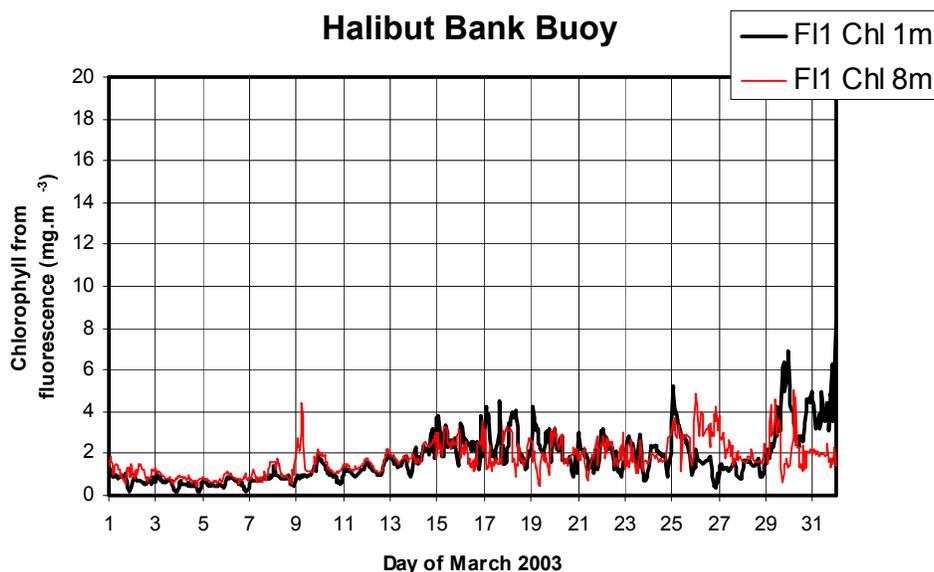


Figure 95 suite. Les concentrations de chlorophylle à la bouée du bras de mer Saanich et du banc Halibut mesurées annuellement par un fluoromètre in situ en mars des années entre 1999 et 2003, à la surface de la mer (0m) et à 8 mètres de profondeur (8m).

Les séries chronologiques montrent les dates de début de la prolifération printanière pour les cinq années comme étant environ : 24 mars 1999, 11 mars 2000, 7 mars 2001, 27 mars 2002 et le 30 mars 2003. La bouée du bras de mer Saanich semble donner une date de début plus distincte, et les concentrations atteignent 30 à 40  $\text{mg m}^{-3}$ . Sur le banc Halibut, les concentrations tendent à être inférieures, et l'échelle des graphiques montre une valeur maximale de 20  $\text{mg m}^{-3}$ . Avant 2003, il n'existe aucune mesure simultanée aux deux endroits; ce qui est attribuable en partie au partage du matériel entre les emplacements.

Entre le 11 février et le 12 mars 2002, la transmission des données à l'ISM a été interrompue à la suite du bris du satellite Anik. Les données absentes devraient être récupérables à partir d'Environnement Canada. Les données existantes provenant de l'ISM suggèrent fortement que la prolifération a commencé après l'interruption de données. Le 1 avril, les concentrations ont atteint 25 mg.m<sup>-3</sup> à la surface et 37 mg.m<sup>-3</sup> à 8 m de profondeur. Les données provenant du banc Halibut démontrent que la prolifération s'est produite plus tard en 2003. Le 30 mars marque le début de la prolifération le plus tardif des cinq années, bien qu'il y a suggestion d'une lente remontée vers le 15 mars. Selon les données du mois d'avril, des concentrations allant jusqu'à 15 mg.m<sup>-3</sup> sont présentes le 1<sup>er</sup> avril.

### Le hareng

Le stock de hareng du Pacifique dans le détroit de Géorgie migrent vers la côte en automne et s'éloignent du détroit au printemps après avoir frayé. Les conditions de survie pour les harengs juvéniles du détroit de Géorgie ont été exceptionnellement bonnes au cours de la dernière décennie. L'abondance du hareng adulte dans le détroit de Géorgie a récemment atteint un niveau élevé légèrement supérieure à 150,000 tonnes (figure 96) en 2003, ce qui dépasse le niveau record de 1955. Le recrutement à ce stock a été très fort du fait que le recrutement de 9 des 10 dernières classes d'âge était égal ou supérieur à la moyenne (figure 97). Les conditions d'élevage des juvéniles dans le détroit de Géorgie semblent être la raison principale du succès de recrutement pour ce stock puisque la majorité des juvéniles ne laissent pas le secteur avant leur deuxième été. Les relevés d'abondance du hareng juvénile dans le détroit de Géorgie pour 2000 et 2001 indiquent que le recrutement de 2000 et 2001 correspond à celui de 2003 et 2004; ce qui donne à penser que ces années pourraient avoir de fortes classes d'âge. Ces périodes récentes de recrutement élevé devraient maintenir le stock à un niveau élevé au cours des prochaines années.

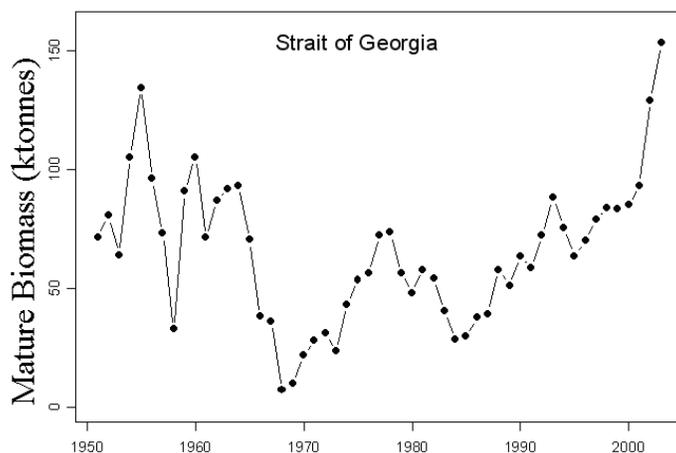


Figure 96. Abondance du hareng dans le détroit de Géorgie.

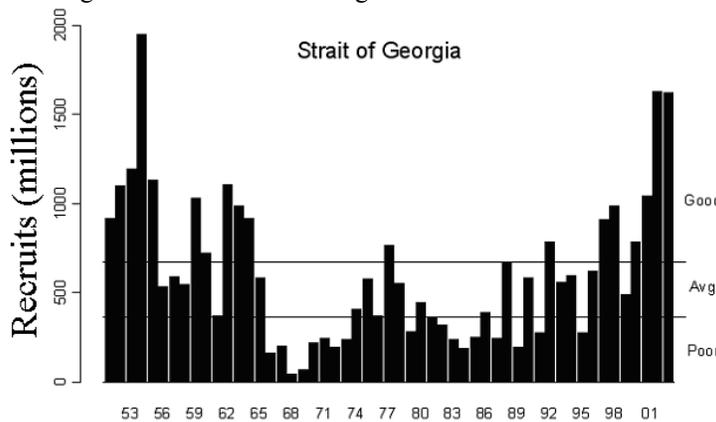


Figure 97. Variabilité interannuelle et tendances décennales du recrutement du hareng dans le détroit de Géorgie. Les lignes horizontales représentent les valeurs limites du recrutement 'faible', 'moyen' et 'fort'. Notez que 6 des 10 dernières classes d'âge ont été 'fortes'.

**Le saumon**

Le changement de régime climatique qui s'est produit à la fin de 1998 s'est traduit par des variations des indicateurs du climat dans le détroit de Géorgie, notamment les températures (figure 98) de surface de la mer et la direction des vents dominants en hiver (figure 99). Les impacts du changement du régime climatique sur la productivité du détroit de Géorgie, d'abord observés en 2000 (MPO 2002, Beamish et al. 2001, Beamish et al. 2002, Beamish et al. 2004), ont persisté jusqu'en 2003. Les effets de ce changement incluent la croissance améliorée des saumons juvéniles du Pacifique en 2000 et en 2001, un niveau record de retour des saumons roses vers le fleuve Fraser en 2001 et en 2003 (migré vers la mer en 2000 et en 2002), des retours moyens de saumons rouges vers le fleuve Fraser en 2002 et en 2003, le plus grand retour du saumon quinnat vers le fleuve Fraser à l'automne de 2003 et en 2003, la plus forte biomasse de hareng du Pacifique depuis 1952. Nous utilisons l'indice de la longueur du jour (figure 100) pour démontrer que le nouveau régime commençant en 1998 persiste, en dépit des changements dans le détroit de Géorgie en 2002 et en 2003 (Beamish et al. 2004). Nous proposons que la baisse évidente de la productivité du saumon juvénile dans le détroit de Géorgie en 2002 et en 2003 fait ressortir le fait que les conditions et la variabilité locales se répercutent sur les conditions climatiques du bassin pendant un régime.

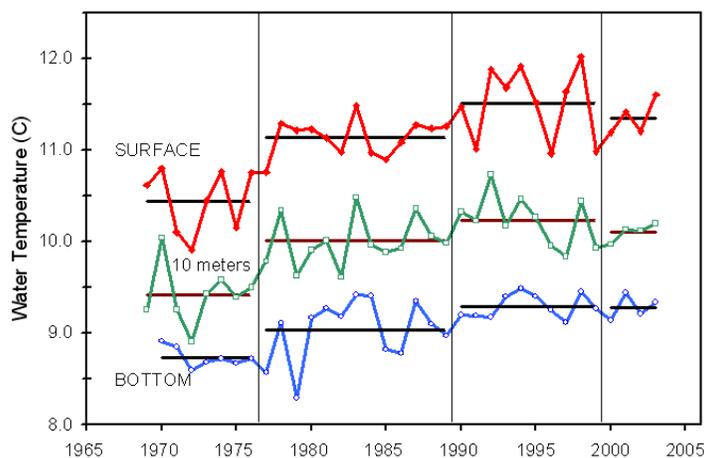


Figure 98. Les profils de température annuelle moyenne de l'eau (à 0, 10 et 395m de profondeur) entre 1969 et 2003, obtenus à partir de la station navale de la baie de Nanoose, située tout près de l'île Ballenas dans le bassin profond du détroit de Géorgie. Les lignes verticales représentent la synchronisation du changement de régime climatique. Les lignes horizontales représentent la température moyenne de l'eau pendant le régime. (Voir figure 94 pour un graphique plus détaillé de la période entre 1997 et 2003.)

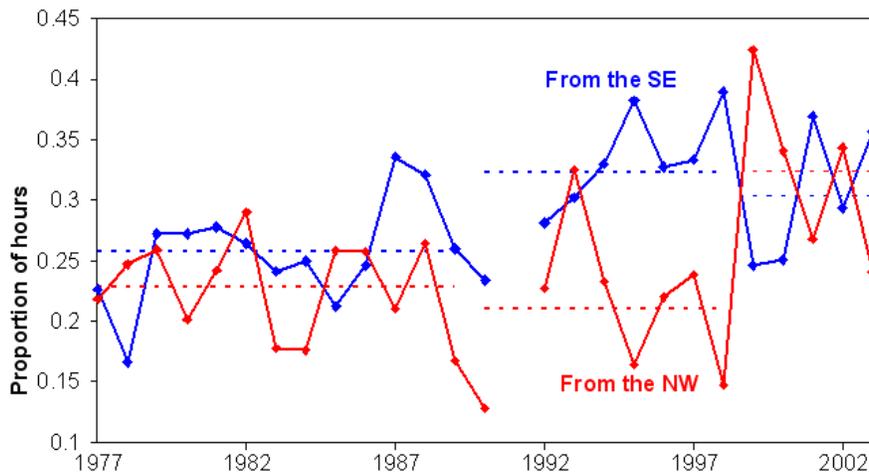


Figure 99. Direction du vent dominant à la station de phare de Sandheads dans le détroit de Géorgie entre octobre et décembre, de 1977 à 2003. Les lignes pleines représentent la proportion du temps pendant laquelle le vent a soufflé du SE (bleu) et du NW (rouge). Les lignes discontinues horizontales représentent la proportion moyenne pour trois périodes du régime.

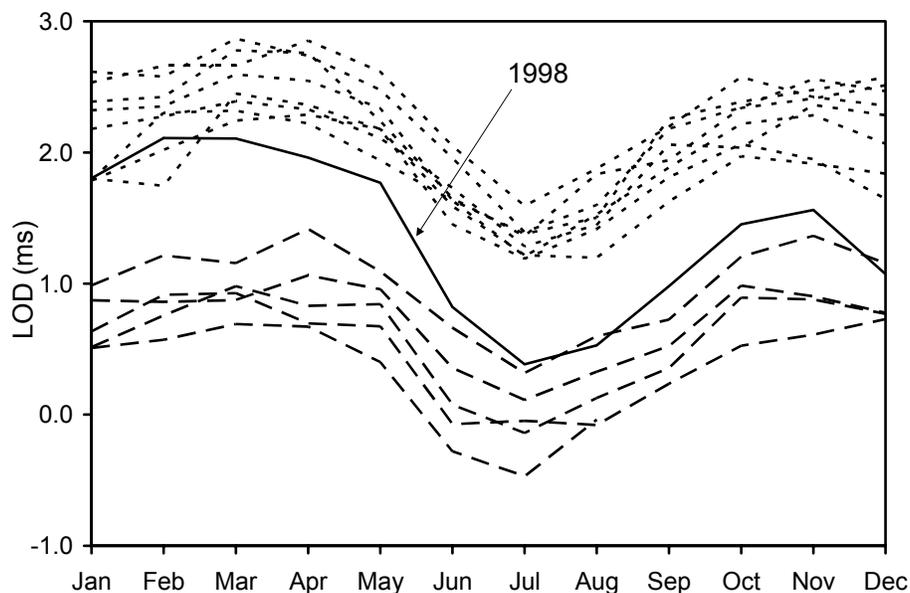


Figure 100. Modèle saisonnier de la longueur du jour (LOD). La LOD est la différence entre la détermination astronomique de la durée du jour et 86,400 secondes. Les lignes pointillées représentent les valeurs entre 1990 et 1997. La ligne solide représente les valeurs de l'année 1998 et démontre qu'une nouvelle tendance se dégage au milieu de l'année 1998. Les lignes discontinues représentent la tendance entre 1999 et août 2003.

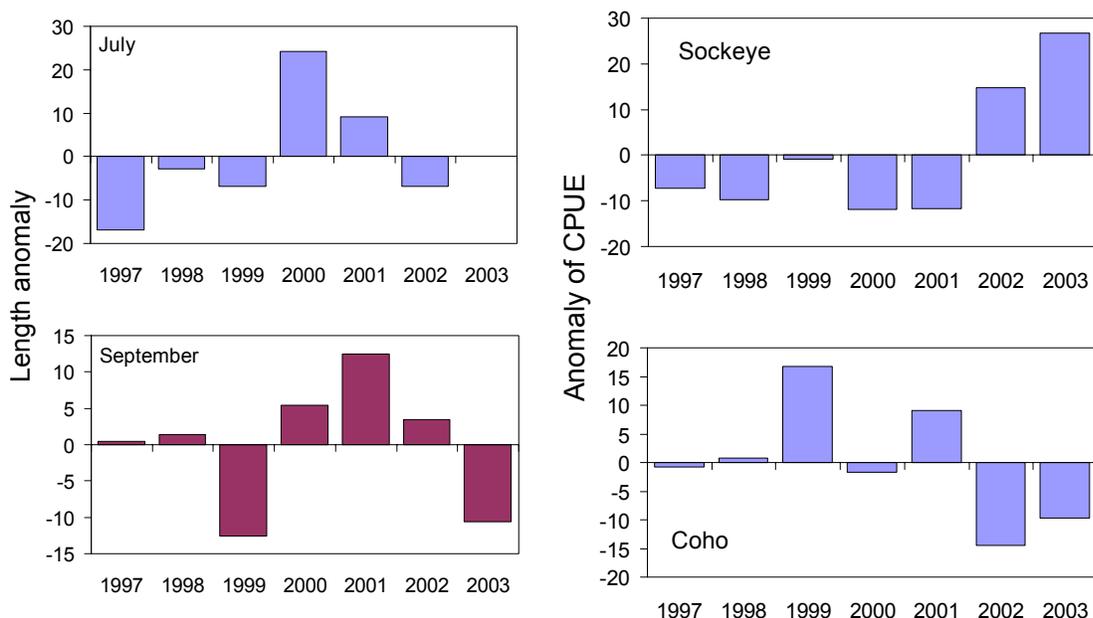
En 2002, nous avons observé que les saumons juvéniles capturés pendant notre relevé de juillet étaient moins abondants et avaient une plus petite taille moyenne par rapport aux deux années précédentes (tableau 1), et on a prévu que la survie en mer serait inférieure à celle observée en 2000 et en 2001. (La prévision des retours des saumons adultes pour l'année suivante se fonde sur les captures par unité d'effort (CPUE) des juvéniles en juillet.) En juillet 2003, le navire W.E. Ricker n'était pas disponible et un relevé des saumons juvéniles n'a pas été effectué dans le détroit de Géorgie. Par conséquent, la taille, la prise et l'abondance des saumons juvéniles ne peuvent pas être comparés aux années précédentes. Cependant, le relevé de septembre 2003 a permis de constater que les saumons cohos juvéniles étaient plus petits que ceux des relevés de septembre 2000 et 2001 (figure 101). En outre, les captures par unité d'effort (CPUE) de saumon coho en septembre étaient basses, comme en 2002 (figure 102). Ces réductions de la taille et des CPUE sont des indications d'une survie en mer réduite des cohos qui sont entrés dans le détroit de Géorgie en 2003. Par conséquent, des faibles taux d'abondances consécutifs à des faibles taux de survie en mer pourraient être prévus lors du retour de ces années d'éclosion en 2004. Notre prévision pour 2002, qui est obtenue en appliquant cette méthode, (à partir des données du relevé de juillet), était la plus pessimiste et la plus précise.

La taille moyenne des saumons quinnats juvéniles a augmenté en 2003 par rapport à 2002, mais était encore plus petite que les valeurs observées en 2000 et en 2001 (tableau 1). En septembre 2003, la taille des saumons kétas juvéniles avait augmenté par rapport au relevé de 2002 (tableau 1).

Dans les relevés de septembre en 2002 et en 2003, nous avons également observé que les CPUE des saumons rouges en mer depuis moins d'un an avaient nettement augmenté dans le détroit de Géorgie (figure 102).

Les prises de ces saumons rouges en septembre 2003 étaient supérieures à celles du saumon coho; ce qui n'avait jamais été vu dans nos relevés de septembre. En outre, le saumon rouge, qui a passé au moins un an en mer, a été également capturé dans le détroit de Géorgie en février 2004. L'analyse d'ADN donne à entendre que tous ces saumons rouges étaient originaires du fleuve Fraser et que la plupart faisaient partie de la montaison tardive de la rivière Adams. Ces observations donnent à penser que quelques saumons rouges passent l'hiver dans le détroit de Géorgie. C'est un changement de comportement pour les saumons rouges pour lequel les effets sur la survie des saumons rouges et d'autres espèces de saumon ne sont pas connus. Cependant, la présence des saumons en hiver peut avoir comme conséquence

l'interaction accrue entre les espèces de saumons, en particulier le saumon kéta et le saumon rose juvéniles qui sont de petite taille lors de leur migration hâtive vers le détroit de Géorgie.



(À gauche) Figure 101. 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 2003, par rapport à la moyenne de cette période. Notez qu'il s'agit de la première année en mer du saumon coho, et qu'aucun relevé n'a été effectué en juillet 2003.

(À droite) Figure 102 Anomalie de CPUE pour le saumon rouge lors de sa première année en mer et pour le saumon coho du détroit de Géorgie à partir des relevés effectués en septembre entre 1997 et 2003, par rapport à la moyenne de cette période.

Espèces	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Quinnat	142.7 (45.28)	169.3 (41.53)	174.0 (42.47)	184.7 (40.15)	188.3 (43.32)	151.7 (42.18)	161.3 (31.74)
Kéta	191.7 (22.38)	190.3 (13.30)	190.7 (24.50)	202.6 (18.36)	194.5 (18.17)	191.5 (17.88)	196.4 (11.61)
Coho	243.4 (22.76)	243.9 (29.24)	229.5 (22.32)	248.0 (23.82)	254.8 (24.92)	245.6 (23.13)	232.5 (22.99)

Tableau 1. Longueurs moyennes à la fourche en millimètres (écart-type) pour les saumons quinnats, les saumons kétas et les saumons cohos lors de leur première année en mer, capturés dans le détroit de Géorgie en septembre entre 1997 et 2003. Les tailles des échantillons sont de 1098-3655 pour le quinnat, de 809-2930 pour le kéta et de 566-2400 pour le coho. Notez les augmentations de la longueur moyenne à la fourche en 2000 et en 2001 pour le quinnat et le coho, et les plus petites tailles observées en 2002 et en 2003.

En résumé, les pauvres conditions océaniques pour les saumons juvéniles observées dans le détroit de Géorgie en 2002 ont continué en 2003, ce qui s'est manifesté par de faibles prises de saumons juvéniles ayant de petites tailles moyennes. Les conditions océanographiques et climatiques n'ont présenté aucune tendance évidente qui explique ce déclin depuis 2000-2001, et nous continuons à étudier les causes fondamentales de cette variabilité dans le régime actuel. En outre, les saumons rouges juvéniles présentent peut-être eux aussi un changement de comportement en ce qu'ils semblent passer beaucoup plus de temps dans le détroit de Géorgie que la documentation et notre expérience antérieure ne laissent supposer.

## Interprétation des pêcheries et résultats spéculatifs

### Côte ouest de l'île de Vancouver

**Hareng:** On s'attend à ce que l'abondance du hareng sur la côte ouest de l'île de Vancouver augmente progressivement étant donné que les conditions océaniques étaient plus favorables à la survie du hareng en 2000 et en 2001. Cependant, le déclin des biomasses d'euphausiacés pourrait limiter le taux d'augmentation des stocks.

**Sardine:** Les sardines ont réapparu 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 de la partie sud de l'île de Vancouver empruntant le détroit d'Hécate jusqu'à l'entrée Dixon. Cependant, en 2002 et en 2003, l'aire de répartition de la sardine s'est rétrécie encore une fois, et les populations se trouvent seulement au sud dans les régions au large et dans les bras de mer de l'île de Vancouver.

La biomasse du merlu piscivore dans la zone canadienne semble avoir diminué au cours des années 1990 jusqu'en 2001. Cependant, la classe d'âge de 1999 est forte et une augmentation de la biomasse du merlu piscivore est prévue en 2004 lorsque ces poissons deviendront assez grands pour commencer à manger d'autres poissons. À ce moment, ils pourraient avoir un impact sur la population des harengs et d'autres espèces de la zone pélagique.

La biomasse des euphausiacés semble avoir un effet sur la survie en mer du saumon **coho** et du **saumon rouge** (Tanasichuk, communication personnelle).

Les rapports précédents de l'état de l'océan ont montré qu'il existe une corrélation significative entre la survie du **coho** juvénile sauvage provenant de la crique Carnation et la biomasse des euphausiacés. On prévoit que le taux de survie du saumon coho pour l'année de retour 2004 sera faible (<1%) (Simpson et al. 2004) étant donné que la biomasse des euphausiacés en 2003 était la plus faible de la série chronologique.

Les résultats des analyses récentes montrent que le taux de survie du **saumon rouge** provenant de la **baie Barkley** (lacs Great Central et Sproat) et du **saumon rouge** provenant de la **côte centrale** (lacs Owikeno et Long) est lié à la biomasse des proies. La biomasse des proies du saumon rouge a diminué de façon constante depuis l'année 2000. Considérant que les saumons rouges de certaines classes d'âge qui expliquent la majeure partie de la migration passent deux ou trois ans en mer, il semble que les retours du saumon rouge pourraient diminuer jusqu'à l'année de retour 2006.

Un indice de la biomasse de **l'eulakane** le long de la côte ouest de l'île de Vancouver (connu sous l'acronyme WCVI) est un produit du relevé sur la crevette entrepris au mois de mai. Comme décrit les rapports précédents, il semble y avoir un rapport entre la biomasse des prédateurs âgés d'un an (*T. spinifera* > 17 mm) et l'indice. La biomasse des proies a diminué au cours des dernières années; la faible biomasse des euphausiacés en 2003 donne à penser que l'indice sera faible en 2004.

### Côte nord

**Hareng:** Les stocks de hareng dans la région du détroit d'Hécate comprennent des stocks migrateurs provenant des îles de la Reine Charlotte, de Prince Rupert et des régions de la côte centrale. Pendant les dix dernières années, les îles de la Reine Charlotte connaissent un déclin du recrutement et de l'abondance du hareng tandis que le recrutement et l'abondance du hareng provenant de Prince Rupert et des régions de la côte centrale ont augmenté. En conséquence, on s'attend à ce que l'abondance se maintienne au niveau actuel dans les îles de la Reine Charlotte et qu'elle augmente légèrement dans la région de Prince Rupert et de la côte centrale.

**Saumon rouge:** Le stock de saumon rouge provenant de la côte centrale (lacs Owikeno et Longs) devrait diminuer en raison du déclin de la biomasse d'euphausiacé depuis 2000.

**Morue du Pacifique:** Une hypothèse de transport a servi à expliquer les anomalies de recrutement des stocks de morue du Pacifique dans la région du détroit d'Hécate, et l'inclusion d'un indice de la hauteur du niveau de la mer a amélioré l'ajustement du modèle d'évaluation par rapport à la morue du Pacifique. Des

niveaux de mer élevés correspondent à un transport élevé, ce qui provoque le déplacement des oeufs et des larves de la morue du Pacifique provenant du détroit d'Hécate, ayant comme conséquence un faible recrutement. Un transport élevé est associé à une production inférieure, à une biomasse inférieure du stock cible et à un taux cible inférieur de mortalité par la pêche. Au cours des années 1990, le niveau de la mer a été très élevé et défavorable au recrutement, mais le niveau de la mer a baissé après l'El Niño de l'hiver 1998 et cette baisse a continué en 2002. Une élévation du niveau de la mer au cours de l'hiver 2002-2003 donne à penser que le recrutement sera inférieur aux niveaux des quatre dernières années.

### Détroit de Géorgie et chenaux adjacents

**Hareng:** L'abondance du hareng se chiffre à plus de 150,000 tonnes en 2003; ce qui représente une augmentation considérable par rapport aux dernières années. L'abondance actuelle atteint un niveau sans précédent, surpassant le niveau record de 140,000 tonnes enregistré en 1955 et est nettement supérieure au plus bas niveau d'abondance qui a été estimé en 1968 (11,000 tonnes) à partir des données chronologiques de 1951 à 2003. L'abondance de ce stock a augmenté de façon constante depuis le milieu des années 1980. Les relevés de juvénile en 2000 et en 2001 donnent à penser que la tendance récente à l'augmentation du recrutement pourrait se maintenir au cours des prochaines années. L'analyse du recrutement supporte la conclusion que l'effectif du recrutement ne devrait pas baisser

**Saumon coho:** Les relevés de septembre 2002 et 2003 ont permis de constater que la taille et les captures par unité d'effort des saumons cohos juvéniles du détroit de Géorgie avaient diminué; ce qui sont des indications d'une survie en mer réduite des cohos qui sont entrés dans le détroit de Géorgie en 2003. Par conséquent, on peut s'attendre à une abondance réduite résultant d'une baisse de la survie en mer lors du retour de cette classe d'âge en 2004.

**Saumon rouge:** Lors des relevés de septembre 2002 et 2003, nous avons aussi observé que les captures par unité d'effort des saumons rouges du détroit de Géorgie lors de leur première année en mer avaient augmenté de façon significative. En outre, le saumon rouge âgé d'au moins 1 an a également été capturé dans le détroit de Géorgie en février 2004. L'analyse d'ADN a indiqué que tous ces saumons rouges étaient originaires du fleuve Fraser et que la plupart faisaient partie de la montaison tardive de la rivière Adams. Ces observations suggèrent que quelques saumons rouges passent l'hiver dans le détroit de Géorgie, ce qui présente un changement de comportement pour les saumons rouges. Les implications sur le taux de survie du saumon rouge et d'autres espèces de saumon ne sont pas connues. Cependant, la présence des saumons au cours de l'hiver peut avoir comme conséquence l'interaction accrue entre les espèces de saumon, en particulier le saumon keta et le saumon rose juvéniles qui sont de petite taille lors de leur migration hâtive vers le détroit de Géorgie.

En résumé, les conditions océaniques défavorables aux **saumons juvéniles** qui ont été observées dans le détroit de Géorgie en 2002 ont continué en 2003; ce qui a été attesté par un faible taux de capture et une basse taille moyenne des saumons juvéniles. Les conditions océanographiques et climatiques n'ont présenté aucune tendance évidente qui explique ce déclin depuis 2000-2001, et nous continuons à étudier les causes fondamentales de cette variabilité dans le régime actuel.

### Contributeurs

Sonia Batten  
Richard Beamish  
Jim Boutillier  
Karen Butler  
Ken Cooke  
Bill Crawford - Chair  
Patrick Cummins  
Guy Fleischer  
Howard Freeland  
Graham Gillespie

Jim Gower  
Mark Hipfner  
Roy Hourston  
Jackie King  
David Mackas  
Diane Masson  
Sandy McFarlane  
Chrys Neville  
Angelica Peña  
Ron Perkin

Ian Perry  
Marie Robert  
Jake Schweigert  
Rusty Sweeting  
Ron Tanasichuk  
Richard Thomson  
Marc Trudel  
David Welch  
Frank Whitney  
Skip McKinnell

## Références

- Batten, S.D. and D.W. Welch. 2004 in press. Changes in oceanic zooplankton populations in the North-east Pacific associated with the possible climatic regime shift of 1998/1999. *Deep Sea Research II*.
- Beamish, R. J., and C. Mahnken. 2001. A critical size and period hypothesis to explain natural regulation of salmon abundance and the linkage to climate and climate change. *Prog. Oceanogr.* 49: 423-437.
- Beamish, R.J., C.E. Neville and 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.
- Beamish, R.J., C.M. Neville, R.M. Sweeting, and 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). Fisheries and Oceans Canada, Science Branch –Pacific Region, Pacific Biological Station, Nanaimo, B.C., Canada V9R 5K6. 19pp.
- Beamish, R.J., C. Neville, R. Sweeting, K. Poier, and 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 and C.M. Neville. 2004. Improvement of juvenile Pacific salmon production in a regional ecosystem after the 1998 regime shift. *Trans. Am. Fish. Soc.* (in press).
- Bograd, S. J. and R. J. Lynn. 2003. Anomalous subarctic influence in the southern California Current during 2002. *Geophys. Res. Lett.* doi:10.1029/2003GL017446,2003b.
- Bond, N.A., J.E. Overland, M. Spillane and P. Stabeno. 2003. Recent shifts in the state of the North Pacific. *Geo. Res. Lett.* 30: 2183-2186.
- Conser, R.J., Hill, K.T., Crone, P.R., Lo, N.C.H. and D. Bergen. 2003. Stock assessment of Pacific sardine with management recommendations for 2004. Available from: <http://swfsc.nmfs.noaa.gov/frd/Coastal%20Pelagics/Sardine/sardine.htm>
- Crawford, W., P. Sutherland, P. van Hardenberg, Cold water intrusion in the eastern Gulf of Alaska in 2002. Submitted to ATMOSPHERE-OCEAN, December 2003.
- DFO, 2003. 2002 Pacific Region State of the Ocean. DFO Science Ocean Status Report 2003 (2003).
- Freeland, H.J. K.L. Denman, C.S. Wong, F. Whitney and R. Jacques. 1997. Evidence of change in the N.E. Pacific Ocean. *Deep-Sea Res.* 44(12): 2117-2129.
- Freeland, H.J., G. Gatién A. Huyer and R.L. Smith. 2003. A cold halocline in the northern California Current: an invasion of subarctic water. *Geophys. Res. Lett.* doi:10.1029/2002GL016663, 2003.
- Hartt, A.C., and M.B. Dell. 1986. Early oceanic migrations and growth of juvenile Pacific salmon and steelhead trout. *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.* No. 46.
- Holtby, L.B., B.C. Anderson, and R.K. Kadowaki. 1990. Importance of smolt size and early ocean growth to interannual variability in marine survival of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 2181-2194.
- Kosro, P. M. 2003. Enhanced southward flow over the Oregon Shelf in 2002: a conduit for subarctic water. *Geophys. Res. Lett.* Doi:10.1029/2002GL017446,2003.
- Mackas, D.L., R.E. Thomson and M. Galbraith. 2001. Changes in the zooplankton community of the British Columbia continental margin, and covariation with oceanographic conditions, 1985-1998. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 685-702.

- Mackas, D.L., W.T. Peterson and J.E. Zamon. 2004 in press. Comparisons of interannual biomass anomalies of zooplankton communities along the continental margins of British Columbia and Oregon. *Deep-Sea Res. II*.
- Mackas, D.L., R.E. Thomson and M. Galbraith 2001 Changes in the zooplankton community of the British Columbia continental margin, 1985-1999, and their covariation with oceanographic conditions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 685-702.
- McKinnell, S. 2004. A precautionary approach to the PDO. *PICES Press* 12 (1): 16-17
- Peterson, W.T. and F.B. Schwing. 2003. A new climate regime in northeast Pacific ecosystems. *Geophysical Research Letters* 30: 1896, doi: 10.1029/2003GL017528
- Simpson, K., M. Chamberlain, J. Fagan, R. W. Tanasichuk and D. Dobson. 2004. Forecast for southern and central British Columbia coho salmon in 2004. PSARC Working Paper S2004-03. 79 p.
- Trudel, M., S. Tucker, J.F.T. Morris, D.A. Higgs, and D.W. Welch. 2004. Indicators of energy status in juvenile coho (*Oncorhynchus kisutch*) and chinook salmon (*O. tshawytscha*). *N. Am. J. Fish. Manag.* (accepted).
- Wheeler, P.A., Hoyer, A., J. Fleischbein, 2003. Cold halocline, increased nutrients and higher chlorophyll off Oregon in 2002. *Geophysical Research Letters* 30: 8021, doi:10.1029/2003GL017395.
- Whitney, F.A., H.J. Freeland 1999. Variability in upper-ocean water properties in the NE Pacific Ocean. *Deep-Sea Research II* 46: 2351-2370.

### **Citation exacte pour cette publication:**

MPO, 2004. **L'état de l'océan en 2003 pour la région du Pacifique 2003**. Rapport d'état – MPO Science.