

**RAPPORT DE L'ATELIER SUR LA ZONE 48**  
(La Jolla, États-Unis, du 15 au 26 juin 1998)

## RAPPORT DE L'ATELIER SUR LA ZONE 48 (La Jolla, États-Unis, du 15 au 26 juin 1998)

### INTRODUCTION

1.1 L'atelier sur la zone 48, présidé par Roger Hewitt (États-Unis), s'est tenu du 15 au 26 juin 1998 au Southwest Fisheries Science Center à La Jolla, aux États-Unis.

1.2 L'atelier est ouvert par P. Smith, directeur suppléant du Southwest Fisheries Science Center.

1.3 L'ordre du jour provisoire, qui avait été distribué, est discuté. Il est convenu d'y ajouter deux questions :

- 1a. Présentation du matériel de support portant principalement sur la zone 48; et
- 2a. Présentation et discussion de méthodes visant à combiner et intégrer les indices, et solutions face aux valeurs manquantes dans les jeux de données.

L'ordre du jour (supplément A) est adopté sans autre modification.

1.4 La liste des participants figure en supplément B, et celle des documents présentés à la réunion en supplément C.

1.5 Le rapport est préparé collectivement par les participants.

### HISTORIQUE ET OBJECTIFS

2.1 La variabilité de l'écosystème dans la zone 48 (secteur atlantique sud de l'océan Austral, cf. figure 1) est documentée au moyen d'analyses rétrospectives de séries temporelles dont les données ont été collectées sur divers sites et zones, et présentées au WG-EMM. Par exemple, la variabilité annuelle du recrutement proportionnel de krill (*Euphausia superba*) est décrite à partir des campagnes d'évaluation menées dans la zone de la péninsule antarctique (sous-zone 48.1), la variabilité du succès de la reproduction chez les prédateurs de krill se reproduisant à terre est décrite à partir d'études de contrôle menées près de la Géorgie du Sud (sous-zone 48.3) et la variabilité des glaces de mer est décrite à partir d'enregistrements collectés dans les Orcades du Sud (sous-zone 48.2).

2.2 À plusieurs occasions durant la réunion du WG-EMM, les participants ont fait remarquer la cohérence apparente entre les observations effectuées occasionnellement dans des sites différents et les séries temporelles plus complètes, collectées ailleurs dans la zone 48. Les participants ont noté la nécessité d'une comparaison plus rigoureuse des jeux de données, tant biologiques que physiques, sur des échelles spatiales variées. Cet exercice aurait pour objectif de décrire la nature, l'étendue et l'échelle de la cohérence entre les divers processus se manifestant dans la zone 48.

2.3 À la demande du WG-EMM, le Comité scientifique, lors de sa réunion annuelle en 1996, avait accepté d'organiser un atelier visant à explorer la cohérence parmi les processus se manifestant dans la zone 48 (SC-CAMLR-XV, paragraphe 5.25). En 1997, il a de nouveau souligné la nécessité de cet atelier (SC-CAMLR-XVI, paragraphe 6.50).

2.4 Les attributions de cet atelier étaient les suivantes :

- i) déterminer, pour les dernières décennies, l'ampleur de la variation des indices clés de l'environnement, des espèces exploitées et des espèces dépendantes, tant d'une saison à une autre que dans une même saison;
- ii) identifier la cohérence des indices d'un site à un autre et clarifier la signification des liens entre les sous-zones 48.1 (péninsule antarctique), 48.2 (Orcades du Sud) et 48.3 (Géorgie du Sud);
- iii) développer des hypothèses de travail; et
- iv) présenter un rapport récapitulatif à la réunion de 1998 du WG-EMM.

2.5 L'atelier devait être organisé autour de deux hypothèses :

- i)  $H_0$  : les sous-zones 48.1, 48.2 et 48.3 sont des écosystèmes distincts et les événements observés dans l'une des sous-zones ne reflètent pas la situation des autres sous-zones; ou, au contraire,
- ii)  $H_1$  : la zone 48 est un écosystème homogène et les événements observés dans l'une de ses sous-zones reflètent la zone toute entière.

2.6 Il était reconnu que ces hypothèses risquaient fort de ne pas être correctes. Toutefois, elles représentaient les deux extrêmes du spectre des possibilités et pouvaient par conséquent servir de base à l'atelier.

2.7 Pour fournir une structure de base à l'atelier, il avait été convenu que :

- i) les indices dérivés des jeux de données (pas forcément par des méthodes standard) devaient être soumis avant la réunion;
- ii) ces indices seraient chargés sur un serveur central auquel pourrait avoir accès le réseau d'ordinateurs dont disposeraient les participants;
- iii) des documents de travail pourraient être présentés pour élucider les détails de l'échantillonnage et du traitement des données qui mènent à la formulation d'un indice; et
- iv) d'autres documents de travail soumis pourraient mettre en évidence les relations manifestes entre les indices.

2.8 En préparation à l'atelier, les participants avaient été priés de présenter des indices. Ils avaient été également incités à analyser leurs propres données (en étudiant les propriétés des

indices ou l'analyse des variables multiples, par exemple) avant l'atelier et à y présenter leurs résultats.

2.9 Pour faciliter la coordination et la présentation des données, les processus pertinents de l'écosystème ont été divisés en quatre catégories, chacune placée sous la responsabilité de coordinateurs. Les processus à indexer et les coordinateurs sont :

- i) Environnement physique - A. Amos (États-Unis), P. Trathan (Royaume-Uni) et Mikio Naganobu (Japon) :
  - a) glaces de mer;
  - b) circulation;
  - c) hydrographie;
  - d) météorologie; et
  - e) température de surface de la mer (SST).
  
- ii) Environnement biotique - V. Loeb (États-Unis) :
  - a) phytoplancton; et
  - b) zooplancton.
  
- iii) Espèces dépendantes - John Croxall (Royaume-Uni) et W. Trivelpiece (États-Unis) :
  - a) indices du CEMP;
  - b) autres indices; et
  - c) captures et repérages de cétacés.
  
- iv) Krill - Jon Watkins (Royaume-Uni) et Volker Siegel (Allemagne) :
  - a) démographie;
  - b) recrutement;
  - c) abondance et distribution des formes post-larvaires (déterminées à partir d'échantillons prélevés des filets et des campagnes d'évaluation acoustique);
  - d) abondance et distribution des larves; et
  - e) données dépendantes de la pêche.

2.10 Les coordinateurs ont sollicité des données de la communauté scientifique qui travaille sur l'Antarctique dans les domaines de recherche pertinents.

2.11 Les circulaires précisaient que les données qui seraient fournies et les résultats auxquels parviendrait l'atelier ne seraient utilisés que par le Comité scientifique et ses organes scientifiques subsidiaires. Les droits fondamentaux des auteurs/fournisseurs des données sont régis par la CCAMLR conformément à l' "Accès aux données et utilisation de ces données au sein de la CCAMLR" (cf. SC-CAMLR-XIII, annexe 10). En conséquence, les données et les résultats, tant au cours de l'atelier que par la suite, n'entreront dans le domaine public que sur autorisation expresse de leurs auteurs.

2.12 En vue de disséminer les informations relatives aux attributions de l'atelier, au matériel de support et aux dispositions logistiques, R. Hewitt a créé un site ouvert à tous les participants éventuels. Sur ce site ont également été placés les indices recoupés par type (environnement physique, environnement biotique, krill et prédateurs de krill) et par zone

géographique (sous-zone 48.1 - péninsule antarctique, sous-zone 48.2 - Orcades du Sud et sous-zone 48.3 - Géorgie du Sud).

2.13 La liste des jeux de données placés sur ce site et dont dispose l'atelier figure au supplément D. Les acronymes utilisés durant l'atelier sont définis dans le glossaire ci-joint.

2.14 Cinq sous-groupes sont formés pour procéder en premier lieu à diverses tâches liées à l'évaluation et à l'analyse des données et des indices :

- i) environnement physique (coordinateur, P. Trathan), cf. section 3;
- ii) environnement biotique (coordinateur, V. Loeb), cf. section 5;
- iii) krill (coordinateur, J. Watkins), cf. section 4;
- iv) prédateurs de krill basés à terre (coordinateur, Ian Boyd (Royaume-Uni)), cf. section 7; et
- v) prédateurs marins de krill (poisson des glaces et cétacés) (coordinateur, Inigo Everson (Royaume-Uni)), cf. section 6.

2.15 Les discussions sur l'interaction de l'environnement, des proies et des prédateurs sont coordonnées par E. Murphy (Royaume-Uni); cf. section 8.

2.16 L'atelier a examiné les données des périodes d'hiver et d'été. C'est pendant la période d'hiver, qui dure en général de mai à octobre, que tombe le changement d'année australe de la CCAMLR (1<sup>er</sup> juillet - 30 juin). La convention suivante est adoptée dans tout le texte du rapport :

- i) l'hiver correspond à l'année civile des observations; les données de mai ou d'août 1991 par exemple, sont désignées par 1991; et
- ii) l'été correspond à l'année australe; à savoir, 1990/91 pour l'année de la CCAMLR 1991.

2.17 Le logiciel de mise en forme des chiffres n'ayant pas permis l'entière application de ces conventions, les saisons sont précisées par l'année civile dans laquelle la saison s'est terminée. Dans ce format, les saisons d'hiver sont les mêmes que dans le texte et celles d'été correspondent à l'année australe conventionnelle de la CCAMLR.

## ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

### Introduction

3.1 Ne disposant que de relativement peu de données sur l'environnement, le sous-groupe n'est pas en mesure d'étudier pleinement toutes les questions importantes pour les objectifs de l'atelier. Il note d'une part, qu'il existe toute une littérature sur l'environnement physique de l'océan Austral, notamment sur la mer du Scotia et d'autre part, que l'océan Austral et ses liens avec le reste de l'hémisphère sud font actuellement l'objet d'une recherche importante. Les commentaires suivants sont présentés dans ce contexte.

3.2 En considérant l'environnement physique dans le cadre des interactions de l'écosystème, le sous-groupe précise que l'interprétation des relations entre la biologie et la

physique dans la zone 48 doit rester prudente. Il est reconnu que des opinions simplistes sur l'environnement physiques risquent de ne pas être réalistes.

3.3 L'attention du sous-groupe est attirée sur de nombreux documents qui soulignent la complexité de l'environnement physique et de ses effets sur l'écosystème.

Données sur l'environnement dont dispose le sous-groupe

3.4 Le sous-groupe dispose des données suivantes sur l'environnement :

- i) étendue des glaces de mer de 1987 à 1997 - provenant de données de capteurs passifs d'hyperfréquences de la péninsule antarctique, des Orcades du Sud, de la Géorgie du Sud et de la mer du Scotia;
- ii) SST de 1981 à 1998 - provenant du National Center for Atmospheric Research (NCAR);
- iii) profils de température de 1990 à 1998 - provenant d'une grille de CTD de l'US AMLR vers l'île Éléphant;
- iv) températures de l'air à la station Palmer de 1947 à 1996;
- v) indice d'oscillation du passage de Drake (DPOI) de 1982 à 1994 - différence de pression atmosphérique au niveau de la mer entre Rio Gallegos et Esperanza;
- vi) indice d'oscillation du sud (SOI) de 1951 à 1998 - différence de pression atmosphérique au niveau de la mer entre Darwin et Tahiti; et
- vii) indices de SST d'El Niño (EN) de 1950 à 1998 - avec EN1+2 du Pacifique oriental, EN3 du Pacifique du centre et EN4 du Pacifique occidental.

3.5 R. Hewitt décrit les estimations mensuelles de l'étendue des glaces de mer sur des sous-ensembles d'images de concentration des glaces générées par des données recueillies par un capteur passif d'hyperfréquences d'une résolution d'un pixel nominal de 25 x 25 km. Les sous-ensembles correspondent aux îles Shetland du Sud, aux Orcades du Sud, à la Géorgie du Sud et à l'ensemble de la mer du Scotia.

3.6 P. Trathan décrit les données de SST du NCAR collectées autour de la Géorgie du Sud (WS-Area48-98/10). Celles-ci proviennent de la banque de données mondiales du NCAR dont la résolution spatiale est de 1° de latitude sur 1° de longitude, et la résolution temporelle est d'un mois. Ces données sont fondées sur une interpolation optimale des données de Radiométrie avancée à très haute résolution (AVHRR) avec des données *in situ* collectées par des bouées et des navires (cf. Reynolds et Smith, 1994). Les données du NCAR, d'une résolution hebdomadaire, sont également disponibles.

3.7 A. Amos présente un compte rendu des données de CTD du programme US AMLR. Depuis 1990, ce programme mesure chaque année les propriétés océanographiques physiques de la colonne d'eau dans la région de l'île Éléphant de la sous-zone 48.1. Chaque année, deux campagnes de 30 jours sont mises en œuvre sur un quadrillage normalisé de profils de CTD,

jusqu'à des profondeurs de 750 m (ou jusqu'au fond, s'il n'atteint pas les 750 m). La première campagne a lieu en janvier/février, la seconde en février/mars. La position des stations de CTD du quadrillage de CTD d'AMLR dont s'est servi l'atelier est illustrée à la figure 2.

3.8 M. Naganobu présente les données sur les différences de pression atmosphérique à la surface de la mer (SLP) sur tout le passage de Drake, en déclarant qu'elles servent de substitut aux fluctuations des vents d'ouest qui peuvent être considérés comme des vents géostrophiques. Les données ont été calculées en mesurant la différence de pression atmosphérique à la surface de la mer entre Rio Gallegos (51°32'S, 69°17'W) et Esperanza (63°24'S, 56°59'W). Elles proviennent de la banque de données météorologiques de la surface du monde, fournies par l'agence de météorologie japonaise. M. Naganobu indique que les différences importantes de SLP sont associées à de forts vents d'ouest et que les différences peu marquées sont associées à des vents d'ouest faibles; la force des vents d'ouest gouverne la magnitude du transport d'Ekman (Defant, 1961).

Diverses questions intéressant le sous-groupe

3.9 Pendant la réunion du WG-Krill en 1991 (SC-CAMLR-X, annexe 5), la question du transport du krill au travers de la zone 48 par la circulation océanique générale a été discutée. Trois hypothèses étaient alors proposées pour expliquer les populations de krill dans les sous-zones 48.1, 48.2 et 48.3 : i) chaque sous-zone a son propre stock indépendant; ii) l'ensemble de la zone 48 est constitué d'un stock unique; ou iii) la péninsule antarctique représente la principale source du krill qui est transporté au travers des diverses sous-zones par la circulation. Un diagramme schématique était mis au point pour illustrer la circulation générale et un modèle conceptuel simple était proposé. Étant en faveur de la troisième hypothèse, le WG-Krill recommandait au Comité scientifique de porter son attention sur les flux de la zone 48 et sur l'interaction des processus physiques et biologiques.

3.10 Lors de la réunion du WG-Krill en 1994, le groupe de travail avait examiné la question de la biomasse et des flux de krill (SC-CAMLR-XII, annexe 5, appendice D). En évaluant les facteurs de flux du krill, il avait étudié le rapport de l'atelier sur l'évaluation des facteurs de flux de krill qui utilisait le Modèle de l'Antarctique à résolution fine (FRAM). Il en avait comparé les résultats avec le flux géostrophique calculé au moyen de quelques-unes des données hydrographiques existantes sur la zone 48 (les données AMLR n'avaient pas été utilisées dans cet exercice). Le FRAM prévoyait des vitesses nettement plus importantes que celles calculées par l'observation directe, ne reproduisait pas le contre-courant du courant côtier antarctique, et ne résolvait pas la variabilité saisonnière du flux. Le WG-Krill notait la distinction entre les considérations théoriques et appliquées, l'utilité des campagnes d'évaluation répétées à échelle précise et la nécessité de mener des campagnes d'évaluation synoptiques pour résoudre le problème des flux. L'idée que le krill est un "traceur" passif, transporté de sous-zone en sous-zone restait, en 1994, une hypothèse viable dans l'opinion du WG-Krill.

3.11 Compte tenu de la perspective historique de la CCAMLR, le sous-groupe considère toutes les données dont dispose l'atelier et formule une série de questions qui lui semblent importantes pour atteindre les objectifs de l'atelier. En déterminant ces questions, il prend également note des documents récents qui indiquent l'importance de processus à grande

échelle dans l'environnement physique. Les principales questions considérées pendant l'atelier sont les suivantes :

- i) Le jeu de données de SST du NCAR peuvent-elles raisonnablement se substituer aux températures des océans :
- ii) La zone 48 est-elle le siège de signaux atmosphériques globaux (SOI, par ex.) ?
- iii) Ces signaux atmosphériques sont-ils évidents dans les couches superficielles de l'océan ?
- iv) Trouve-t-on évidence de signaux sur plusieurs années dans l'environnement ?
- v) Y a-t-il cohérence entre les sous-zones de la zone 48 ?

3.12 Lors de l'examen de ces questions, une série d'analyses de corrélations croisées, décalées, a été effectuée au moyen de GENSTAT 5.3 (Payne *et al.*, 1993). Celles-ci suivent la méthodologie décrite dans WS-Area48-98/10. D'autres comparaisons sont entreprises par des courbes et des graphes.

#### Comparaison de la SST du NCAR et de la SST de CTD

3.13 Une comparaison entre les données de SST du NCAR et celles du quadrillage de CTD d'AMLR est effectuée pour déterminer si les données du NCAR peuvent effectivement se substituer aux données de température collectées sur le terrain. Afin d'y parvenir, des données de CTD de 4 m ont été extraites des lancers de CTD qui ont été effectués dans chacune des trois cases du quadrillage de SST du NCAR. Les cases étaient situées au nord de l'île Éléphant - passage de Drake (EI1) (60°30'S, 56°30'W), au sud-ouest de l'île Éléphant - front (EI2) (61°30'S, 56°30'W) et au sud-est de l'île Éléphant - Bransfield (EI3) (61°30'S, 54°30'W). Les données de CTD sont d'un degré de précision d'au moins 0,01°C.

3.14 Un graphe représentant les données de SST du NCAR hebdomadaires et mensuelles ainsi que les données de 4 m de CTD AMLR est présenté à la figure 3. Il indique que les données du NCAR peuvent remplacer les données collectées sur le terrain, la meilleure approximation étant celle de l'île Éléphant EI3.

#### Conclusions

3.15 En conclusion, il semble impossible de procéder à une analyse statistique avec les données actuelles, mais il conviendrait d'effectuer une analyse formelle, et ce, pendant la période d'intersession. Vu que la comparaison graphique entre la SST du NCAR et les températures de CTD d'AMLR à 4 m laisse apercevoir de vagues similitudes, il est conclu, aux fins de l'atelier, qu'il conviendrait d'utiliser le jeu de données à grande échelle du NCAR pour les comparaisons à l'intérieur de la zone 48.



## Signaux atmosphériques planétaires dans la zone 48

3.16 L'analyse des corrélations croisées décalées entre les anomalies du SOI et celles du DPOI (1982 à 1992) indique qu'il existe des corrélations positives entre les deux indices et que le SOI précède le DPOI de trois à quatre mois, et de 69 mois. Les corrélations négatives sont également évidentes avec une corrélation maximale d'un décalage temporel de 43 à 44 mois. Si l'on se base sur les seuils de signification identifiés par  $\pm 2/\sqrt{n}$  (lorsque  $n$  est le nombre de valeurs dans la série de données) les corrélations sont considérées comme significatives, mais à peine.

3.17 L'analyse des corrélations croisées décalées entre les anomalies de SOI et celles de la température de l'air à la station Palmer (1951 à 1996) indique qu'il existe des corrélations marquées et que le SOI précède les températures de l'air à Palmer. La corrélation positive la plus marquée affiche un décalage de 0 mois et la corrélation négative la plus marquée, d'environ 20 mois.

## Conclusions

3.18 L'analyse du SOI, du DPOI et de la température de l'air à la station Palmer suggère que des signaux atmosphériques sont évidents dans la zone 48. Les données disponibles pour le DPOI couvrent une période relativement courte (dix ans), ce qui suggère que l'interprétation de ces données requiert une certaine prudence. Le sous-groupe suggère de poursuivre l'analyse du DPOI avec l'addition de données récentes. La série chronologique des températures de l'air de la station Palmer est nettement plus longue (45 ans), ce qui laisse entendre que cette corrélation atmosphérique est plus robuste.

## Évidence de signaux atmosphériques dans l'océan

3.19 L'analyse des corrélations croisées décalées entre les anomalies du SOI et celles d'EN4 indique qu'il existe des corrélations très marquées et que la relation la plus nette est une relation négative avec un décalage de zéro mois.

3.20 L'analyse des corrélations croisées décalées entre les anomalies du SOI et celles de l'étendue des glaces de mer sur la péninsule antarctique (1987 à 1997) indique qu'il existe des corrélations marquées et que le SOI précède les glaces de mer.

3.21 L'analyse des corrélations croisées décalées entre les anomalies du SOI et de la Géorgie du Sud (54°30'S, 34°30'W) indique qu'il existe des corrélations négatives marquées, décalées de 34 mois, et des corrélations positives marquées décalées de quatre mois. Par contre, l'analyse des corrélations croisées décalées entre les anomalies d'EN4 et celles de la SST du NCAR en Géorgie du Sud indique une corrélation positive marquée avec un décalage de 34 mois et une corrélation négative marquée avec un décalage de 11 mois. Ces résultats inverses confortent l'estimation d'une relation négative entre le SOI et l'EN4. Toutefois, pour toutes les périodes de décalage, les corrélations entre l'EN4 et la Géorgie du Sud étaient plus marquées que celles entre le SOI et la Géorgie du Sud. Une même analyse du Pacifique du sud-est (61°30'S, 75°30'W) donne un résultat comparable avec des corrélations marquées entre le Pacifique du sud-est et l'EN4, avec un décalage de 28 mois.

## Conclusions

3.22 Comme prévu, la comparaison entre le SOI et l'EN4 indique que la corrélation entre la SST et le SOI est négative. Les analyses confirment également les conclusions auxquelles sont arrivés d'autres chercheurs par le passé, à savoir que les signaux à grande échelle sont évidents dans les données sur l'étendue des glaces de mer (par exemple, Carlton et Carpenter, 1989; Murphy *et al.*, 1995; White et Peterson, 1996) et sur la SST (White et Peterson, 1996). La comparaison entre le SOI et la Géorgie du Sud, et l'EN4 et la Géorgie du Sud laisse entendre que les corrélations les plus évidentes apparaissent dans les indices d'EN plutôt que dans l'indice du SOI. L'importance de la circulation dans le Pacifique occidental est soulignée (WS-Area48-98/10), car elle correspond au mouvement général de la circulation dans le Pacifique.

## Évidence de signaux pluriannuels dans l'environnement

3.23 Les analyses d'autocorrélations décalées des indices d'anomalies séparées d'EN indiquent qu'il existe des corrélations en séries très marquées dans le Pacifique, la plus manifeste à 50 mois de décalage (WS-Area48-98/10).

3.24 L'analyse des autocorrélations décalées des anomalies de SST à un point de référence dans le sud-est du Pacifique (61°30'S, 75°30'W) laisse entendre qu'il existe des corrélations en séries très marquées, la plus manifeste à 50 mois de décalage. De même, une analyse des autocorrélations des anomalies de SST en Géorgie du Sud (54°30'S, 34°30'W) indique qu'il existe des corrélations marquées à 49 mois de décalage (WS-Area48-98/10).

3.25 Une cohérence spatio-temporelle est manifeste dans les données sur les glaces de mer, dont l'évidence d'un cycle de quatre ans, ce qui confirme les résultats obtenus par d'autres chercheurs par le passé (voir par exemple Murphy *et al.*, 1995; White et Peterson, 1996).

3.26 La série de SST du NCAR relative au secteur de l'île Éléphant et aux Orcades du Sud met en évidence un réchauffement pluriannuel dans la dernière partie de la série. La figure 4 affiche des anomalies de SST en Géorgie du Sud, aux Orcades du Sud et à l'île Éléphant (EI1 et EI2). À partir de 1992, les températures aux Orcades du Sud et à l'île Éléphant (EI1 et EI2) affichent une tendance pluriannuelle.

## Conclusions

3.27 Une forte périodicité est manifeste dans certains signaux planétaires (EN) de même que dans les variables qui décrivent l'environnement local physique de la zone 48 (glaces de mer et SST du NCAR). La périodicité de ces signaux correspond à environ quatre ans, ce qui équivaut à celle décrite par White et Peterson (1996).

3.28 D'autres signaux pluriannuels sont également présents dans les données de SST du NCAR, avec des tendances au réchauffement (à court terme) dans certains secteurs.

## Cohérence dans les sous-zones de la zone 48

3.29 L'analyse des corrélations croisées décalées entre les anomalies d'EN4 et celles de la SST au point de référence du Pacifique du sud-est indique qu'il existe des corrélations très marquées entre les deux indices, la relation la plus manifeste dans les corrélations positives à 26 mois de décalage. De même, une analyse entre l'EN4 et la Géorgie du Sud (54°30'S, 34°30'W) met en évidence des corrélations marquées à 34 mois de décalage.

3.30 La différence du décalage temporel des corrélations maximales entre l'EN4 et le Pacifique du sud-est et la corrélation maximale entre l'EN4 et la Géorgie du Sud correspond à la série d'anomalies circumpolaires rapportée par Murphy *et al.* (1995) et White et Peterson (1996). Ainsi, le décalage temporel entre le sud-est du Pacifique et la Géorgie du Sud est d'environ huit mois. White et Peterson (1996) déclarent qu'une phase du cycle circumpolaire antarctique (ACW) prend environ huit à neuf ans (voir également Murphy *et al.*, 1995) pour se propager autour du globe et que deux phases sont généralement présentes. Ceci laisse entendre que pour se déplacer du sud-est du Pacifique à la Géorgie du Sud (41° de longitude), il faut à l'ACW juste un peu plus de six mois, valeur comparable à l'estimation calculée ici.

3.31 L'analyse des corrélations croisées décalées entre l'EN4 et l'EI1 de l'île Éléphant indique qu'il existe des corrélations entre les deux indices. Ces dernières ne sont toutefois pas aussi marquées que celles déterminées pour le sud-est du pacifique ou la Géorgie du Sud. De plus, elles ne suivent pas le même mouvement simple que l'ACW. Par exemple, des corrélations positives sont observées légèrement plus tard que celles du sud-est du Pacifique, cependant, la corrélation de pointe n'est pas clairement définie. Une analyse comparable d'EN4 et des Orcades du Sud (60°30'S, 47°30'W) met en évidence une image semblable avec une corrélation de pointe assez floue.

3.32 L'ACW décrit par White et Peterson (1996) concerne le courant circumpolaire antarctique (ACC); on peut donc s'attendre à ce que les corrélations soient moins marquées pour les secteurs adjacents à la péninsule antarctique. Dans ces secteurs, il est probable que d'autres facteurs soient importants, comme les eaux continentales ou le reflux de la mer de Weddell qui pourraient influencer les signaux océanographiques locaux.

3.33 L'estimation calculée de la précession des anomalies de la SST correspond à l'analyse des données du modèle selon laquelle le déplacement des eaux, de la région de la péninsule antarctique à travers la mer du Scotia, se produit en moyenne tous les six à huit mois environ (WS-Area48-98/8).

3.34 Cependant, les données provenant des bouées dérivantes indiquent que les taux de transport pourraient en fait être nettement plus importants. Des valeurs de trois à quatre mois sont typiques pour le déplacement à grande échelle des eaux, de la péninsule antarctique à la Géorgie du Sud. Un déplacement des eaux en deux mois a également été enregistré.

3.35 Le sous-groupe a remarqué que le mouvement des eaux à travers la mer du Scotia dépend de la nature précise du champ de flux. L'ACC comprend une série de vastes zones au mouvement lent, séparées par des régions frontales au mouvement rapide. Les systèmes frontaux sont importants pour le déplacement de matériaux à travers la mer du Scotia. Leur position semble varier, mais aucune série chronologique récente ne permet à l'heure actuelle de le clarifier pour le présent exercice. De plus, les données de SST du NCAR ne sont pas d'une résolution suffisante pour indiquer les changements de position des fronts.

## Conclusions

3.36 Les données de SST du NCAR sur le passage de Drake et la Géorgie du Sud s'alignent sur le cycle pluriannuel décrit par White et Peterson (1996). Bien que les données sur des positions proches de la péninsule antarctique et des Orcades du Sud aient des signaux comparables, elles sont moins marquées et indiquent l'importance éventuelle des effets locaux ou des influences d'autres secteurs (comme la mer de Weddell).

3.37 Les estimations de la cohérence dans toute la mer du Scotia sont compatibles avec le champ de flux moyen. Cependant, le sous-groupe souligne que le déplacement des eaux peut également se produire à des échelles temporelles plus courtes.

## Indices utilisés pour les analyses

3.38 Afin de combiner les variables décrivant l'environnement physique et les populations de krill et de prédateurs de krill, une série d'indices physiques est calculée. Pour conserver la compatibilité avec les indices du krill et des prédateurs, les indices environnementaux sont fondés sur des valeurs d'été et d'hiver. Par été, on entend les mois de novembre à mars inclus et par hiver, les mois de juin à octobre inclus. Ces indices d'été et d'hiver ont été calculés pour la SST du NCAR, l'EN1+2, l'EN3, l'EN4, le SOI, le DPOI, la température de l'air à la station Palmer et l'étendue des glaces de mer (figures 5 à 8). En ce qui concerne le jeu de données sur la SST du NCAR, les indices ont été déterminés en faisant la moyenne des mois d'été et d'hiver de toutes les données de SST incluses.

3.39 Le jeu de données de SST du NCAR fournit une couverture planétaire et les zones couvertes par des glaces de mer sont représentées par une valeur fixe. Les zones incluses dans les indices de SST du NCAR étant occasionnellement couvertes de glaces en été, mais plus fréquemment en hiver, ces indices doivent être considérés en tant qu'indices glaces-océan.

3.40 Pour ce qui est de la région de la Géorgie du Sud, les données de SST du NCAR ont été sélectionnées de manière à couvrir le secteur d'alimentation des prédateurs de l'île Bird l'été. Dans les zones choisies se trouve également une partie du secteur d'alimentation de plusieurs espèces dépendant du krill en hiver. Les données du NCAR ont été sélectionnées en vue d'éviter les hauts niveaux de corrélation prévus avec les positions adjacentes dans la grille planétaire.

3.41 En ce qui concerne la région de la péninsule antarctique, les données de SST du NCAR ont été choisies de manière à couvrir les secteurs d'alimentation, en été et en hiver, des prédateurs de l'île Anvers, de la baie de l'Amirauté et de l'île Signy.

3.42 Pour la mer du Scotia, les données de SST du NCAR ont été choisies de manière à ajouter aux zones déjà sélectionnées pour la Géorgie du Sud et la péninsule antarctique les autres secteurs de la mer du Scotia.

3.43 En ce qui concerne la région de l'île Éléphant, les indices ont également été calculés à partir de la grille de CTD du programme AMLR. Les indices sont fondés sur des lancers de CTD, effectués dans chacune des trois cases de la grille de SST du NCAR. Les cases sont situées au nord (EI1), au sud-ouest (EI2) et au sud-est (EI3) de l'île Éléphant. La moyenne

annuelle des données de CTD dans chaque case est effectuée pour produire un indice annuel de température, en surface (en réalité, à 4 m de profondeur), à 100 m et à 500 m.

3.44 Les plus grandes profondeurs ont une importance océanographique dans la zone 48. À 100 m, on se rapproche de la température minimale de l'eau d'hiver, dans les eaux de surface antarctiques. Cette couche, qui est détectable en été, est le résidu de la couche supérieure de température mixte de l'hiver précédent. Cette température peut être considérée comme "fossilisée" et donner un aperçu des températures de l'hiver précédent. À 500 m, les eaux circumpolaires profondes (CDW) apparaissent au nord des îles Shetland du Sud. Il est possible que cette couche, chaude et profonde, empiète sur le plateau et se mélange aux eaux provenant de la mer de Weddell et du détroit de Bransfield.

3.45 Les cases du NCAR (île Éléphant EI1, EI2, et EI3) dans la région d'AMLR limitent approximativement des secteurs océanographiques de température et de caractéristiques de salinité comparables. Cependant, pour préciser davantage la classification, les stations ont été regroupées en l'une des cinq zones de température et de salinité (Amos et Lavender, 1992), avec des valeurs de chacun des trois mois (janvier à mars) couvrant les campagnes d'évaluation AMLR. Les indices correspondent aux températures moyennes à 4 m, 100 m et 500 m. Sur la figure 9, les températures moyennes des eaux du passage de Drake diffèrent de celles du détroit de Bransfield. Les températures à 100 m de profondeur et en eaux de surface de la même année ne sont pas en phase.

3.46 La figure 10 compare l'indice, à 100 m de profondeur, de la température minimale des eaux d'hiver à la SST d'hiver dans la péninsule antarctique. Contrairement à ce qui était prévu, les indices semblent en phase.

## KRILL

4.1 Le tableau 1 est un tableau récapitulatif des données d'abondance, de recrutement, et de structure de population du krill des sous-zones 48.1 et 48.3, dont l'atelier dispose pour ses analyses.

### Abondance du krill

4.2 Les estimations d'abondance de krill dérivées des campagnes d'évaluation acoustique sont disponibles pour les deux sous-zones. Les méthodes suivies pour collecter les données dans ces deux sous-zones sont assez comparables, bien que certaines différences de technique soient susceptibles d'avoir introduit des biais dans les valeurs absolues obtenues. Le document WS-Area48-98/9 présente les meilleures estimations de la biomasse de krill ayant été obtenues de campagnes d'évaluation réalisées autour de la Géorgie du Sud (sous-zone 48.3) de 1980/81 à 1997/98. Les techniques utilisées pour identifier le krill par acoustique se sont améliorées au fil des séries chronologiques de données; les premières campagnes classaient toutes les cibles acoustiques en tant que krill; plus tard, par l'enregistrement acoustique ou la différence de dB, on a pu départager les estimations acoustiques de la biomasse en krill, zooplancton et necton. Les résultats des campagnes d'évaluation de l'US AMLR menées dans la sous-zone 48.1 ont été tirés de rapports publiés puis résumés et chargés sur le site Web.

4.3 Le document WS-Area48-98/9 indique que les estimations de densité acoustique à l'extrémité est de la Géorgie du Sud sont en général plus élevées qu'à l'extrémité ouest de l'île. Cette différence était particulièrement apparente en 1997/98. Le sous-groupe a, en outre, reconnu que les estimations de densité acoustique de krill étaient d'une variabilité considérable au cours d'une année (Hewitt et Demer, 1994). Pour parer à ce problème, les campagnes d'évaluation acoustique discutées ici ont été restreintes à la période entourant le mois de janvier de chaque année, à l'exception de la campagne de 1981/82 qui s'est déroulée dans la sous-zone 48.3 en novembre et décembre 1981.

4.4 Le document WS-Area48-98/11 compare les estimations acoustiques de la sous-zone 48.3 et celles de la région de l'île Éléphant dans la sous-zone 48.1. Bien que les techniques d'échantillonnage aient été différentes, notamment en ce qui concerne l'identification du krill et la période d'échantillonnage circadienne, le sous-groupe a convenu que ces différences étaient peu susceptibles d'altérer le schéma général observé d'une année à une autre dans ces deux sous-zones.

4.5 L'analyse présentée dans WS-Area48-98/11 indique que la fluctuation des densités de krill, tant en Géorgie du Sud qu'à l'île Éléphant, est marquée d'une année à une autre. De plus, sauf pour l'une des années pour lesquelles des données étaient disponibles sur ces régions, les changements de densité se sont toujours produits dans la même direction aux deux sites (figure 11). L'exception concerne la saison 1997/98, au cours de laquelle la biomasse de krill a atteint la valeur la plus élevée de la séquence totale de données (voir également paragraphe 4.17).

4.6 Sur les diverses années pour lesquelles on dispose de données acoustiques pour les deux sous-zones, on a observé simultanément, dans ces deux sous-zones, de très faibles biomasses de krill en 1993/94. Alors que dans la sous-zone 48.3 une biomasse tout aussi faible était également observée en 1990/91, celle de la sous-zone 48.1 cette année-là n'était pas plus faible que celle de 1983/84 et 1984/85.

4.7 Des données de densité provenant d'estimations acoustiques et par chalutages sont disponibles pour la sous-zone 48.1. Une comparaison des deux jeux de données (figure 12) a révélé que, d'une année à l'autre, la densité changeait dans la même direction, tant en ce qui concerne les densités acoustiques que de chalutages. Il convient cependant de noter que la relation absolue entre les deux estimations de densité n'était pas constante, des changements importants ayant été observés vers 1985/86 et 1992/93. Le sous-groupe n'est pas en mesure d'établir la cause de ces changements avec les informations dont il dispose à la réunion.

#### Structure de la population de krill

4.8 Les changements de structure de la population de krill des sous-zones 48.1 et 48.3 sont analysés par deux méthodes. La première consiste à utiliser les indices de recrutement de manière à considérer quelle proportion de la population est présente dans certaines classes d'âge, la seconde, la forme des histogrammes des fréquences de longueurs créés à partir des données par trait, pour étudier la structure de la population générale de chaque secteur.

4.9 Les indices de recrutement proportionnel de krill de la sous-zone 48.3 sont présentés dans WS-Area48-98/20. Dans ce document, les distributions de fréquences de longueurs sont

pondérées par la densité de krill déterminée par acoustique aux extrémités est et ouest de la Géorgie du Sud. Cette technique a été développée car le peu de stations de chalutages standard réalisées a rendu nécessaire l'inclusion de chalutages localisés par acoustique.

4.10 En Géorgie du Sud, le recrutement proportionnel du krill de la classe d'âge 1+ (R1) est faible les années de ponte 1988/89, 1989/90, 1991/92 et 1993/94 (figure 13). Par contre, un recrutement très élevé est observé pour la classe d'âge 1+ qui a frayé en 1994/95. Il diminue pour le krill qui a frayé l'année suivante et atteint une valeur nulle pour celui qui a frayé en 1996/97. Il convient cependant de noter que, cette dernière année, plusieurs spécimens de krill étaient d'une taille intermédiaire entre celle normalement observée pour le krill de 1+ et celle de 2+ ans d'âge. L'analyse présentée dans WS-Area48-98/20 classe ce krill de petite taille dans la classe d'âge 1+. Un contrôle du krill de la sous-zone 48.1 a révélé non seulement la présence de krill d'âge 2+ dont la taille était plus petite que la norme, et de même pour quelques spécimens d'âge 1+. En conséquence, le sous-groupe a changé de classification le krill trouvé dans la sous-zone 48.3 pour le classer dans celle d'âge 2+.

4.11 R1 de la région de l'île Éléphant a déjà été présenté à d'autres réunions du WG-EMM. Une comparaison de ces données à celles de la Géorgie du Sud a mis en évidence une concordance importante (figure 13). Ainsi, dans les deux secteurs, le krill qui a frayé en 1988/89, 1989/90, 1991/92 et 1992/93 affiche une valeur très faible de R1 ( $<0,1$ ). De plus, le krill qui a frayé en 1994/95 affiche un recrutement très élevé suivi d'un recrutement réduit dans les deux secteurs. Il n'a malheureusement pas été possible de vérifier la concordance des autres années de recrutement élevé (les années de ponte d'avant 1982/83, 1987/88 et 1990/91) en raison du manque de données couvrant ces années autour de la Géorgie du Sud.

4.12 Le sous-groupe a également examiné les résultats de l'indice de recrutement proportionnel du krill de la classe d'âge 2+ (R2). On pourrait s'attendre à ce que pour toute année de ponte, un bon R1 se reflète par un bon R2. Ainsi, R2 peut fournir des données sur le succès reproductif des années pour lesquelles on ne dispose pas des données de R1. Toutefois, une comparaison entre R1 et R2 de Géorgie du Sud indique que, lorsqu'on dispose des valeurs de R1 et R2 d'une même année, les deux valeurs ne s'accordent guère sur ce que constituent des années de bonne ou mauvaise ponte (figure 14). Bien que la concordance de R1 et R2 de la sous-zone 48.1 soit plus nette que celles de la sous-zone 48.3, il demeure tout de même de nombreuses disparités.

4.13 La comparaison de R2 de l'île Éléphant et de la Géorgie du Sud affiche une concordance moins nette que celle observée entre les valeurs de R1 (figure 15). Ces résultats ne sont pas surprenant vu les résultats rapportés en détail au paragraphe 4.12. Le sous-groupe reconnaît que ce manque de concordance peut être lié à des problèmes de méthode inhérents au calcul de R2, notamment à la difficulté de séparer uniquement cette classe d'âge du krill de plus grande taille, à la durée prolongée pendant laquelle les influences environnementales sont susceptibles d'agir et aux zones échantillonnées par rapport à la distribution générale de la population de krill.

4.14 Les données d'abondance (provenant des campagnes d'évaluation acoustique réalisées dans la sous-zone 48.3 et des données obtenues sur des prélèvements au filet dans la sous-zone 48.1) et les données de recrutement sont combinées pour permettre d'estimer le recrutement absolu de la classe d'âge 1+ (figure 16). La tendance générale dans la sous-zone 48.1 est que le recrutement absolu le plus élevé correspond aux pontes de 1979/80 à 1981/82. Les recrutements de pointe des pontes de 1987/88 et 1994/95 sont relativement

faibles. Il n'a pas été possible de comparer l'intensité des recrutements de pointe dans la sous-zone 48.3 car les données n'en n'ont affiché qu'un. Il est toutefois manifeste qu'un faible recrutement absolu s'est produit les années de ponte 1988/89, 1989/90, 1991/92 et 1992/93, vu que, sans tenir compte de la quantité totale de krill, la proportion de krill de 1+ an d'âge est extrêmement faible.

4.15 Des données de fréquences de longueurs par trait provenant de campagnes d'évaluation scientifiques sont disponibles sur les sous-zones 48.1 et 48.3 pour la période 1980/81 à 1997/98, ainsi que pour les deux années (1983/84, 1987/88) pour lesquelles des données sont disponibles sur la sous-zone 48.2. Ces données offrent la possibilité de comprendre les liens dans le système, mais il est nécessaire de réduire ces distributions des fréquences de longueurs à un indice plus facilement assimilable. Le sous-groupe utilise la technique d'analyse par la théorie des grappes développée pour les distributions des fréquences de longueurs autour de la Géorgie du Sud (WG-EMM-97/47).

4.16 L'analyse par la théorie des grappes fondée sur les données par trait de fréquences de longueurs, regroupées par classes de taille : <30 mm, 30-40 mm, 40-50 mm et >50 mm, est réalisée en utilisant l'algorithme voisin (lien complet) le plus éloigné du regroupement hiérarchique chez Genstat 5.4.1 (Payne *et al.*, 1993). Les données regroupées sont traitées en distances euclidiennes et normalisées sur l'intervalle de 0 à 100. Le dendrogramme qui résulte de l'analyse révèle la présence de quatre grappes principales d'une similarité située entre 55 et 75 %. La distribution de ces grappes est représentée graphiquement par rapport à la position des traits de chacune des campagnes. Suite à l'analyse, on a calculé le pourcentage de chaque type de grappe par sous-zone et par année. Ceci donne une mesure des proportions relatives des catégories générales de distributions de fréquences de longueurs de chacune des sous-zones. Ces données sont ensuite utilisées pour calculer une matrice de similarité, en présumant toujours qu'elles représentent des distances euclidiennes avec un intervalle de 0 à 100. De la matrice sont extraites les similarités entre les sous-zones 48.1 et 48.3 pour les années où elles ont toutes deux été échantillonnées. Il est considéré que la sous-zone 48.2, pour laquelle il n'existe que des échantillons sur deux années, n'est pas suffisamment représentée pour être incluse dans l'indice de similarité.

4.17 L'indice de similarité des fréquences de longueurs de krill (figure 17) indique que le krill des sous-zones 48.1 et 48.3 est très comparable sur trois années (1989/90, 1992/93 et 1996/97). Par contre certaines années sont très différentes, pour diverses raisons. La différence la plus importante entre les deux sous-zones concerne 1993/94. Cette année-là, du krill de grande taille se trouve autour de la péninsule antarctique et de la Géorgie du Sud. Dans ce dernier lieu, on trouve toutefois également du krill de taille moyenne à petite. En 1997/98, le krill de taille moyenne est bien représenté dans les deux sous-zones. Mais dans la sous-zone 48.3 se trouve du krill de grande taille alors qu'il est absent de la sous-zone 48.1. De même, du krill de petite taille fréquente la sous-zone 48.1, mais pas la sous-zone 48.3. Bien que l'on observe une faible valeur de similarité en 1987/88, ce résultat est probablement dû à la faible quantité de traits effectués dans la sous-zone 48.3 cette année-là.

4.18 Le document WS-Area48-98/15 présente les données de fréquences de longueurs prélevées sur les prédateurs de Géorgie du Sud de 1990/91 à 1996/97. Ces données mettent en évidence une variation considérable de la taille du krill capturé par saison (figure 18). Cependant, en 1990/91 et 1993/94, du krill de grande taille (taille modale ~58 mm) est capturé en décembre, mais est totalement remplacé par du krill de petite taille (~40 mm) dès février. Le document WS-Area48-98/15 prévoit qu'un schéma comparable sera observé en



1997/98. Les données présentées à la réunion indiquent qu'une diminution de la taille du krill prélevé par les prédateurs s'est bien produite.

4.19 Par manque de temps, les autres données de fréquences de longueurs du krill provenant d'échantillons du régime alimentaire des manchots de la baie de l'Amirauté (sous-zone 48.1, cf. supplément D) n'ont pas été examinées de manière critique durant l'atelier.

#### Données sur la pêche au krill

4.20 Les données sur la pêche au krill menée dans les sous-zones 48.1, 48.2 et 48.3 sont analysées en vue de fournir un indice combiné par sous-zone et par année. Le sous-groupe estime qu'elles peuvent être utiles car, en Géorgie du Sud, la pêche ayant lieu l'hiver, elles pourraient fournir des informations sur les décalages d'une période différente de celle obtenue à partir des données de campagnes d'évaluation scientifique (qui sont en principe restreintes à la saison d'été).

4.21 Les données de la capture totale et de l'effort de pêche sont extraites de la base de données de la CCAMLR (capture et effort de pêche à échelle précise). En ce qui concerne la pêche au krill du Japon, l'indice d'effort de pêche correspond au nombre de jours-navires, où les jours correspondent au nombre de jours d'une période de déclaration (10 jours, par ex.). Pour toutes les autres flottilles, l'effort de pêche est mesuré en nombre d'heures de pêche. Les données sont regroupées par flottille et par rectangle de déclaration à échelle précise.

4.22 Les zones de pêche sont définies ainsi :

- i) Île Éléphant : entre 60°-61°30'S et 50°-58°W dans la sous-zone 48.1;
- ii) île Livingston : entre 61°30'- 63°S et 58°-70°W dans la sous-zone 48.1;
- iii) Orcades du Sud : toute la sous-zone 48.2;
- iv) Île Bird : entre 53°-55°S et 37°-40°W dans la sous-zone 48.3; et
- v) Est de la Géorgie du Sud : entre 53°-55°S et 34°-37°W dans la sous-zone 48.3.

Les périodes de pêche sont l'hiver et l'été. Par hiver, on entend les mois de mai à octobre inclus et par été, les mois de novembre à avril inclus.

4.23 Les indices de CPUE sont calculés et leur moyenne effectuée par saison et zone de pêche.

4.24 Les indices sont analysés au moyen de l'indice combiné réduit (CSI) (cf. paragraphe 7.9) et les résultats présentés à la figure 19 (CPUE des hivers et étés).

4.25 Dans la sous-zone 48.1, la CPUE de 1982/83 à 1992/93 suit le même schéma pour les zones de l'île Éléphant et de l'île Livingston. Ce schéma n'est pas apparent en dehors de cette période.

4.26 Dans la sous-zone 48.2, il semble y avoir une tendance à l'accroissement pendant les années 80, mais autrement, aucun autre schéma n'est apparent.

4.27 En Géorgie du Sud (sous-zone 48.3) où la pêche se déroule en hiver, on note des valeurs minimales autour de l'île Bird en 1991 et 1994 et à l'extrémité est en 1991 et 1993. Ces valeurs peuvent refléter la densité de krill, soit avant, soit après la faible densité observée dans les campagnes d'évaluation scientifiques réalisées pendant les saisons d'été 1990/91 et 1993/94.

4.28 Le sous-groupe note que les indices de CPUE à ces échelles spatio-temporelles ne sont pas forcément les meilleurs indicateurs de la densité locale, mais que les données par trait seraient plus adéquates. Ces données n'ont pas été utilisées à l'atelier, et de toute façon, il aurait fallu beaucoup trop de temps pour compléter une analyse fondée sur elles.

4.29 Le sous-groupe estime que les données de fréquences de longueurs provenant de la pêche commerciale pourraient s'avérer intéressantes, mais qu'un travail considérable serait requis pour résoudre les problèmes de sélectivité des filets inhérents à ces jeux de données.

## ENVIRONNEMENT BIOTIQUE

### Production primaire

5.1 C. Hewes (États-Unis) déclare que la biomasse de phytoplancton, mesurée en fonction de la concentration de chlorophylle, est d'une variabilité interannuelle, sur une même année et spatiale importante. La moyenne annuelle des concentrations de chlorophylle intégrées (0-100 m) porte sur toute la zone des campagnes d'évaluation de l'US AMLR (campagnes effectuées de janvier à mars, figure 20). La biomasse phytoplanctonique des années 1991/92, 1992/93 et 1997/98 est inférieure à la moyenne, celle de 1989/90 et 1994/95 supérieure à la moyenne. Il n'est pas possible de procéder à des comparaisons avec les sous-zones 48.2 et 48.3, faute de données sur la chlorophylle dans ces régions. Les années de faible concentration de chlorophylle correspondent à celles de l'EN (SOI d'été faible) (figure 20).

### Assemblages de zooplancton

5.2 V. Loeb déclare que ces six dernières années, les prélèvements effectués au filet dans la région de l'île Éléphant au cours des campagnes d'évaluation de l'US AMLR réalisées en été ont mis en évidence une dominance numérique des salpes (*Salpa thompsoni*) en 1993, des copépodes en 1995 et 1996 et de nouveau des salpes en 1998. Ces changements sont liés à l'abondance qui était d'une dizaine de fois plus élevée pour les copépodes (notamment *Metridia gerlachei*) et d'une centaine de fois plus élevée pour les salpes. Les périodes de "transition" (1994 et 1997) sont marquées par des changements distincts d'abondance des copépodes et des salpes au cours des mois d'été. Ces changements d'abondance se sont produits sur des périodes relativement brèves (quatre à six semaines) et pourraient répondre à un changement d'advections (à savoir, d'une advection vers le pôle à une advection vers l'équateur).

5.3 V. Loeb indique que, depuis 20 ans, les étés marqués par la dominance des salpes et l'abondance relativement faible des copépodes ("années de salpes") sont devenus un phénomène régulier dans ce secteur. Depuis l'été 1983/84, on assiste à d'importants blooms des salpes tous les quatre à cinq ans. V. Loeb ajoute que cette périodicité correspond à la

précession d'anomalies vers l'est décrite par Murphy *et al.* (1995) et à l'ACW décrit par White et Peterson (1996).

5.4 M. Naganobu présente le document WS-Area48-98/4 qui traite de la variabilité de la proportion de la densité de salpes et de krill vert (coloré par une alimentation récente de phytoplancton). Cette étude est effectuée à partir des données provenant des chalutiers à krill japonais qui mènent des opérations autour de la péninsule antarctique. La variabilité interannuelle et saisonnière de l'époque, de la durée et de l'ampleur des blooms de salpes ainsi que du krill vert est analysée. Aucun rapport n'est évident entre la densité de salpes et la proportion de krill vert dans les captures, lorsqu'ils se trouvent ensemble. Dans le secteur de l'île Livingston, la proportion de krill vert n'est élevée qu'en cas de densité extrêmement faible de salpes. Cependant, rien ne semble les lier dans le secteur de l'île Éléphant.

5.5 Ayant examiné ces résultats, l'atelier en conclut qu'ils méritent d'autres analyses. Néanmoins, étant donné qu'il s'agit de secteurs restreints de la sous-zone 48.1, et qu'il n'existe pas de résultats comparables sur d'autres secteurs, la question a été renvoyée au WG-EMM.

## PRÉDATEURS MARINS DE KRILL

### Poisson des glaces

6.1 Le poisson des glaces (*Champsocephalus gunnari*) fréquente le plateau de la Géorgie du Sud, les îlots Shag, les Orcades du Sud et les îles Shetland du Sud jusqu'à des profondeurs de 500 m. L'espèce se nourrit de préférence de krill et, durant les "années riches en krill", son indice de condition est élevé (WS-Area48-98/19).

6.2 Les indices du régime alimentaire, de l'état alimentaire et de condition ont été étudiés. Le seul jeu de données qui fournisse une série temporelle de données acceptables et pour lequel des informations sont disponibles sur plus d'un site est l'indice de condition.

6.3 L'indice de condition est calculé par individu à partir de deux variables, le poids total et le poids total estimé. L'indice de condition est le rapport entre le poids total et le poids total estimé. Les données de 6 000 poissons capturés au cours de sept saisons ont servi à déterminer le rapport "moyen" entre la longueur et le poids. Ce rapport a ensuite permis d'estimer le poids de chacun des 24 000 poissons utilisés dans le cadre des 27 années d'étude.

6.4 Les résultats sont tout d'abord présentés en valeurs mensuelles moyennes pour la Géorgie du Sud, les îlots Shag, l'île Éléphant et les Shetland du Sud (WS-Area48-98/19). Pour qu'elles se conforment aux périodes d'été et d'hiver reconnues pour les prédateurs de krill basés à terre, les données sont combinées en deux indices saisonniers, d'été (novembre-avril) et d'hiver (mai-octobre).

6.5 Périodes pendant lesquelles l'indice de condition est faible :

- i) en Géorgie du Sud, au cours des étés 1977/78, 1982/83, 1990/91 et 1993/94 et des hivers 1972, 1985, 1990 et 1997;
- ii) aux îlots Shag, durant les étés 1972/73, 1986/87 et de l'hiver 1997;

- iii) aux Shetland du Sud, pendant l'été 1984/85; et
- iv) à l'île Éléphant, au cours des étés 1978/79, 1983/84, 1984/85 et 1987/88.

## Cétacés

6.6 La CIB dispose de quatre types de données sur les cétacés qui pourraient éventuellement servir à traiter les questions posées par cet atelier. Y figurent les résultats des campagnes d'observation menées dans le cadre de la Décennie internationale de la recherche sur les cétacés (IDCR) et des navires de reconnaissance japonais, ainsi que des statistiques de captures commerciales et des données biologiques provenant d'un échantillon de la capture. Une fois divisées entre les sous-zones 48.1, 48.2 et 48.3, les données des quatre types sont trop peu nombreuses pour permettre des comparaisons utiles entre les divers secteurs.

6.7 Les données provenant des observations effectuées par les navires de reconnaissance japonais ont toutefois permis d'estimer les indices d'abondance de sept années dans la sous-zone 48.1, et de quatre années dans la sous-zone 48.2 (figures 21 et 22). Les indices ont été calculés pour la baleine bleue, le rorqual commun, la baleine à bosse, le rorqual de Rudolphi, les baleines franches et le petit rorqual. Seules les observations relatives au petit rorqual sont suffisantes pour justifier un examen plus rigoureux.

6.8 Dans la sous-zone 48.1, l'abondance du petit rorqual était relativement stable en 1973/74, 1974/75, 1975/76, 1979/80 et 1981/82. En 1985/86, l'abondance relative a considérablement augmenté (étant six fois plus élevée que le niveau précédent). En 1986/87, l'indice a chuté, mais seulement de moitié par rapport au niveau précédent. En admettant que ces données donnent un indice raisonnable de l'abondance du petit rorqual, elles suggèrent que la saison 1985/86 était particulièrement différente. Il est possible que la quantité de krill disponible pour le petit rorqual ait été meilleure cette année-là dans la sous-zone 48.1.

6.9 Tout comme pour la sous-zone 48.1, les données sur le petit rorqual de la sous-zone 48.2 sont les seules qui soient suffisantes pour justifier un examen plus précis. Sur les quatre années pendant lesquelles ce secteur a été observé, 1980/81 semble se distinguer en affichant une densité de petits rorquals d'environ le double de celle de 1973/74, 1981/82 et 1985/86. Gardant à l'esprit d'une part, le fait que ces indices sont présentés sans statistiques de dispersion et d'autre part, les autres mises en garde, il est tout à fait possible que l'accroissement de 1980/81, juste au-dessus du double des indices des autres années, soit le résultat d'une plus grande quantité de krill disponible pour le petit rorqual cette-là.

## PRÉDATEURS MARINS BASÉS À TERRE

### Données disponibles

7.1 Dans la première circulaire du sous-groupe étaient identifiés cinq sites (l'île Bird, l'île Signy, l'île Seal, la baie de l'Amirauté, l'île Anvers) sur lesquels des données sur les espèces dépendantes avaient été collectées continuellement pendant cinq ans.

7.2 L'atelier ne disposait d'autres données sur l'île Signy, l'île Seal et l'île Anvers que celles figurant déjà dans la base de données du CEMP. En ce qui concerne l'île Bird et la baie

de l'Amirauté, de nouveaux jeux de données et indices ont été fournis avant, ou au début de la réunion.

7.3 Plusieurs séries chronologiques plus courtes (<5ans) de données sont également disponibles, soit dans la base de données du CEMP (par ex. A1, A2, A3, A6a, A7 pour Esperanza 1993/94-1996/97) soit dans des documents présentés à l'atelier (par ex. taux de croissance des otaries de Kerguelen au cap Shirreff 1994/95-1997/98, WS-Area48-98/18).

7.4 Il est convenu de se concentrer au départ sur l'analyse des jeux de données les plus importants et les plus longs. Les autres seront examinés dans la mesure du temps disponible, pour déterminer s'ils confortent ou contredisent les conclusions ou déductions auxquelles on est parvenu.

7.5 Les jeux de données disponibles pour l'analyse sont récapitulés aux tableaux 2 à 4. Les documents WS-Area48-98/12 et 98/13 fournissent d'autres informations sur la source et la nature des données provenant de l'île Bird et de l'île Signy.

7.6 Le tableau 3 met en évidence la nature relativement restreinte des données dont on dispose pour comparer les espèces d'un site à un autre et à des échelles autres que pluriannuelle (pour la taille de la population) et de l'été.

#### Arrangement et combinaison des données

7.7 Les indices des prédateurs figurent au tableau 5 par regroupements logiques qui reflètent des processus biologiques relativement isolés. Ces processus pourraient éventuellement être combinés en un seul indice. D'autres indices combinés pourraient également être calculés pour refléter les échelles temporelles issues du tableau 5.

7.8 Il est par ailleurs possible de créer de nouveaux indices en combinant, par une formule simple, certains indices existants. Ces indices répondent au terme d'indice composite; des exemples en figurent au tableau 6.

#### Analyse des données

7.9 Le document WS-Area48-98/6, fondé sur la méthode développée dans WG-EMM-Stats-97/7, présente un programme informatique de calcul d'un indice combiné, que l'on désigne par le terme d'indice composite réduit (CSI). Les CSI sont dérivés de diverses sections de la base de données pour fournir des résumés de séries temporelles par site, par espèce et par saison, même si les caractéristiques statistiques de l'indice ne sont pas parfaitement comprises.

7.10 L'atelier ne dispose pas de suffisamment de temps pour étudier d'une part, les indices combinés du tableau 5, autres que ceux d'hiver et d'été (ce dernier tenant compte de la taille des populations) et d'autre part, l'utilisation des indices composites.

7.11 En conséquence, les présentes analyses pourraient être raffinées et améliorées à l'avenir si les tâches suivantes étaient effectuées :

- i) comparer les résultats de l'utilisation des indices combinant toutes les variables originales à ceux qui combinent des indices uniques, chacun représentant un groupe de variables liées sur le plan biologique. (Pour plusieurs espèces et sites, les indices combinés sont actuellement fortement pondérés en faveur des variables du régime alimentaire);
- ii) étudier l'utilisation des indices composites pour remplacer les divers indices inclus dans leur calcul. (Il convient de noter que l'utilisation du rendement par jeune devrait éliminer le problème dû au fait que le peu de jeunes survivants, les mauvaises années, ont un poids au sevrage/à la première mue supérieur à la moyenne de la population des bonnes années. De plus, les indices d'approvisionnement tiendraient compte des compensations entre le poids des repas et l'intervalle auquel ceux-ci sont rapportés);
- iii) comparer de manière critique les résultats de l'utilisation des indices d'hiver avec et sans la taille de la population;
- iv) fournir une méthode d'estimation des limites de confiance du CSI; et
- v) examiner les caractéristiques/échelles de la variabilité des indices des prédateurs, notamment par l'étude des effets du changement de la composition des indices qui contribuent à chaque CSI.

7.12 Les indices combinés d'hiver et d'été de chacune des espèces par site sont illustrés aux figures 23 à 27.

7.13 Il convient de noter que toutes les analyses, sauf indication contraire, ont été effectuées avec les valeurs originales non transformées. Après la figure 23, des valeurs imputées sont substituées à la taille de la population d'albatros à sourcils noirs en 1987/88 et à la taille de la population et au succès de l'éclosion (mais non de l'élevage des jeunes) en 1994/95.

7.14 Le premier contrôle des indices d'été sur les figures 23 à 27 cherche à identifier les années où le succès de la reproduction est particulièrement faible (cf. tableau 7).

7.15 L'étape suivante consiste à combiner les espèces par site. Pour garantir qu'on n'aura pas combiné des espèces dont le succès de la reproduction est très différent d'une année à une autre, une matrice de corrélation a été créée séparément pour les variables d'été combinées (tableau 8). Ce tableau met en valeur les variables avec corrélations importantes sur le plan statistique. L'interprétation des corrélations entre de nombreuses variables doit toutefois rester prudente, car plusieurs d'entre elles pourraient être dues au hasard. Ces valeurs n'ont donc servi que de guide pour déterminer le niveau de corrélation qui convient pour combiner ou séparer les espèces au sein des sites.

7.16 En conséquence, en ce qui concerne les variables d'été, les espèces sont séparées pour chaque site de la manière suivante :

- i) l'île Bird, Géorgie du Sud (cf. figure 28) -  
Les trois espèces plongeurs (deux de manchots et l'otarie de Kerguelen) sont séparées de l'albatros à sourcils noirs. (La faible concordance entre l'albatros à sourcils noirs et les autres espèces est principalement due à sa performance en

1987/88 et 1994/95. Ces deux années se distinguent par le caractère exceptionnel des conditions physiques de l'environnement à l'époque de la ponte, lequel a causé de nombreux changements dans la phénologie et le succès de la reproduction, changements qui n'auront pas tous été pris en compte par les valeurs imputées.)

- ii) l'île Signy, Orcades du Sud (cf. figure 29a) -  
Les coefficients de corrélation laissent entendre que les manchots Adélie devraient être séparés des deux autres espèces; ce n'est toutefois pas le cas en ce qui concerne la présente analyse, où les trois espèces sont combinées. Outre la relation largement positive entre le manchot papou et le manchot à jugulaire, la figure 7a met en évidence la possibilité de différences de réponse à certaines époques, notamment chez les manchots Adélie, pour qui les indices de performance des années 90 sont en général plus élevés que ceux des années 80.
- iii) la baie de l'Amirauté (cf. figure 29b) -  
Les comparaisons entre toutes les espèces n'affichent que des corrélations qui ne sont guère marquées, mais rien ne semble justifier une séparation. Cependant, le rapport entre le manchot Adélie et le manchot papou met en évidence une association marquée tout au cours des années 90, mais jamais dans les années 80. Ce schéma ne se manifeste pas dans les comparaisons des autres espèces de ce site. De plus, pour l'île Signy et la baie de l'Amirauté, la performance des manchots Adélie et à jugulaire n'a jamais montré de similarités spécifiques à l'année.
- iv) l'île Seal -  
La corrélation est très marquée entre les deux espèces (manchot à jugulaire et otarie de Kerguelen) qui ont été combinées.

7.17 Les indices d'été qui résultent de l'analyse sont illustrés à la figure 30 (il convient de noter que les données de l'albatros à sourcils noirs comptent maintenant les valeurs imputées pour 1987/88 et 1994/95). Le tableau 9 est une récapitulation dérivée de l'analyse des années de faible succès de la reproduction.

7.18 Une cohérence des indices d'été est ainsi mise en évidence :

- i) en 1983/84 entre les sous-zones 48.3 et 48.2. Aucune donnée n'est disponible sur la sous-zone 48.1;
- ii) en 1989/90 entre les sous-zones 48.2 et 48.1 (à l'exception du manchot à jugulaire de l'île Seal);
- iii) en 1990/91 dans toute la zone 48, sauf l'île Signy; et
- iv) en 1993/94 entre les sous-zones 48.3 et 48.2, mais pas la sous-zone 48.1 (à l'exception de l'île Seal).

7.19 Nous étudions également les rapports entre espèces et sites en construisant une matrice de corrélation du succès de la reproduction - variable qui devrait refléter le succès général de la reproduction en été et qui est relevée dans la plupart des séries temporelles sur la plupart des sites. (Les jeux de données collectés pendant huit ans aux îles Seal et Anvers sont exclus

de cette analyse). Pour compléter la matrice sur tous les sites pour 1981/82 à 1997/98 (à 1996/97 en ce qui concerne l'île Signy), des valeurs sont imputées (par interpolation linéaire) pour l'otarie de Kerguelen de l'île Bird en 1982/83 et pour les trois espèces de manchots de la baie de l'Amirauté en 1983/84.

7.20 Les résultats, qui figurent au tableau 10 (auxquels s'appliquent les mêmes mises en garde qu'au paragraphe 7.15), indiquent que les différences entre les jeux de données, avec ou sans les valeurs imputées, sont insignifiantes.

7.21 Si l'on prend des valeurs  $>0,4$  pour représenter les corrélations présentant un intérêt biologique, les trois corrélations les plus marquées sont toutes au sein du même site (les manchots papous et Adélie de la baie de l'Amirauté, les manchots papous et à jugulaire de l'île Signy, les manchots papous et les otaries de Kerguelen de l'île Bird). Il convient de noter qu'elles comptent toutes le manchot papou, espèce sédentaire au secteur d'alimentation restreint, qui est généralement très sensible aux fluctuations de la présence de krill. On note un groupe de corrélations un peu moins marquées dans plusieurs comparaisons entre l'île Bird et l'île Signy. Elles concernent le manchot papou et les otaries à l'île Bird ainsi qu'une certaine combinaison des trois espèces de manchots à l'île Signy. Les manchots papous de l'île Bird et de l'île Signy ne présentent aucune corrélation importante - ce qui reflète probablement leur répartition particulièrement restreinte et spécifique à un site, tout au long de l'année.

7.22 L'examen de la relation entre indices et entre espèces peut également être effectué par une analyse en composantes principales (ACP). Les avantages et les limitations de cette technique figurent au supplément E. Le manque de temps empêche de l'appliquer aux jeux de données pertinents sur les prédateurs (à savoir sur les espèces au sein d'un site ou d'un site à un autre). Le supplément E donne un exemple de l'application de cette technique aux manchots papous de l'île Bird et de la baie de l'Amirauté.

7.23 La comparaison des sous-zones à partir des variables d'été combinées par site est illustrée à la figure 31. (Il convient d'interpréter cette figure en portant son attention sur les parties en bas à gauche et en haut à droite, qui, respectivement, affichent une certaine cohérence des mauvaises et des bonnes années).

7.24 Dans la sous-zone 48.3 (île Bird (BIG)), certaines cohérences sont apparentes :

sous-zone <sup>1</sup>	non marquée	marquée	aucune
48.2 (SIO)	83/84, 93/94	84/85, 85/86, 87/88, 88/89, 94/95 <sup>2</sup> , 95/96, 96/97	78/79–82/83, 86/87, 89/90, 90/91
48.1 (SES)	90/91, 93/94	87/88, 88/89, 94/95 <sup>2</sup> , 95/96 <sup>2</sup> , 96/97	89/90, 91/92, 92/93
48.1 (ADB)	77/78*, 90/91	84/85, 88/89, 91/92, 94/95–96/97	81/82, 82/83, 85/86–87/88, 89/90, 92/93, 93/94

<sup>1</sup> Codes expliqués au tableau 2.

<sup>2</sup> Effet peu marqué.



7.25 En ce qui concerne la sous-zone 48.2 (île Signy (SIO)), les principales cohérences semblent être :

sous-zone <sup>1</sup>	non marquée	marquée	aucune
48.1 (SES)	89/90 <sup>2</sup> , 93/94	87/88, 88/89, 94/95 <sup>2</sup> , 95/96 <sup>2</sup> , 96/97	90/91, 91/92, 92/93
48.1 (ADB)	81/82 <sup>2</sup> , 82/83, 89/90	84/85, 88/89, 91/92, 94/95–96/97	85/86–87/88, 90/91, 92/93, 93/94

<sup>1</sup> Codes expliqués au tableau 2.

<sup>2</sup> Effet peu marqué.

7.26 Au sein de la sous-zone 48.1, les principales cohérences entre la baie de l'Amirauté (ADB) et l'île Seal (SES) sont :

sous-zone <sup>1</sup>	non marquée	marquée	aucune
48.1 (SES)	89/90, 90/91, 92/93	84/85, 88/89, 91/92, 94/95–96/97	87/88, 91/92 <sup>2</sup> , 93/94

<sup>1</sup> Codes expliqués au tableau 2.

<sup>2</sup> Effet peu marqué.

7.27 En général, ceci laisse entendre qu'il existe :

- i) une cohérence modérée (années divisées assez équitablement entre cohérence (marquée ou non) et incohérence) entre la sous-zone 48.3 et les sous-zones 48.2 et 48.1, avec, pour cette dernière, une cohérence plus marquée avec l'île Seal qu'avec la baie de l'Amirauté;
- ii) une cohérence plus marquée entre les sous-zones 48.2 et 48.1, avec, encore une fois, une relation plus importante avec l'île Seal qu'avec la baie de l'Amirauté;
- iii) une cohérence marquée (en fonction de l'ensemble des années, mais certaines d'entre elles tombent vers les axes principaux) entre les deux sites de la sous-zone 48.1; et
- iv) peu de changement dans l'évaluation des réponses aux années particulièrement mauvaises (à savoir 1990/91 et 1993/94) par rapport à celles mentionnées au paragraphe 7.18.

7.28 Pour résumer la nature de la cohérence des mauvaises années à partir des indices d'été (cf. paragraphe 7.18) :

- i) 1983/84 - cohérence entre les sous-zones 48.3 et 48.2; aucune donnée n'est disponible sur la sous-zone 48.1;
- ii) 1989/90 - cohérence entre la sous-zone 48.2 et la baie de l'Amirauté dans la sous-zone 48.1. L'île Seal est complexe du fait que chez les manchots, les sorties alimentaires sont les plus longues jamais enregistrées et que leur poids à la première mue est le troisième poids en partant du plus faible, ce qui est

compensé par des repas d'un poids plus élevé. Chez les otaries de Kerguelen, les sorties alimentaires sont moyennes mais le taux de croissance est faible;

- iii) 1990/91 - cohérence dans toute la zone 48, sauf l'île Signy, où le succès de la reproduction des manchots est normal. Cependant, la taille des populations reproductrices est, en 1991, de 20 à 30% moins importante que celle de l'année précédente, ce qui correspond à la réduction la plus forte jamais enregistrée. (Ces résultats contrastent avec ceux de 1984 où les populations reproductrices n'étaient pas réduites, mais où le succès de la reproduction était très faible); et
- iv) 1993/94 - cohérence entre les sous-zones 48.3 et 48.2, mais par contre, une année manifestement bonne dans la sous-zone 48.1, à l'île Anvers et à la baie de l'Amirauté. Ile Seal apparemment en transition (deuxième poids à la première mue, en partant du plus faible, durée des sorties alimentaires moyenne, poids des repas important).

7.29 Une association importante dans les sous-zones est manifeste les bonnes années pour :

- 1984/85 – sous-zones 48.3, 48.2 et 48.1 (baie de l'Amirauté, mais pas île Seal);
- 1987/88 – sous-zones 48.3, 48.2 et 48.1 (île Seal, mais pas baie de l'Amirauté);
- 1988/89 – ensemble de la zone;
- 1994/95 – ensemble de la zone;
- 1995/96 – ensemble de la zone; et
- 1996/97 – ensemble de la zone.

7.30 Fondé sur l'analyse au paragraphe 7.24 des résultats présentés à la figure 31, un système de points est développé pour examiner le schéma général au fil des années. On attribue -1 à une année lorsque la comparaison tombe dans la catégorie "mauvaise" (en bas à gauche sur la figure 31), +1 si elle tombe dans la catégorie "bonne" (en haut à droite sur la figure 31) et 0 si elle ne tombe dans aucune des deux. Le nombre total de points par année est divisé par la taille de l'échantillon de l'année pour donner un indice situé entre -1 et 1. Dans les cas où l'indice correspond à -1, la cohérence est absolue en ce qui concerne les mauvaises conditions dans les sites, alors que lorsque l'indice correspond à +1, la cohérence est absolue en ce qui concerne les bonnes conditions. Lorsque l'indice est de 0, il n'y a aucune cohérence générale entre les sites.

7.31 De 1977/78 à 1980/81, une seule mesure de cohérence est disponible, mais pour les années suivantes, on dispose de trois à six mesures, sauf pour 1983/84 qui n'en compte qu'une seule. La cohérence est peu marquée ou alors, elle laisse entendre que les conditions pour les prédateurs étaient généralement mauvaises au début des années 80, mais assez bonnes à la fin des années 80 (figure 32). L'indice affiche une cohérence peu marquée et des conditions généralement mauvaises au début des années 90 et, à la fin de la série temporelle, il indique un retour à une cohérence marquée avec de bonnes conditions.

7.32 Cet indice donne une vue générale de la variabilité temporelle des liens entre les sites utilisés pour contrôler les prédateurs de la zone 48. Il laisse entendre qu'il pourrait exister un cycle de variabilité de plusieurs années, avec un passage de conditions généralement mauvaises pour les prédateurs dont la cohérence serait faible dans les sites de contrôle à des conditions relativement bonnes et une cohérence marquée. Chacune de ces phases semble durer de cinq à six ans.

7.33 L'étude des indices d'hiver des espèces aux sites (figures 23b, 24b, 25b et 27b) est compliquée par le fait que la taille de la population est en principe la variable principale (et souvent la seule). Pour la plupart des espèces, la taille de la population connaît des tendances marquées dans tout ou partie du jeu de données, ce qui rend plus difficile l'identification des années comparables par leurs résultats médiocres dans tout le jeu de données.

7.34 La figure 33 indique qu'il existe des tendances des populations dans tout ou partie de la série chronologique pour :

- i) île Bird - albatros à sourcils noirs (déclin tout au long de la série); gorfou macaroni (déclin depuis 1984); manchot papou (léger déclin général, plus évident depuis 1989);
- ii) île Signy - manchot Adélie (augmentation 1979-1989; déclin ensuite, notamment jusqu'en 1995); manchot papou (augmentation générale); manchot à jugulaire (léger déclin général);
- iii) baie de l'Amirauté - manchot Adélie (déclin, notamment depuis 1989); manchot à jugulaire (déclin depuis 1979); manchot papou (déclin depuis 1980); et
- iv) île Anvers - manchot Adélie (déclin tout au long de la série).

Ainsi, parmi toutes les espèces et tous les sites, seules les otaries de Kerguelen de l'île Bird affichent sur la série chronologique complète une population fondamentalement stable (bien qu'avec des fluctuations importantes).

7.35 En vue de combiner les espèces au sein des sites, une matrice des corrélations (tableau 11) est élaborée. Ceci est plus complexe à interpréter que la matrice des variables d'été. Les séparations/combinaisons suivantes sont adoptées :

- i) île Bird, Géorgie du Sud (cf. figure 34a) -  
Aucune caractéristique régulière, sauf que la corrélation entre l'albatros à sourcils noirs et le gorfou macaroni est marquée; aucun changement n'est toutefois apporté à la distinction, adoptée pour les variables d'été, faite entre l'albatros à sourcils noirs et les trois espèces plongeuses.
- ii) île Signy (cf. figure 34b) -  
La corrélation entre les manchots papous et Adélie est faible; aucune autre caractéristique évidente.
- iii) baie de l'Amirauté (cf. figure 34c) -  
La corrélation entre les manchots papous et à jugulaire est faible; aucune autre caractéristique évidente.

En ce qui concerne les deux derniers sites, les manchots Adélie et à jugulaire sont traités séparément dans les analyses des variables d'hiver.

7.36 La figure 35 représente les indices d'hiver combinés des espèces aux sites, qui résultent de l'analyse. L'identification des années dont le succès de la reproduction est faible figure au tableau 12.

7.37 La cohérence des mauvaises années dans les sous-zones semble concerner :

- i) 1980 (manchots (sauf l'Adélie) de tous les sites/toutes les sous-zones, mais moins marquée à l'île Bird);
- ii) 1984 (manchots des îles Bird et Signy, mais faible en ce dernier site);
- iii) 1990 (manchots de tous les sites/de toutes les sous-zones - moins évidente en ce qui concerne les Adélie de la baie de l'Amirauté, mais la taille de la population a diminué de 25%. Second déclin par ordre d'importance des 20 années de la base de données);
- iv) 1994 (manchots de tous les sites/de toutes les sous-zones); et
- v) 1997 (toutes les espèces de l'île Bird; les manchots papous et Adélie de la baie de l'Amirauté).

7.38 En ce qui concerne les principales années mauvaises déduites des variables d'été (cf. paragraphe 7.28), il est suggéré ci-dessus que l'hiver 1990 (avant l'été 1990/91) était également mauvais. Par contre, les mauvais hivers de 1984 et 1994 suivent les mauvais étés de 1983/84 et 1993/94.

7.39 En vue d'approfondir l'étude des caractéristiques du changement des populations, est créée une matrice des corrélations de la différence entre les populations d'années consécutives (tableau 13). Les valeurs manquantes sur les manchots à jugulaire et papous de la baie de l'Amirauté en 1984 dictent le fait qu'une série chronologique sans valeurs imputées ne peut commencer qu'en 1985 (première différence en 1986). En imputant (par interpolation linéaire) ces valeurs de 1984 ainsi que celles de 1979 et 1983 pour l'otarie de Kerguelen de l'île Bird et de 1981 pour le manchot papou de cette même île, la série chronologique a pu commencer en 1979 (première différence en 1980).

7.40 Dans la série chronologique la plus longue, les corrélations de l'importance biologique possible ( $>0,4$ ) concernent principalement les manchots de l'île Bird et de l'île Signy (sept corrélations sur neuf) et les manchots à jugulaire de la baie de l'Amirauté et les manchots à jugulaire et papous de l'île Signy. On ne note que trois corrélations au sein d'un site qui soient d'un intérêt potentiel : les manchots Adélie et à jugulaire de l'île Signy, les otaries de Kerguelen et les gorfous macaroni de l'île Bird, et les manchots papous et à jugulaire de la baie de l'Amirauté.

7.41 La série chronologique la plus courte contient davantage de corrélations qui sont plus marquées. Toutes celles de la série la plus longue sont toujours présentes, sauf une (les manchots papous et à jugulaire de la baie de l'Amirauté). Les autres corrélations concernent les manchots à jugulaire de la baie de l'Amirauté et tous les manchots des îles Bird et Signy, les manchots Adélie de la baie de l'Amirauté et de l'île Signy, les otaries de Kerguelen et les gorfous macaronis de l'île Bird, les manchots papou et Adélie de l'île Signy. Les différences entre les deux jeux de données laissent entendre que c'est après 1986 que se caractérise plus nettement une plus grande cohérence entre les sites.

7.42 La figure 36 illustre la comparaison des sous-zones au moyen des variables d'hiver combinées selon le site.

7.43 Il est ainsi suggéré qu'une cohérence est manifeste entre les sous-zones en ce qui concerne les indices d'hiver :

Pour la sous-zone 48.3 (île Bird) avec :

sous-zone/espèce <sup>1</sup>	début	non marquée	marquée	aucune
48.2 SIO (PYP, PYN)	77	78, 80, 84, 90, 94	77, 85, 88, 89, 92	79, 81–83, 86, 87, 91, 93, 95–97
48.2 SIO (PYD)	77	78, 80, 84, 90, 94, 95	77, 85, 87–89	79, 81–83, 86, 91–93, 96, 97
48.1 ADB (PYP, PYN)	77	90, 94, 97	77, 79, 81, 87, 88, 92	78, 80, 82–86, 89, 91, 93, 95, 96
48.1 ADB (PYD)	77	90, 93, 94	77, 81, 87, 88, 89	78–80, 82–86, 91, 92, 95–97

<sup>1</sup> Codes expliqués au tableau 2.

Pour la sous-zone 48.2 (île Signy) avec:

sous-zone/espèce <sup>1</sup>	début	non marquée	marquée	aucune
48.1 ADB (PYP, PYN)	77	83, 90, 94	77, 88, 92, 95	78–82, 84–87, 89, 91, 93, 96, 97
48.1 ADB (PYD)	77	79, 90, 94	77, 86–89, 97	78, 80–85, 91–93, 95, 96

<sup>1</sup> Codes expliqués au tableau 2.

7.44 Ceci suggère en général :

- i) qu'il y a cohérence modérée (les années sont divisées assez équitablement entre cohérence (marquée ou non) et incohérence) ) dans les sous-zones; et
- ii) qu'il y a cohérence dans toute la zone 48. Ceci s'oppose aux résultats provenant des variables d'été, en reflétant vraisemblablement la plus grande échelle spatio-temporelle sur laquelle sont intégrées les variables d'hiver.

7.45 Pour être plus précis, ce qui concerne les mauvaises années, il est manifeste qu'il y a cohérence en :

- i) 1978, 1980 et 1984 - île Bird et île Signy uniquement;
- ii) 1990 - tous sites/sous-zones; et
- iii) 1994 - tous sites/sous-zones.

7.46 Dans les deux cas, les circonstances reflètent probablement les réponses des prédateurs au niveau des populations. Cependant, alors que celles de 1990 précèdent le mauvais été 1990/91, celles de 1984 et 1994 suivent les mauvais étés de 1983/84 et 1993/94. Dans le premier cas, la faiblesse des populations au début de 1990/91 pourrait refléter le fait que les prédateurs, dans une mauvaise condition due à l'hiver, auraient choisi de ne pas se reproduire cet été-là. Dans le deuxième cas, la faiblesse des populations l'année qui fait site à

de mauvaises conditions pendant l'été, pourrait refléter la poursuite de ces conditions durant l'hiver et/ou une survie et un recrutement réduits.

7.47 En ce qui concerne les bonnes années, il y a cohérence en :

- i) 1977 et 1988 - tous sites/sous-zones; et
- ii) 1989 - île Bird, île Signy (toutes les espèces de manchots) et les manchots Adélie de la baie de l'Amirauté.

7.48 La figure 32 illustre les résultats d'une analyse de similarité, telle que celle des variables d'été (cf. paragraphe 7.30). (Six mesures de cohérence sont disponibles pour les variables d'hiver pour chacune des années). D'après la figure 32, le schéma de la fluctuation des indices de performance de la population en hiver ressemble en général à celui des indices d'été. C'est notamment le cas de la séquence des années 1985 à 1989 qui est largement positive. Les périodes adjacentes ne correspondent pas tant, les valeurs d'hiver étant composées de valeurs mixtes positives et négatives plus complexes. Ceci est susceptible de refléter une certaine combinaison des échelles spatio-temporelles plus grandes sur lesquelles s'intègrent les processus des populations l'hiver, et le fait que l'indice d'hiver combine des variables à des échelles temporelles tant courtes que longues.

## INTERACTIONS ENVIRONNEMENT-PROIES-PRÉDATEURS

### Contexte

8.1 Le document WS-Area48-98/8 fait la synthèse de certains aspects de la variabilité interannuelle de l'écosystème de l'océan Austral. Il souligne la preuve manifeste qu'en certaines années, l'abondance de krill est très faible dans le secteur de la Géorgie du Sud, et que la variation affecte une grande partie de l'écosystème en touchant plus particulièrement la survie et le succès de la reproduction de certains prédateurs de krill parmi les plus importants. De par la nature ouverte de l'écosystème de la Géorgie du Sud, cette variabilité entraîne des conséquences à grande échelle.

8.2 Les fluctuations du succès des classes d'âge dans tout ou partie de la population de la mer du Scotia peuvent entraîner d'importants changements de la biomasse disponible. Les trajets suivis par les mouvements océaniques maintiennent la structure à grande échelle de l'écosystème en déplaçant le krill sur des distances importantes, vers des secteurs où il sera à la portée des colonies de prédateurs. Ce système physique à grande échelle affiche une cohérence spatio-temporelle marquée des caractéristiques de la variabilité tant interannuelle que sur dix ans. La variabilité physique affecte à la fois la dynamique des populations de krill et le trajet des mouvements océaniques, ce qui souligne le fait que les causes et les conséquences des événements se produisant en Géorgie du Sud font partie de processus à échelle nettement plus grande.

8.3 Les analyses par modélisation de la démographie du krill et des mouvements à grande échelle qui sont présentées soulignent l'importance du rôle de ces deux aspects dans la variabilité observée. Les processus de la dynamique des populations de krill introduisant des décalages, il est important de rester prudent dans les analyses réalisées à partir des variables

environnementales. Un modèle conceptuel illustre la manière dont la variabilité physique peut affecter la démographie, la distribution et l'abondance du krill.

8.4 Les prédateurs sont susceptibles de répondre au signal intégré de plusieurs variables environnementales en même temps, d'une manière qui ne peut se refléter facilement dans les représentations graphiques à deux variables, entre les variables environnement, proies et prédateurs. Ce thème est développé dans WS-Area48-98/16 qui associe l'indice de performance d'un prédateur unique (série chronologique de 16 années sur la durée des sorties alimentaires des otaries à l'île Bird) à plusieurs indices environnementaux, notamment l'oscillation du Sud d'El Niño (ENSO), les glaces de mer et le recrutement du krill.

8.5 Selon les résultats, il semble qu'il y ait une corrélation croisée importante entre l'ENSO et les otaries à la recherche de nourriture avec des décalages de -9 et +11 mois. Le décalage négatif pourrait suggérer que les otaries anticipent l'ENSO. Cependant, cet effet résulte probablement des processus cycliques qui sont représentés au mieux par le décalage positif d'un an environ. Finalement, d'après ces résultats, il semble que les otaries de Kerguelen de Géorgie du Sud sont influencées (bien qu'indirectement) par des processus physiques à grande échelle.

8.6 De plus, dans une analyse de régression multiple, la combinaison des indices des glaces de mer décalés d'un an et d'ENSO, également décalé d'un an, explique en grande partie la variation de la durée des sorties alimentaires des otaries. Ceci laisse entendre par ailleurs qu'ENSO influence la durée des sorties alimentaires des otaries en Géorgie du Sud jusqu'à un an après l'effet principal dans le Pacifique, mais que la variance de la durée des sorties alimentaires due aux variables physiques des modèles de régression multiples est plus marquée lorsque ENSO est présent conjointement avec l'indice des glaces de mer. En conséquence, en combinant les variables physiques en une seule analyse, il est possible de mieux expliquer la variation du comportement, en suggérant que les otaries de Kerguelen répondent à des facteurs environnementaux qui dépendent de la variabilité tant des glaces de mer que d'ENSO.

8.7 Les relations entre les changements de population chez les manchots Adélie et à jugulaire des sous-zones 48.1 et 48.2 et la durée et l'étendue des glaces de mer (tant autour des colonies reproductrices que dans les secteurs de même étendue que les secteurs des manchots l'hiver) ont été étudiées par Fraser *et al.* (1992) et Trathan *et al.* (1996). Les deux documents arrivent à la conclusion que les effets des glaces sur les populations de manchots sont manifestes, notamment en hiver, et qu'ils sont différents selon l'espèce.

8.8 Dans le document WG-EMM-95/63, les changements démographiques et de taille des populations de manchots Adélie de la baie de l'Amirauté (sous-zone 48.1) sont liés au déclin constaté de l'étendue des glaces de mer (Stammerjohn et Smith, 1996) et de la biomasse de krill (Siegel et Loeb, 1995) dans cette même région en hiver. Le taux de survie des cohortes d'Adélie est passé d'une moyenne de 22% pour les cohortes de 1982 à 1987 à une moyenne de 10% pour celles de 1988 à 1995. La taille des populations d'Adélie a également fléchi précipitamment en 1990 et 1991, deux ans après le changement du taux de survie des cohortes (ce qui correspond à l'âge du premier recrutement chez les manchots Adélie, à savoir deux ans). Il est ainsi suggéré que les manchots Adélie répondent aux changements observés dans leur environnement physique et biotique. Cependant, l'interprétation des mécanismes et des interactions sur lesquels reposent ces réponses est rendue difficile par les effets cycliques de

plusieurs années qui manifestement influencent les changements démographiques et de taille des populations.

8.9 Le document WS-Area48-98/17 porte sur les différences interspécifiques du succès de la reproduction chez les prédateurs de la Géorgie du Sud les années riches et pauvres en proies. La différence d'ordre de grandeur de la biomasse de krill entre 1986 (bonne année) et 1994 (mauvaise année) est accompagnée : i) d'une réduction de 90% du poids de krill dans le régime alimentaire des prédateurs (et d'un accroissement de la composante poisson); ii) d'une plus grande diversité des proies chez la plupart des espèces; iii) d'une réduction du chevauchement du régime alimentaire de plusieurs espèces; et iv) d'un remplacement du krill par des amphipodes chez le gorfou macaroni, mais pas de changement alimentaire particulier chez les autres espèces. Le taux d'approvisionnement des jeunes a diminué de 90% chez le manchot papou et de 40 à 50% chez les trois autres espèces; ceci est dû à une réduction de la taille des repas des manchots (de 90% chez le manchot papou et de 50% chez le gorfou macaroni) et chez les albatros, à des sorties alimentaires deux fois plus longues. Le succès de la reproduction a diminué de 50% chez l'albatros à tête grise (espèce la moins dépendante de krill), de 90% chez l'albatros à sourcils noirs et le manchot papou (seuls 3 à 4% des œufs pondus ont donné des poussins), mais de 10% seulement chez le gorfou macaroni, ce qui reflète vraisemblablement sa capacité à s'adapter aux proies de petite taille dont ne peuvent profiter les autres espèces. Toutes les espèces (hormis l'albatros à sourcils noirs), notamment le gorfou macaroni, ont produit des jeunes qui à la première mue étaient nettement plus légers que d'habitude, ce qui, par la suite, a probablement affecté leur taux de survie. Ces résultats mettent en évidence des similarités et des différences cohérentes, mais complexes, au sein d'une même espèce et d'une espèce à une autre. Celles-ci reflètent principalement le degré auquel ces espèces dépendent du krill, la possibilité d'opter pour une autre proie et les contraintes sur la durée des sorties et/ou la taille des repas imposées par le degré d'adaptation à la prospection alimentaire (notamment en ce qui concerne la vitesse de déplacement et la capacité de plongée). Ainsi, même en une année de très faible disponibilité de proies, les différences interspécifiques peuvent s'avérer importantes dans les indices de performance des prédateurs - tout en s'inscrivant dans le schéma général d'une mauvaise performance.

8.10 Mikio Naganobu (Japon) rend compte de l'état de ses recherches sur la relation entre le recrutement du krill et le DPOI (WS-Area48-98/5). La corrélation entre le DPOI et la variabilité du recrutement du krill est bonne. Les années où le DPOI est élevé, ce qui indique de forts vents d'ouest, coïncident avec celles de recrutement élevé du krill (1981/82, 1987/88 et 1990/91). Les valeurs importantes de R1 moyen correspondent aux années où le DPOI est élevé : 1981/82, 1987/88 et 1990/91. À l'inverse, les années où le DPOI est extrêmement faible, ce qui indique de faibles vents d'ouest, coïncident avec celles de recrutement extrêmement faible du krill (1982/83, 1983/84, 1988/89, 1991/92 et 1992/93). Les faibles valeurs de R1 moyen correspondent respectivement aux années où le DPOI est faible : 1982/83, 1983/84, 1988/89, 1991/92 et 1992/93. Les autres années où R1 moyen est faible, comme 1984/85 et 1989/90, coïncident approximativement avec les faibles valeurs du DPOI. Ces relations entre le DPOI et R1 laissent entendre que la force des vents d'ouest affecte le recrutement du krill par la variabilité des conditions océanographiques causée principalement par le déplacement d'Ekman. Les années où le DPOI est faible coïncident également avec les années d'EN, soit 1983, 1988 et 1992. Selon ces résultats, le DPOI est lié au SOI.



## Analyse des interactions par l'atelier

8.11 Un jeu d'indices combinés de l'environnement, des proies et des prédateurs est créé à partir des indices dérivés par les sous-groupes. Les variables physiques se composent d'indices atmosphériques liés à l'EN, de la SST régionale et à grande échelle, et de la description régionale et à grande échelle des glaces de mer. Les données relatives aux proies comptent des indices de recrutement et de densité du krill. Les données relatives aux prédateurs comptent des informations sur les poissons et les prédateurs basés à terre. Les données relatives aux prédateurs comptent des indices composites fondés sur bon nombre d'espèces et de variables, et des indices provenant d'une ou de deux espèces uniquement.

8.12 La description du jeu de données combinées figure au tableau 14. Ce tableau souligne le fait que même avec ce jeu dérivé de données, pour plusieurs variables, on ne dispose pas d'une série de données complète et pour d'autres, on ne dispose que de quelques données ponctuelles. Ceci restreint la possibilité de mener des analyses à plusieurs variables qui donneraient une vue complète des interactions.

8.13 Dans leurs trois approches fondamentales, les divers chercheurs font progresser les analyses en procédant à de nombreux échanges d'idées et d'informations. Les trois démarches consistent à : i) développer des graphes à deux variables de certaines relations; ii) réaliser une analyse préliminaire à plusieurs variables; et iii) entreprendre un exercice de régression multiple fondé sur les idées présentées dans WS-Area48-98/16.

### Relations à deux variables

8.14 Diverses hypothèses préexistantes lient les indices de certains aspects biologiques et écologiques du krill à une variation environnementale, d'autres, la biologie des prédateurs aux proies et à la variabilité environnementale. Celles-ci sont examinées au moyen de représentations graphiques à deux variables, de variables clés. Au fur et à mesure de leur développement, les analyses à plusieurs variables favorisent le processus de concentration sur certaines relations clés. Ce processus n'ayant pas été terminé, il convient de le considérer comme une première évaluation des données. Il ne faut pas non plus oublier que les données ne sont pas des échantillons indépendants mais des séries chronologiques.

8.15 L'attention a tout d'abord porté sur les relations entre les variables de krill de deux sous-zones. Il est alors illustré (figure 37) que, bien qu'il y ait en général cohérence entre les valeurs de densité acoustique enregistrées dans les sous-zones 48.1 et 48.3, celle-ci repose essentiellement sur le fait qu'elles ont toutes deux connu une faible densité de krill pendant les années 1991 et 1994. Il convient de noter que ces campagnes d'évaluation ont été réalisées par des méthodes totalement différentes et que, de ce fait, elles ne sont pas vraiment comparables. En ce qui concerne la relation entre les valeurs de recrutement du krill dans les deux secteurs, la résolution des données est faible en raison du manque de points de données. Il est suggéré que les données n'expliquent que les observations de 1996 et 1995, années pendant lesquelles le recrutement était constamment élevé dans les deux secteurs.

8.16 Un premier examen des valeurs de densité et de recrutement du krill des deux secteurs par rapport à la SST régionale en été, fondée sur les indices dérivés, ne suggère aucune relation simple, bien que certaines années soient mises en valeur (figure 38).

8.17 La relation hypothétique du recrutement du krill en fonction des glaces de mer, fondée sur les données de la sous-zone 48.1, est examinée par une représentation graphique du recrutement proportionnel dans la sous-zone 48.1 par rapport à l'indice des glaces de mer des îles Shetland du Sud (figure 39). Il semble que, pour les valeurs de l'indice de recrutement supérieures à 0,3 environ, l'augmentation du recrutement proportionnel corresponde à celle de l'indice des glaces de mer. En dessous d'une valeur d'indice de 0,3, les données sont largement variables et laissent entendre que ces valeurs ne peuvent être adéquatement résolues.

8.18 La représentation graphique de la transformation logarithmique du recrutement absolu du krill par rapport à l'indice des glaces de mer indique que le recrutement est plus élevé pour des valeurs plus élevées de l'indice (figure 40). Ceci est, toutefois, plus variable que la relation du recrutement proportionnel.

8.19 Les représentations graphiques du recrutement par rapport à l'indice régional des glaces de mer de la sous-zone 48.3 ne révèlent pas de relations simples, mais les données disponibles sont peu nombreuses (figures 41 et 42).

8.20 Les représentations graphiques à deux variables de la densité de krill de la sous-zone 48.1 et de diverses variables environnementales, telles que la SST régionale, les glaces de mer et le SOI d'été à grande échelle n'ont révélé aucune relation simple, bien que plusieurs d'entre elles aient identifié certaines années comme des valeurs aberrantes (figures 43 à 45; voir également paragraphe 8.35).

8.21 Dans la sous-zone 48.3, la densité de krill n'affiche pas de relation avec l'indice de SST régionale (figure 46). Cependant, il semble y avoir un lien entre la densité de krill et les glaces de mer régionales et l'indice du SOI d'été à grande échelle (figures 47 et 48; voir également paragraphe 8.35). Ces analyses soulignent la différence des années de faible densité, 1991 et 1994, qui correspondent aux années au cours desquelles les glaces de mer étaient peu importantes.

8.22 Dans plusieurs graphiques, on peut remarquer qu'il y a autocorrélation dans les séries chronologiques. Dans certaines, elle est révélée par un effet cyclique. La figure 49 en est une illustration, car la performance des prédateurs plongeurs de l'île Bird et la SST régionale d'hiver ont tendance à former des cycles parallèles. Ceci n'est pas une simple réponse directe de la performance à la variation de l'environnement. Il conviendrait donc d'examiner davantage la dynamique sur laquelle reposent certaines relations.

8.23 En reprenant les premières hypothèses, il est procédé à plusieurs représentations graphiques des indices de performance des prédateurs et des valeurs environnementales et du krill (figures 50 et 51).

8.24 La performance des prédateurs plongeurs de l'île Bird l'été (CSI) affiche une relation avec la densité acoustique de krill du secteur : les valeurs de performance les plus élevées correspondent aux densités les plus élevées (figures 51 et 52; voir également paragraphe 8.32). Cependant, il semble que cette relation soit asymptotique, bien qu'il convienne encore une fois de noter que les données sur le krill proviennent de campagnes d'évaluation différentes ayant couvert des régions différentes.

8.25 Il est présumé que l'indice de condition du poisson des glaces est principalement fonction de la disponibilité de krill. En conséquence, la relation entre cet indice et la densité moyenne de krill est étudiée.

8.26 Des données sont disponibles sur les sous-zones 48.1 et 48.3. L'indice de condition moyen du poisson des glaces en été est représenté graphiquement par rapport à la densité acoustique moyenne de krill à la même époque. Les données du poisson des glaces provenant des îles Shetland du Sud et de l'île Éléphant ont servi à effectuer les comparaisons relatives à la sous-zone 48.1. Pour la sous-zone 48.3, toutes les données acoustiques de krill proviennent de campagnes d'évaluation menées sur le plateau de la Géorgie du Sud. Celles-ci sont représentées graphiquement par rapport aux données des poissons des glaces de cette région. Aucune donnée comparable n'est disponible sur les îlots Shag et les Orcades du Sud.

8.27 Les résultats sont illustrés sur la figure 53. La corrélation entre la condition du poisson des glaces et la densité de krill est importante ( $r^2 = 0,73$ ,  $N = 10$ ). La relation semble linéaire, ce qui indique que l'indice de condition du poisson des glaces est une approximation raisonnable, pour toute une gamme de valeurs, de la densité acoustique moyenne de krill.

8.28 Les périodes de valeur faible de l'indice de condition, et par conséquent, de la disponibilité de krill, sont :

- i) en Géorgie du Sud, durant les étés 1977/78, 1982/83, 1990/91 et 1993/94, et les hivers 1972, 1985, 1990 et 1997;
- ii) aux îlots Shag, durant les étés 1972/73, et 1986/87 et l'hiver 1997;
- iii) aux îles Shetland du Sud, durant l'été 1984/85; et
- iv) à l'île Éléphant, durant les étés 1978/79, 1983/84, 1984/85 et 1987/88.

8.29 Pour la Géorgie du Sud, le rapport entre les indices de condition d'été et d'hiver du poisson des glaces et les indices de performance d'été et d'hiver combinés (CSI) des manchots et des otaries de Kerguelen est illustré à la figure 55 (BIG 3 PS et BIG 3 PW). Bien qu'il y ait une bonne concordance entre certaines mauvaises années (par ex., les étés 1990/91 et 1993/94, les hivers 1990 et 1997) et certaines bonnes années (par ex., les étés 1984/85, 1988/89, 1994/95 et 1995/96 et l'hiver 1977), elle n'est pas particulièrement marquée dans le schéma général.

#### Relations à plusieurs variables

8.30 Le prochain aspect des analyses consiste à développer des modèles de régression multiple. Une régression simple à deux variables met en lumière plusieurs relations, d'une éventuelle importance, entre indices de l'environnement physique, des espèces exploitées et des espèces dépendantes dont certaines ont fait l'objet de discussions ci-dessus (tableau 15). En vue d'étudier les contributions et interactions relatives de certaines variables physiques et biologiques par rapport aux espèces tant exploitées que dépendantes, l'analyse est approfondie en prenant en compte les modèles de régression multiple.

8.31 Certains modèles expliquent les niveaux de variabilité extrêmement élevés des variables dépendantes (par ex.,  $r^2 > 0,9$ ) principalement en raison du grand nombre de paramètres par rapport à la taille limitée de l'échantillon. Cependant, dans certains cas, il est possible de montrer que, même avec un nombre restreint de variables dans le modèle (trois par exemple), un degré de variabilité relativement élevé dans les données est expliqué par le modèle.

8.32 Le CSI des trois prédateurs plongeurs de l'île Bird en été est notamment influencé par la densité acoustique du krill de la sous-zone 48.3, mais la variation expliquée est plus élevée lorsque la variation physique est incluse dans le modèle (tableau 15, modèles 1-5). Lorsque la SST de la mer du Scotia est présente dans le modèle conjointement avec le SOI d'été, le SOI contribue alors plus largement à la variation de la performance des prédateurs. Lorsque les glaces de mer sont considérées dans le modèle contenant le SOI et la densité acoustique de krill (tableau 15, modèles 38-41), les glaces de mer tendent à réduire l'importance de la contribution relative apportée à la variation expliquée par le SOI.

8.33 La performance des prédateurs de l'île Bird est vaguement liée à la densité acoustique de krill dans la sous-zone 48.1 (tableau 15, modèle 18). En général, les indices d'hiver de l'île Bird ne sont pas aussi proches de la densité acoustique de krill l'été ou des variables physiques d'été que des indices des prédateurs de l'île Bird de la saison d'été (tableau 15, modèles 1-5, cf. 6-10). Cependant, d'autres analyses sont requises pour mettre en parallèle les indices d'hiver des prédateurs et la densité acoustique de krill pendant la période d'été précédente.

8.34 Les indices d'été des prédateurs de la sous-zone 48.1 (baie de l'Amirauté) n'affichent qu'une faible relation, voire aucune, avec la densité acoustique de krill dans la sous-zone 48.1 (tableau 15, modèles 11 et 16). L'inclusion de variables physiques, comme les indices des glaces de mer, n'a pas fourni davantage de puissance explicative importante (tableau 15, modèles 12-15 et 17).

8.35 La densité acoustique de krill dans la sous-zone 48.3 est fortement liée à l'indice des glaces de mer de la Géorgie du Sud et au SOI d'été (tableau 15, modèles 42-44), mais, lorsque les indices figurent tous les deux dans les modèles, les glaces de mer représentent la variable physique qui affecte le plus la densité acoustique de krill dans la sous-zone 48.3. Lorsqu'on examine la densité de krill dans la sous-zone 48.1, ce type de relation n'existe pas.

8.36 Ces résultats laissent donc entendre qu'en général, la performance des prédateurs de la sous-zone 48.3 est influencée par la densité de krill et, indépendamment, par les variables physiques qui se manifestent le plus par les glaces de mer. Par contre, la performance des prédateurs basés à terre de la sous-zone 48.1 n'est pas fortement liée aux indices actuels de densité de krill ou de variabilité physique. De plus, la densité de krill dans la sous-zone 48.1 ne semble pas se rapprocher des glaces de mer locales ou d'autres variables physiques.

8.37 Dans une telle situation de diversité des types de données, notamment des données environnementales et biologiques, une méthode statistique à plusieurs variables est souvent adoptée. Une simple matrice de corrélation ainsi qu'une ACP sont effectuées sur le tableau d'indices combinés. L'objectif est d'identifier toute cohérence marquée entre les variables et d'aider à clarifier les facteurs clés responsables de la variabilité dans les jeux de données. L'analyse a notamment servi à examiner les questions de la cohérence entre les régions et les relations entre les indices de krill et la performance des prédateurs.

8.38 L'ACP est appliquée aux données des glaces de mer, des variables physiques, de densité acoustique de krill, de l'indice de condition du poisson des glaces et des indices d'été et d'hiver des prédateurs de la sous-zone 48.3 en vue d'examiner les liens entre les variables et l'ordre des années. Cette analyse est réalisée principalement à titre d'illustration. Elle est d'une portée limitée en raison du manque de données. En effet, l'ACP ne peut être utilisée qu'avec des données de toutes les variables (supplément E).

8.39 La figure 55 est une représentation graphique des résultats. La première composante principale, qui est responsable de 52% de la variance des données, est dominée par les variables physiques, notamment les glaces de mer et la SST. Il est intéressant de noter que le SOI d'été est différent car il s'aligne davantage sur le second axe.

8.40 Encore 25% de la variation est expliquée dans les données par le deuxième axe. Ainsi, la variation totale causée par les deux premiers axes est de 75%. Le second axe est représentatif des indices biologiques d'été, du SOI et de la densité acoustique de krill. Cependant, les variables biologiques d'hiver s'alignent davantage sur le premier axe et sont donc associées aux glaces de mer.

8.41 Malgré le peu d'années pouvant être incluses dans cette analyse, les relations d'une année à une autre correspondent aux analyses précédentes ayant identifié des années anormales dans les séries chronologiques de données.

8.42 D'autres analyses sont effectuées, à partir, par exemple, de variables indépendantes liées au krill en vue d'inclure un échantillon d'années plus important. Ces analyses, ainsi que d'autres comparables, ont fourni des résultats qui s'alignent en général sur ceux illustrés sur la figure 54.

8.43 Une analyse canonique par correspondance (ou toute autre technique analytique à plusieurs variables) est susceptible de s'avérer utile avec ces données dont les relations ne sont pas, pour la plupart, linéaires. Le sous-groupe ne dispose pas du temps nécessaire pour étudier comme il se doit le développement d'un modèle détaillé à plusieurs variables. D'après les analyses qu'il a effectuées, il lui semble clair que ce modèle serait utile. Il estime donc qu'il sera important de développer cette analyse à l'avenir.

#### Tendances à long terme

8.44 Le sous-groupe note que ses analyses ont quelque peu mis en évidence des changements à long terme dans les données. Une variabilité décennale ou de moins de dix ans est évidente dans les données de SST de l'île Éléphant. Elle semble être également présente aux Orcades du Sud, mais pas en Géorgie du Sud. À partir de la densité du krill de la sous-zone 48.1, estimée à partir d'un échantillonnage au filet, est indiquée une même variabilité pour les valeurs plus élevées d'avant 1985 (Siegel *et al.*, 1998). En ce qui concerne les prédateurs basés à terre, tout porte à croire, selon les données des manchots (l'Adélie notamment) de l'île Signy et les manchots Adélie et papous de la baie de l'Amirauté (paragraphe 7.16; voir également paragraphe 7.41), que le succès de la reproduction dans les années 80 est toujours différent de celui des années 90. Il n'est pas possible, par manque de temps, de poursuivre davantage cette question. Le sous-groupe estime toutefois qu'il conviendrait de le faire à l'avenir.

## CONCLUSIONS RÉCAPITULATIVES

9.1 À l'égard des attributions de l'atelier (paragraphe 2.4) et des hypothèses soulevées (paragraphe 2.5), les résultats suivants sont soulignés.

9.2 Environnement :

- i) Les signaux planétaires océaniques et atmosphériques (SOI, Pacifique occidental, SST) sont évidents dans la zone 48 (DPOI, température de l'air à la station Palmer, glaces de mer, SST) (paragraphe 3.18 et 3.22).
- ii) Une périodicité d'environ quatre années est évidente (SST, glaces de mer, SST du secteur est du Pacifique), ce qui s'aligne sur les études précédentes (paragraphe 3.27).
- iii) La précession des anomalies de la SST d'un bout à l'autre de la mer du Scotia coïncide avec le modèle du transport des advections du FRAM, et suggère des temps de transport de quatre à huit mois entre la péninsule antarctique et la Géorgie du Sud (paragraphe 3.33).
- iv) Les signaux planétaires océaniques et atmosphériques (SST) affichent une cohérence marquée avec la Géorgie du Sud, mais plus faible avec la péninsule antarctique et les Orcades du Sud, ce qui laisse présumer l'existence d'influences locales différentes (telles que la mer de Weddell) (paragraphe 3.36).
- v) Une tendance au réchauffement, ces sept dernières années, est apparente dans les données de SST du NCAR, uniquement à la péninsule antarctique et aux Orcades du Sud (appendice D, paragraphe 3.26).

9.3 Krill :

- i) Le schéma de la variation de la densité de krill d'une année à une autre (mesurée par les campagnes d'évaluation acoustiques) et de la démographie des populations (définie par R1) est similaire dans la péninsule antarctique et en Géorgie du Sud (paragraphe 4.5 à 4.11) :

	Péninsule antarctique	Géorgie du Sud
Faibles densités	1990/91 1993/94	1990/91 1993/94
R1 élevé	1982/83 1987/88 1994/95	Pas de données Pas de données 1994/95
R1 faible	1988/89 1989/90 1991/92 1992/93	1988/89 1989/90 1991/92 1992/93

- ii) la fréquence des longueurs de krill dans l'alimentation des prédateurs de la Géorgie du Sud de 1991 à 1997 met en évidence un changement prononcé entre

deux tailles modales au cours de 1991 et 1994, mais pas des autres années (paragraphe 4.18).

#### 9.4 Espèces dépendantes :

- i) Bien que les données sur les cétacés soient complètes en ce qui concerne la couverture spatiale et temporelle, le chevauchement temporel avec d'autres jeux de données disponibles de la zone 48 est restreint. Il convient de noter que l'abondance du petit rorqual est la plus élevée en 1980/81 dans la sous-zone 48.2 et en 1985/86 dans la sous-zone 48.1 (paragraphe 6.7 et 6.8).
- ii) La plupart des indices des prédateurs basés à terre affichent une plus grande cohérence entre les espèces d'un même site que de sites différents (paragraphe 7.16).
- iii) Les indices d'été des prédateurs basés à terre sont généralement cohérents pour toutes les sous-zones les "bonnes" années (1984/85, 1987/88, 1988/89, 1994/95 à 1996/97, et les "mauvaises" années (1990/91 et 1993/94), notamment 1990/91 (paragraphe 7.23 à 7.29).
- iv) Les indices des prédateurs basés à terre, pour l'été, pour toutes les sous-zones, sont en général plus cohérents les bonnes années que les mauvaises (paragraphe 7.28 et 7.29).
- v) Les indices des prédateurs basés à terre affichent pour toutes les sous-zones moins de cohérence en hiver qu'en été. Lorsqu'il y a cohérence (1990 et 1994 en tant que "mauvaises" années, 1977, 1988 et 1989 en tant que "bonnes" années), celle-ci est plus souvent observée sur l'ensemble de la zone qu'en été (paragraphe 7.44 à 7.47).
- vi) Aucune séquence cohérente n'est observable dans les indices des prédateurs basés à terre entre les mauvais hivers et les mauvais étés, à savoir qu'ils peuvent indifféremment se précéder ou se suivre (paragraphe 7.45).

#### 9.5 Interactions :

- i) Le recrutement proportionnel du krill supérieur à un indice d'une valeur d'environ 0,3 est corrélé à l'étendue des glaces de mer dans la péninsule antarctique (paragraphe 8.17).
- ii) La densité de krill en Géorgie du Sud (sous-zone 48.3) est associée aux glaces de mer de la région et au SOI d'été. Ceci souligne notamment la faible densité de krill, en 1990/91 et 1993/94, années pauvres en glaces de mer (paragraphe 8.21 et 8.35). Par contre, la densité de krill à la péninsule antarctique (sous-zone 48.1) n'est pas associée aux indices de variabilité physique (paragraphe 8.20 et 8.34).
- iii) Les indices des prédateurs basés à terre et pélagiques de la sous-zone 48.3 sont corrélés aux densités de krill l'été, mais sont également influencés indépendamment par les variables physiques (paragraphe 8.21, 8.24, 8.27 et

8.34). Par contre, les indices des prédateurs basés à terre de la sous-zone 48.1 ne sont corrélés ni au krill ni aux indices physiques (paragraphe 8.20 et 8.34).

9.6 Il est reconnu que les récapitulations ci-dessus pourront servir de fondements dans le développement d'hypothèses de travail sur la dynamique des écosystèmes de la zone 48.

## CLÔTURE DE L'ATELIER

10.1 Le rapport de l'atelier est adopté. En clôturant la réunion, R. Hewitt remercie tous les participants de leur contribution.

10.2 Au nom des participants et du WG-EMM, I. Everson remercie R. Hewitt d'avoir si bien organisé l'atelier, assuré le contact avec les participants durant toute la période précédant l'atelier et finalement présidé cet atelier.

10.3 D. Miller remercie également R. Hewitt du travail qu'il a fourni, mais aussi le Southwest Fisheries Science Center pour avoir accueilli l'atelier et fourni une aide technique et logistique de première classe. Il remercie J. Leland (Royaume-Uni) et David Ramm (directeur des données) pour l'aide qu'ils ont apportée à l'atelier. A. Murray (Royaume-Uni) transmet sa reconnaissance au personnel informatique du centre.

## RÉFÉRENCES

- Amos, A. et M.K. Lavender. 1992. AMLR Program: Water masses in the vicinity of Elephant Island. *Antarctic J. US*, 26 (5): 210–213.
- Carleton, A.M. et D.A. Carpenter. 1989. Intermediate-scale sea-ice–atmosphere interactions over high southern latitudes in winter. *Geo. Journal*, 18 (1): 87–101.
- Defant, A. 1961. *Physical Oceanography*, Vol. 1. Pergamon Press, New York: 729 pp.
- Fraser, W.R., W.Z. Trivelpiece, D.G. Ainley et S.G. Trivelpiece. 1992. Increases in Antarctic penguin populations – reduced competition with whales or a loss of sea-ice due to environmental warming. *Polar Biology*, 11 (8): 525–531.
- Hewitt, R.P. et D.A. Demer. 1994. Acoustic estimates of krill biomass in the Elephant Island area: 1981–1993. *CCAMLR Science*, 1: 1–5.
- Murphy, E.J., A. Clarke, C. Symon, et J. Priddle. 1995. Temporal variation in Antarctic sea-ice: analysis of a long-term fast-ice record from the South Orkney Islands. *Deep-Sea Research*, 1 – *Oceanographic Research Papers*, 42: 1045–1062.
- Payne, R.W., P.W. Lane, P.G.N. Digby, S.A. Harding, P.K. Leech, G.W. Morgan, A.D. Todd, R. Thompson, G. Tunnicliffe Wilson, S.J. Welham et R.P. White. 1993. *Genstat 5 Release 3 Reference Manual*. Clarendon Press, Oxford: 749 pp.



- Reynolds, R.W. et T.M. Smith. 1994. Improved global sea-surface temperature analyses using optimum interpolation. *J. Climate Res.*, 7: 929–948.
- Siegel, V. et V. Loeb. 1995. Recruitment of Antarctic krill *Euphausia superba* and possible causes for its variability. *Marine Ecology Progress Series*, 123 (1–3): 45–56.
- Siegel, V., V. Loeb et J. Groeger. 1998. Krill (*Euphausia superba*) density, proportional and absolute recruitment and biomass in the Elephant Island region (Antarctic Peninsula) during the period 1977 to 1997. *Polar Biology*, 19 (6): 393–398.
- Stammerjohn, S.E. et R.C. Smith. 1996. Spatial and temporal variability of Western Antarctic Peninsula sea-ice coverage. In: Ross, R.M., E.E. Hofmann et L.B. Quetin (Eds). *Foundations for Ecological Research West of the Antarctic Peninsula*. Antarctic Research Series, AGU. Washington, D.C.
- Trathan, P.N., J.P. Croxall et E.J. Murphy. 1996. Dynamics of Antarctic penguin populations in relation to interannual variability in sea-ice distribution. *Polar Biology*, 16 (5): 321–330.
- White, W.B. et R.G. Peterson. 1996. An Antarctic Circumpolar Wave in surface pressure, wind, temperature, and sea-ice extent. *Nature*, 380: 699–702.

Tableau 1 : Données sur le krill dont dispose l'atelier.  
L : données de fréquence des longueurs;  
R : indices de recrutement; D : estimations de densité à partir d'un échantillonnage au filet;  
A : estimations de densité à partir de campagnes d'évaluation acoustique.

Année	Sous-zone		
	48.1	48.2	48.3
1977/78	L D R	L	L
1978/79			
1979/80			
1980/81	L D R A		L A
1981/82	L D R		L A
1982/83	L D R		
1983/84	L D R A	L	L
1984/85	L D R A		
1985/86	R		L
1986/87	R A		L
1987/88	L D R A	L	L
1888/89	L D R A		
1989/90	L D R A		L R A
1990/91	L D R A		L R A
1991/92	L D R A		A
1992/93	L D R		L R A
1993/94	L D R A		L R A
1994/95	L D R A		
1995/96	L D R A		L R A
1996/97	L D R A		L R A
1997/98	L D R A		L R A

Tableau 2 : Matrice de référence des indices des prédateurs : otarie de Kerguelen (SEA), manchot papou (PYP), manchot Adélie (PYD), manchot à jugulaire (PYN), gorfou macaroni (EUC) et albatros à sourcils noirs (DIM). Chaque série représente respectivement la présence (1) ou l'absence (0) des données de l'île Bird, en Géorgie du Sud (BIG), de l'île Signy (SIO), de la baie de l'Amirauté (ADB) et des îles Seal (SES) et Anvers (AIP). Le laps de temps sur lequel sont calculés les indices est divisé en plusieurs années (MYEAR), année (YEAR), hiver (WIN) et été (SUM).

Indice	Unités	Code	SEA	PYP	PYD	PYN	EUC	DIM	MYEAR	YEAR	WIN	SUM
Survie des juvéniles	proportion	1	00000	00100	00100	00000	00000	00000	00100	00000	00000	00000
Taille de la population reproductrice	nombre absolu	2	10000	11100	01101	01100	10000	10000	11111	00000	11111	00000
Survie des adultes	taux	3	00000	00100	00100	00100	00000	10000	00000	10100	00000	00000
Date d'arrivée/de ponte	jours avant le 31 déc.	4	10000	10000	00000	00000	00000	10000	00000	00000	10000	00000
Poids des mâles à l'arrivée	g	5	00000	00000	00100	00100	10000	00000	00000	00000	10000	00000
Poids des femelles à l'arrivée	g	6	00000	00000	00100	00100	10000	00000	00000	00000	10100	00000
Poids des femelles à la naissance	g	7	10000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	10100	00000
Différence du poids à la naissance (m-f)	g	8	10000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	10000	00000
Taille de l'œuf 'B'	ml	9	00000	00100	00100	00100	00000	00000	00000	00000	00100	00000
Durée du tour d'incubation (m+f)	d	10	00000	00000	00100	00100	00000	00000	00000	00000	00000	00100
Poids du repas	g	11	00000	10100	00100	00110	10000	00000	00000	00000	00000	10110
% de poisson en poids	1-proportion	12	00000	10100	00101	00110	10000	00000	00000	00000	00000	10011
Fréquence de présence de poisson	1-proportion	13	10000	10100	00101	00110	10000	00000	00000	00000	00000	10111
% de krill en poids	proportion	14	00000	10100	00101	00110	10000	00000	00000	00000	00000	10111
Fréquence de rencontre de krill	proportion	15	10000	10100	00101	00110	10000	00000	00000	00000	00000	10111
Durée des sorties alimentaires	h.-l	16	10110	00000	00001	00010	00000	00000	00000	00000	00000	10011
Croissance des jeunes femelles	kg. mois	17	10010	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	10010
Différence de la croissance des jeunes (m-f)	kg. mois	18	10010	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	10010
Croissance combinée des jeunes	kg. mois	19	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000
Poids des femelles à la 1 <sup>ère</sup> mue/au sevrage	g	20	10000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	10000
Différence du poids à la 1 <sup>ère</sup> mue/au sevrage	g	21	10000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	00000	10000
Poids combiné à la 1 <sup>ère</sup> mue/au sevrage	g	22	00000	10000	00101	00110	10000	10000	00000	00000	00000	10011
Réussite de l'éclosion	proportion	23	00000	00100	00100	00000	00000	10000	00000	00000	00000	10100
Réussite de la première mue	proportion	24	00000	00100	00100	00000	00000	10000	00000	00000	00000	10100
Réussite de la reproduction	proportion	25	00000	11100	01101	01110	10010	10000	00000	00000	10100	11111

Tableau 3 : Récapitulatif de la matrice de référence des indices des prédateurs, faisant valoir le nombre de variables disponibles pour analyse par espèce, site et échelle de temps (M : plusieurs années; Y : année; W : hiver; S : été). Les zones foncées indiquent que l'espèce ne se trouve pas sur certains sites. Les abréviations des espèces et des sites utilisées sont celles du tableau 2.

	SEA				PYP				PYD				PYN				EUC				DIM			
	M	Y	W	S	M	Y	W	S	M	Y	W	S	M	Y	W	S	M	Y	W	S	M	Y	W	S
BIG	1		2	8	1		1	7									1		2	9	1	1	1	4
SIO					1			1	1			1	1			1								
ADB					1	1	2	8	2	1	2	9	1	1	2	7								
SES				3												8				1				
AIP									1			7												

Tableau 4 : Récapitulatif des indices des prédateurs, exposant les années pour lesquelles on dispose de données (x). Les abréviations des espèces et des sites et les variables (var) utilisées sont celles du tableau 2. Les années sont celles dans lesquelles se termine l'été, par ex. 76 représente l'été 1975/76.

Site	Espèce	Var	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
ADB	PYN	10								x		x	x	x	x										
ADB	PYN	11			x				x	x					x	x		x						x	x
ADB	PYN	13			x				x	x					x	x		x						x	x
ADB	PYN	14			x				x	x					x	x		x						x	x
ADB	PYN	22													x									x	x
ADB	PYN	25																	x	x	x	x	x	x	x
ADB	PYP	11			x				x	x						x	x	x						x	x
ADB	PYP	12			x				x	x						x	x	x						x	x
ADB	PYP	13			x				x	x						x	x	x						x	x
ADB	PYP	14			x				x	x						x	x	x						x	x
ADB	PYP	15			x				x	x						x	x	x						x	x
ADB	PYP	22																							x
ADB	PYP	23			x				x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ADB	PYP	24			x				x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ADB	PYP	25			x				x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ADB	PYD	10							x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ADB	PYD	11			x				x	x					x	x	x	x						x	x







Tableau 5 : Récapitulatif des indices des prédateurs (code entre parenthèses; voir le tableau 2 pour définitions), montrant les groupements éventuels sur le plan du processus et en fonction de l'échelle temporelle.

Indice	Groupe d'indices	Échelle temporelle
Survie des juvéniles (1) Taille de la population (2) Survie des adultes (3) Date de l'arrivée/de la ponte (4) Poids à l'arrivée/à la ponte (5-6) Poids à la naissance/de l'œuf (7-9) Tour d'incubation (10) Poids du repas (11) % poisson (12, 13) % krill (14, 15) Taux de croissance (17-19) Poids au sevrage/à la 1 <sup>ère</sup> mue (20-22) Réussite de l'éclosion (23) Réussite de la 1 <sup>ère</sup> mue (24) Réussite de la reproduction (25)	Arrivée (4-9)  Régime alimentaire (11-15) Recherche de nourriture (11-16) Sortie alimentaire (16) Croissance (17-22)  Productivité (23-25)	Plusieurs années Plusieurs années (hiver également) Année Hiver (4-9)  Été (10-25)

Tableau 6 : Indices composites possibles de la performance des prédateurs.

- I<sub>2</sub> taille de la population reproductrice;
- I<sub>11</sub> poids du repas;
- I<sub>14</sub> % de krill en poids;
- I<sub>16</sub> durée des sorties alimentaires;
- I<sub>20</sub> poids des femelles au sevrage;
- I<sub>21</sub> différence des poids au sevrage (m-f);
- I<sub>22</sub> poids à la 1<sup>ère</sup> mue;
- I<sub>24</sub> réussite de la 1<sup>ère</sup> mue (jeunes élevés par œufs éclos); et
- I<sub>25</sub> réussite de la reproduction (survie des jeunes).

Indice composite	Formule
Rendement par jeune	$B_1 \text{ oiseaux} = I_{24} \cdot I_{22}$ $B_1 \text{ otaries} = I_{25} \cdot \alpha$ où $\alpha = (2 \cdot I_{20} + I_{21})/2$
Rendement total	$B_2 \text{ oiseaux} = B_1 \text{ oiseaux} \cdot I_2$ $B_2 \text{ otaries} = B_1 \text{ otaries} \cdot I_2$
Disponibilité du krill	$A_k = I_{11} \cdot I_{14}$
Indice d'approvisionnement	$\text{Poiseaux} = (-1) \cdot (I_{11}/I_{16})$ $\text{Potaries} = (-1) \cdot (\alpha/I_{16}) = (-1) \cdot (B_1 \text{ otaries}/I_{25})/I_{16}$



Tableau 7 : Années de faible succès de la reproduction des prédateurs marins basés à terre dans la zone 48, selon les indices d'été combinés (cf. figures 23 à 27 pour les données). Les codes des sites et espèces sont ceux du tableau 2. Les années sont celles dans lesquelles se termine l'été, par ex. 76 représente l'été 1975/76.

	Début													
île Bird (BIG)														
DIM	76	78*		80		84*		87	88		91	94	95	98
EUC	77	78	79			84		87*	88*		91*	94		
PYP	77	78			82	84*		87*		90*	91	94		98
SEA	79		79			84					91	94		98
île Signy (SIO)														
PYD	80						forte tendance positive tout au long de la série							
PYN	79			81		84				90		94		
PYP	80		79*	80	81	84*		87*		90		94		
baie de l'Amirauté (ADB)														
PYD	78									90	91	93*	tendance positive depuis '93	
PYN	78				82	83*	85	86*		90*			97*	
PYP	78				82	83		87		91		tendance positive depuis '91		
îles Seal (SES)														
PYN	88									91		94		
île Anvers (AIP)														
PYD	90									90	91			96*

\* effet faible

Tableau 8 : Matrices des coefficients de corrélation et des probabilités associées pour l'indice d'été combiné des prédateurs marins basés à terre, de toutes les espèces sur tous les sites, de 1975/76 à 1997/98. Les codes des sites et espèces sont ceux du tableau 2. Les valeurs significatives lorsque  $P < 0.05$  sont surlignées et en blanc; celles qui sont significatives lorsque  $0.05 > P < 0.10$  ne sont que surlignées.

Coefficients de corrélation													
	ADBPYD	ADBPYN	ADBPYP	AIPPYD	BIGDIM	BIGEUC	BIGPYP	BIGSEA	SESPYN	SESSEA	SIOPYD	SIOPYN	SIOPYP
ADBPYD	1.000												
ADBPYN	-0.118	1.000											
ADBPYP	0.267	0.218	1.000										
AIPPYD	0.44	0.609	0.621	1.000									
BIGDIM	0.229	-0.594	0.044	0.063	1.000								
BIGEUC	-0.029	-0.428	0.136	0.167	0.406	1.000							
BIGPYP	0.02	-0.092	0.132	0.372	0.33	0.576	1.000						
BIGSEA	0.099	-0.309	-0.048	0.432	0.383	0.788	0.768	1.000					
SESPYN	0.416	-0.47	0.069	0.277	0.299	0.419	0.897	0.788	1.000				
SEASEA	0.517	-0.143	-0.282	0.689	-0.066	-0.213	0.45	0.299	0.689	1.000			
SIOPYD	-0.127	0.259	0.637	0.042	-0.065	0	0.215	0.213	0.451	0.263	1.000		
SIOPYN	0.276	-0.022	-0.037	0.433	0.357	0.091	0.321	0.365	0.494	0.625	0.267	1.000	
SIOPYP	-0.146	-0.247	-0.209	0.104	0.242	0.264	0.144	0.36	0.14	0.216	0.13	0.788	1.000

Probabilités de corrélation													
	ADBPYD	ADBPYN	ADBPYP	AIPPYD	BIGDIM	BIGEUC	BIGPYP	BIGSEA	SESPYN	SESSEA	SIOPYD	SIOPYN	SIOPYP
ADBPYN	0.652												
ADBPYP	0.301	0.401											
AIPPYD	0.275	0.109	0.1										
BIGDIM	0.378	0.012	0.866	0.883									
BIGEUC	0.913	0.086	0.603	0.693	0.061								
BIGPYP	0.938	0.725	0.614	0.364	0.144	0.006							
BIGSEA	0.726	0.262	0.865	0.286	0.117	0	0						
SESPYN	0.232	0.171	0.851	0.506	0.401	0.228	0	0.007					
SEASEA	0.189	0.735	0.499	0.13	0.877	0.612	0.263	0.473	0.059				
SIOPYD	0.651	0.352	0.011	0.921	0.797	1	0.408	0.429	0.191	0.53			
SIOPYN	0.32	0.938	0.895	0.283	0.133	0.711	0.194	0.15	0.147	0.098	0.283		
SIOPYP	0.604	0.374	0.454	0.806	0.333	0.291	0.58	0.171	0.7	0.607	0.608	0	

Tableau 9 : Années de faible succès de la reproduction des prédateurs marins basés à terre dans la zone 48, selon l'indice d'été combiné de toutes les espèces contrôlés sur un site (les données sont exposées à la figure 30). Les codes des sites et espèces sont ceux du tableau 2. Les années sont celles dans lesquelles se termine l'été, par ex. 76 représente l'été 1975/76.

	Début															
île Bird (BIG)																
DIM	78		80		83*	84		87	88		91	92*	94*	95		98*
manchots (PYP, EUC)/otarie	78	79				84					91	92*	94			98
île Signy (SIO)																
manchots (PYP, PYD, PYN)			80	81		84				90			94			
îles Seal (SES)																
manchot (PYN)/otarie											91		94			
baie de l'Amirauté (ADB)																
manchots (PYP, PYD, PYN)					82	83				90	91	(tendance positive depuis '91)				
île Anvers (AIP)																
manchot (PYD)†										90	91					96*

\* effet faible

† les données sont exposées à la figure 27

Tableau 10 : Matrices de corrélation du succès de la reproduction des prédateurs marins basés à terre, de 1981/82 à 1997/98, tant avec que sans imputation des valeurs manquantes.

Matrice de corrélation du % de réussite de reproduction de 1981/82 et de 1985/86 à 1997/98 (pour Signy jusqu'à 1996/97) – sans imputation										
	ADBPYDb	ADBPYNb	ADBPYPb	BIGDIMb	BIGEUCb	BIGPYPb	BIGSEAb	SIOPYDb	SIOPYNb	SIOPYPb
ADBPYDb	1.00									
ADBPYNb	0.08	1.00								
ADBPYPb	0.54	-0.04	1.00							
BIGDIMb	0.11	-0.35	0.17	1.00						
BIGEUCb	-0.44	-0.11	-0.15	0.13	1.00					
BIGPYPb	-0.08	0.25	0.22	0.33	-0.21	1.00				
BIGSEAb	-0.16	-0.02	0.16	0.37	-0.19	0.71	1.00			
SIOPYDb	-0.12	0.05	0.47	-0.05	-0.03	0.45	0.31	1.00		
SIOPYNb	0.03	-0.19	-0.05	0.09	-0.24	0.40	0.37	-0.08	1.00	
SIOPYPb	-0.38	-0.25	-0.21	0.11	0.20	0.07	0.40	-0.15	0.67	1.00

Matrice de corrélation du % de succès de la reproduction de 1981/82 à 1997/98 (pour Signy jusqu'à 1996/97) – imputation au moyen de la moyenne à long terme										
	ADBPYDb	ADBPYNb	ADBPYPb	BIGDIMb	BIGEUCb	BIGPYPb	BIGSEAb	SIOPYDb	SIOPYNb	SIOPYPb
ADBPYDb	1.00									
ADBPYNb	0.18	1.00								
ADBPYPb	0.55	0.04	1.00							
BIGDIMb	0.04	-0.41	0.12	1.00						
BIGEUCb	-0.28	-0.06	-0.09	0.25	1.00					
BIGPYPb	-0.11	0.16	0.20	0.36	-0.05	1.00				
BIGSEAb	-0.14	0.00	0.16	0.39	0.14	0.70	1.00			
SIOPYDb	-0.03	0.26	0.45	-0.08	0.18	0.39	0.37	1.00		
SIOPYNb	0.04	-0.07	-0.04	0.15	0.24	0.41	0.48	0.11	1.00	
SIOPYPb	-0.35	-0.15	-0.20	0.14	0.31	0.10	0.45	-0.03	0.69	1.00

Tableau 11 : Matrices des coefficients de corrélation et des probabilités associées pour l'indice d'hiver combiné des prédateurs marins basés à terre, de toutes les espèces et sur tous les sites, de 1976 à 1998. Les codes des sites et espèces sont ceux du tableau 2. Les valeurs significatives lorsque  $P < 0.05$  sont surlignées et en blanc; celles qui sont significatives lorsque  $0.05 > P < 0.10$  ne sont que surlignées.

Coefficients de corrélation											
	ADBPYD	ADBPYN	ADBPYP	AIPPYD	BIGDIM	BIGEUC	BIGPYP	BIGSEA	SIOPYD	SIOPYN	SIOPYP
ADBPYD	1.000										
ADBPYN	0.268	1.000									
ADBPYP	0.217	0.625	1.000								
AIPPYD	-0.085	0.129	0.749	1.000							
BIGDIM	0.359	0.283	0.154	-0.891	1.000						
BIGEUC	0.315	0.554	0.116	0.885	0.634	1.000					
BIGPYP	0.116	0.286	-0.35	0.028	0.326	0.3	1.000				
BIGSEA	0.278	0.595	0.219	-0.135	0.396	0.423	0.419	1.000			
SIOPYD	0.319	-0.188	-0.05	-0.11	0.078	0.051	0.54	0.69	1.000		
SIOPYN	0.235	0.274	0.127	0.808	0.246	0.687	0.489	0.486	0.263	1.000	
SIOPYP	-0.217	-0.652	-0.227	-0.952	-0.372	-0.629	0.18	0.256	0.406	-0.359	1.000

Probabilités de corrélation										
	ADPYD	ADBPYN	ADBPYP	AIPPYD	BIGDIM	BIGEUC	BIGPYP	BIGSEA	SIOPYD	SIOPYN
ADBPYN	0.426									
ADBPYP	0.359	0.04								
AIPPYD	0.873	0.808	0.087							
BIGDIM	0.11	0.4	0.517	0.017						
BIGEUC	0.164	0.077	0.628	0.019	0.002					
BIGPYP	0.627	0.424	0.142	0.958	0.149	0.187				
BIGSEA	0.265	0.07	0.399	0.798	0.104	0.081	0.095			
SIOPYD	0.184	0.603	0.843	0.836	0.75	0.836	0.021	0.002		
SIOPYN	0.332	0.444	0.617	0.052	0.31	0.001	0.039	0.048	0.276	
SIOPYP	0.373	0.041	0.366	0.003	0.117	0.004	0.474	0.321	0.084	0.131

Tableau 12 : Années de faible performance des prédateurs, selon l'indice d'hiver pour toutes les espèces sur un site, pour des prédateurs marins basés à terre dans la zone 48 (les données sont exposées à la figure 34). Les codes des sites et espèces sont ceux du tableau 2.

	Début										
Géorgie du Sud (BIG)											
DIM	75			80				91			97
Manchots (PYP, EUC)/Otarie	76	78		80*	84		90		94		97
île Signy (SIO)											
Manchots (PYP, PYN)	77			80	84*		90		94		
Manchot (PYD)	77	78					90		94		
baie de l'Amirauté (ADB)											
Manchots (PYP, PYN)	77			80		85	90		94		97
Manchot (PYD)	77		79		82			91	94	96	

\* Effet faible

Tableau 13 : Matrices de corrélation des changements de la taille, d'une année à l'autre, des populations de prédateurs marins basés à terre de 1986 à 1998 (sans valeurs imputées) et de 1980 à 1998 (avec valeurs imputées) (cf. paragraphe 7.39). Les codes des sites et espèces sont ceux du tableau 2.

Matrice de corrélation de population  $\Delta$  comme % de 1986–1998 (pour Signy, jusqu'en 1997) - sans imputation

	ADBPYDdp	ADBPYNdp	ADBPYPdp	BIGDIMdp	BIGEUCdp	BIGPYPdp	BIGSEAdp	SIOPYDdp	SIOPYNdp	SIOPYPdp
ADBPYDdp	1.00									
ADBPYNdp	0.36	1.00								
ADBPYPdp	-0.10	0.25	1.00							
BIGDIMdp	0.34	0.00	0.36	1.00						
BIGEUCdp	0.37	0.61	0.06	-0.10	1.00					
BIGPYPdp	0.41	0.67	-0.08	-0.13	0.86	1.00				
BIGSEAdp	0.34	0.46	0.08	0.06	0.42	0.53	1.00			
SIOPYDdp	0.52	0.41	0.16	0.00	0.68	0.69	0.70	1.00		
SIOPYNdp	0.29	0.43	0.24	0.04	0.83	0.81	0.71	0.75	1.00	
SIOPYPdp	0.29	0.57	0.13	0.11	0.19	0.41	0.60	0.42	0.35	1.00

Matrice de corrélation de population  $\Delta$  comme % des années 1980-1998 (pour les otaries des îles Signy et Bird, jusqu'en 1997) – imputation de la taille de la population par interpolation linéaire

	ADBPYDdp	ADBPYNdp	ADBPYPdp	BIGDIMdp	BIGEUCdp	BIGPYPdp	BIGSEAdp	SIOPYDdp	SIOPYNdp	SIOPYPdp
ADBPYDdp	1.00									
ADBPYNdp	0.39	1.00								
ADBPYPdp	-0.06	0.49	1.00							
BIGDIMdp	0.30	0.02	0.00	1.00						
BIGEUCdp	0.36	0.37	0.09	0.23	1.00					
BIGPYPdp	0.01	-0.08	0.06	-0.29	0.34	1.00				
BIGSEAdp	0.24	0.35	0.04	0.14	0.43	0.24	1.00			
SIOPYDdp	0.35	0.30	0.19	-0.02	0.51	0.61	0.62	1.00		
SIOPYNdp	0.25	0.44	0.28	0.19	0.68	0.53	0.64	0.72	1.00	
SIOPYPdp	0.36	0.54	-0.02	0.08	0.14	-0.08	0.45	0.22	0.14	1.00

Tableau 14 : La série d'analyses par régression réalisées sur des données récapitulatives de la zone 48. Les codes sont mentionnées au tableau 15.

MODÈLE DE RÉGRESSION			r <sup>2</sup>	P
Variable dépendante	Variable indépendante			
I. Effets de la densité acoustique du krill, de la SST de la mer du Scotia et du SOI				
Prédateurs, sous-zone 48.3 (été)				
1.	BIG3ps	acd483	0.324	0.086
2.	BIG3ps	acd483 ssssts	0.630	0.083
3.	BIG3ps	acd483 ssssts sois soiw	0.970	0.060
4.	BIG3ps	acd483 ssssts sois	0.950	0.004
5.	BIG3ps	acd483 sssstw	0.644	0.075
Prédateurs, sous-zone 48.3 (hiver)				
6.	BIG3pw	acd483	0.002	0.971
7.	BIG3pw	acd483 ssssts	0.575	0.117
8.	BIG3pw	acd483 ssssts sois soiw	0.822	0.325
9.	BIG3pw	acd483 ssssts sois	0.707	0.103
10.	BIG3pw	acd483 sssstw	0.481	0.194
Prédateurs, sous-zone 48.1 (été)				
11.	ADB3ps	acd483	0.161	0.284
12.	ADB3ps	acd483 ssssts	0.025	0.938
13.	ADB3ps	acd483 ssssts sois soiw	0.216	0.953
14.	ADB3ps	acd483 ssssts sois	0.096	0.930
15.	ADB3ps	acd483 sssstw	0.024	0.940
Prédateurs, sous-zone 48.1 (hiver)				
16.	ADB3pw	acd483	0.115	0.338
17.	ADB3pw	acd483 ssssts	0.025	0.938
Prédateurs, sous-zone 48.3 (été)				
18.	BIG3ps	acd481	0.278	0.05
19.	BIG3ps	acd481 ssssts	0.362	0.132
20.	BIG3ps	acd481 ssssts sois soiw	0.540	0.306
21.	BIG3ps	acd481 ssssts sois	0.383	0.253
22.	BIG3ps	acd481 sssstw	0.364	0.130
Prédateurs, sous-zone 48.3 (hiver)				
23.	BIG3pw	acd481	0.002	0.871
24.	BIG3pw	acd481 ssssts	0.082	0.679
25.	BIG3pw	acd481 ssssts sois soiw	0.246	0.744
26.	BIG3pw	acd481 ssssts sois	0.086	0.875
27.	BIG3pw	acd481 sssstw	0.411	0.093
Prédateurs, sous-zone 48.3 (été)				
28.	ADB3ps	acd481 ssssts	0.118	0.613
29.	ADB3ps	acd481 ssssts sois soiw	0.176	0.887
30.	ADB3ps	acd481 ssssts sois	0.174	0.698
31.	ADB3ps	acd481 sssstw	0.255	0.030
Prédateurs, sous-zone 48.1 (hiver)				
32.	ADB3pw	acd481	0.002	0.890
33.	ADB3pw	acd481 ssssts	0.023	0.897
II. Effets des glaces de mer et du SOI				
Prédateurs				
34.	ADB3ps	sshetic	0.001	0.896
35.	ADB3pw	sshetic	0.078	0.247
36.	ADB3ps	icexadb	0.123	0.182



Tableau 14 (suite)

MODÈLE DE RÉGRESSION			r <sup>2</sup>	P	
Variable dépendante	Variable indépendante				
37.	ADB3ps	ice481	0.060	0.359	
38.	BIG3ps	sgice	0.319	0.089	
39.	BIG3ps	sgice soiw	0.885	0.004	
40.	BIG3ps	acd483 sgice soiw	0.976	0.035	Échantillon restreinte
41.	BIG3ps	sgice lagged-soiw	0.816	0.034	
Krill, sous-zone 48.3					
42.	acd483	sgice	0.675	0.012	
43.	acd483	sgice soiw	0.718	0.150	
44.	acd483	sois	0.589	0.016	
Température à 100 m, sous-zone 48.1					
45.	t100m	sssstw	0.093	0.424	
46.	t100m	eisstw sssstw soiw	0.681	0.169	Échantillon restreinte

Tableau 15 : Variables utilisées dans les analyses d'interactions (tableau 14 et figures 37–55).

Catégorie	Code	Description	Nombre d'années	Première année	Dernière année
prédateur	BIG3ps	CSI d'été (SEA, EUC, PYP)	22	77/78	97/98
prédateur	BIG3pw	CSI d'hiver (SEA, EUC, PYP)	22	77	97
prédateur	BIGEUCb	réussite de la reproduction	22	76/77	97/98
prédateur	BIGEUCdp	changement de la population en % par rapport à l'année précédente	21	77/78	97/98
prédateur	BIGPYPb	réussite de la reproduction	21	76/77	97/98
prédateur	BIGPYPdp	changement de la population en % par rapport à l'année précédente	21	77/78	97/98
prédateur	BIGSEAb	réussite de la reproduction	18	78/79	97/98
prédateur	BIGSEAdp	changement de la population en % par rapport à l'année précédente	19	79/80	97/98
prédateur	ADB2pw	CSI d'hiver (PYN, PYP)	21	77	97
prédateur	ADBPYDdw	CSI d'hiver	21	77	97
prédateur	ADB3ps	CSI d'été (PYD, PYN, PYP)	17	77/78	97/98
prédateur	ADBPYDdp	changement de la population en % par rapport à l'année précédente	20	78/79	97/98
prédateur	ADBPYNdp	changement de la population en % par rapport à l'année précédente	20	78/79	97/98
prédateur	ADBPYPdp	changement de la population en % par rapport à l'année précédente	20	78/79	97/98
prédateur	ADBPYDb	réussite de la reproduction	17	77/78	97/98
prédateur	ADBPYNb	réussite de la reproduction	17	77/78	97/98
prédateur	ADBPYPb	réussite de la reproduction	17	77/78	97/98
prédateur	SIO2pw	CSI d'hiver (PYN, PYP)	21	77	97
prédateur	SIOPYDw	CSI d'hiver	21	77	97
prédateur	SIOalls	CSI d'été (PYD, PYN, PYP)	19	78/79	96/97
prédateur	SIOPYNb	réussite de la reproduction	19	78/79	96/97
prédateur	SIOPYNdp	changement de la population en % par rapport à l'année précédente	18	79/80	96/97
prédateur	SIOPYDb	réussite de la reproduction	18	79/80	96/97

Tableau 15 (suite)

Catégorie	Code	Description	Nbre d'années	1 <sup>ère</sup> année	Dernière année
prédateur	SIOPYDdp	changement de la population en % par rapport à l'année précédente	18	79/80	96/97
prédateur	SIOPYPb	réussite de la reproduction	18	79/80	96/97
prédateur	SIOPYPdp	changement de la population en % par rapport à l'année précédente	18	79/80	96/97
poisson des glaces	SGifS	Indice de condition d'été du poisson des glaces de la Géorgie du Sud	14	75/76	96/97
poisson des glaces	SGifW	Indice de condition d'été du poisson des glaces de la Géorgie du Sud	8	77	97
krill	pr481	recrutement proportionnel (R1), sous-zone 48.1	17	79/80	96/97
krill	ar481	recrutement absolu (R1), sous-zone 48.1	16	79/80	96/97
krill	netdn481	densité du krill estimée au filet, sous-zone 48.1	16	80/81	97/98
krill	acden481	densité du krill estimée par acoustique, sous-zone 48.1	14	80/81	97/98
krill	acden483	densité du krill estimée par acoustique, sous-zone 48.3	10	80/81	97/98
krill	ar483	recrutement absolu (R1), sous-zone 48.3	7	88/89	96/97
krill	pr483	recrutement proportionnel (R1), sous-zone 48.3	7	88/89	96/97
physique	sois	indice d'oscillation du Sud – été	22	75/76	96/97
physique	soiw	indice d'oscillation du Sud – hiver	21	75	96
physique	ssssts	SST de la mer du Scotia (NCAR) – été	16	81/82	96/97
physique	sssstw	SST de la mer du Scotia (NCAR) – hiver	16	81	96
physique	IcexADB	pointe Stranger – proportion de l'année libre de glace (CEMP F2b)	19	79	97
physique	IcexAIP	île Anvers – proportion de l'année libre de glace (CEMP F2b)	19	79	97
physique	IcexSES	îles Seal – proportion de l'année libre de glace (CEMP F2b)	19	79	97
physique	IcexSIO	île Signy – proportion de l'année libre de glace (CEMP F2b)	18	79	96
physique	IcewADB	pointe Stranger – semaines avec la glace de mer dans un rayon de 100km (CEMP F2c)	19	79	97
physique	IcewAIP	île Anvers – semaines avec la glace de mer dans un rayon de 100km (CEMP F2c)	19	79	97
physique	IcewSES	îles Seal – semaines avec la glace de mer dans un rayon de 100km (CEMP F2c)	19	79	97
physique	IcewSIO	île Signy – semaines avec la glace de mer dans un rayon de 100km (CEMP F2c)	19	79	97
physique	Ice481	sous-zone 48.1 – couverture de glaces de mer en septembre (%) (CEMP F2a)	19	79	97
physique	Ice482	sous-zone 48.2 – couverture de glaces de mer en septembre (%) (CEMP F2a)	19	79	97
physique	Ice483	sous-zone 48.3 – couverture de glaces de mer en septembre (%) (CEMP F2a)	19	79	97
physique	SShetice	étendue des glaces de mer normalisée aux îles Shetland du Sud – annuelle	19	79	97
physique	ScSeaice	étendue des glaces de mer normalisée en mer du Scotia – annuelle	10	88	97
physique	SGice	étendue des glaces de mer normalisée en Géorgie du Sud – annuelle	10	88	97
physique	SOrkice	étendue des glaces de mer normalisée aux îles Orcades du Sud – annuelle	10	88	97

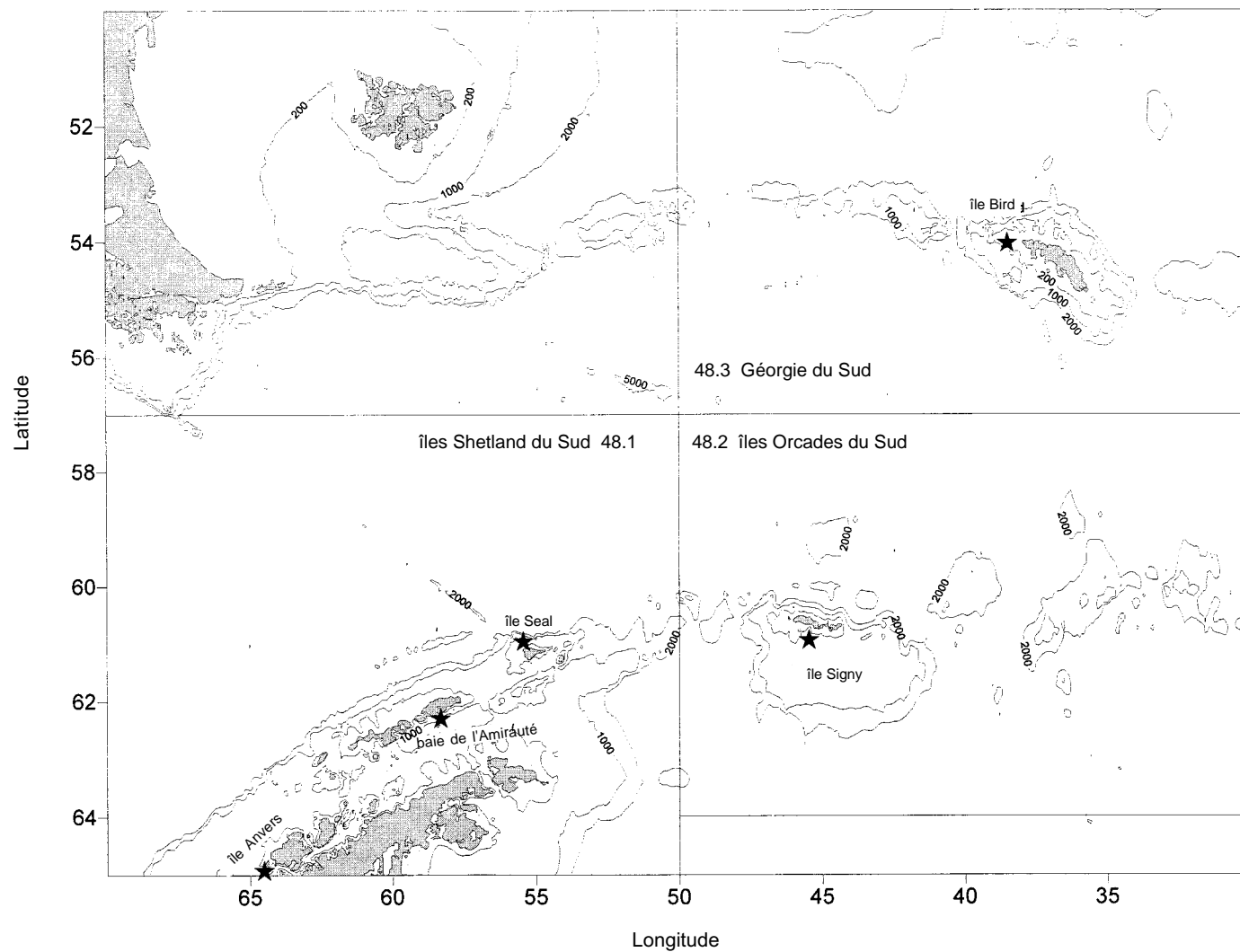


Figure 1 : Carte des trois zones statistiques (sous-zones 48.1, 48.2 et 48.3) examinées au cours de l'atelier. Les campagnes d'évaluation ont généralement été menées dans les eaux adjacentes à la Géorgie du Sud et aux îles Shetland du Sud, et la plupart des données des prédateurs ont été collectées à la baie de l'Amirauté, et aux îles Anvers, Bird, Seal et Signy.

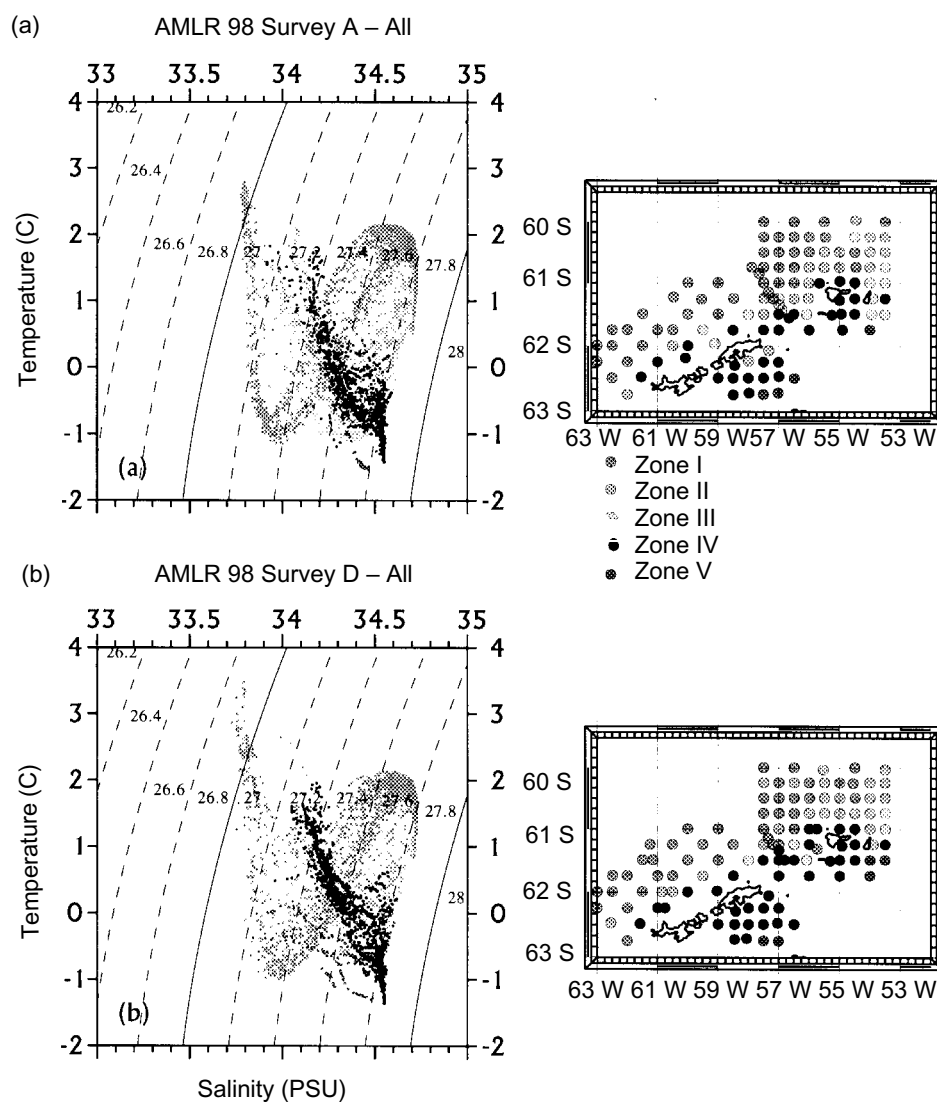


Figure 2 : Diagramme typique de température et de salinité des lancers de CTD de la campagne d'évaluation AMLR, et réseau de toutes les stations du secteur : (a) 1<sup>ère</sup> partie (janvier/février); (b) 2<sup>ème</sup> partie (février/mars). Sur les cartons, la position des stations est indiquée d'une teinte différente pour désigner les différentes caractéristiques de température et de salinité.

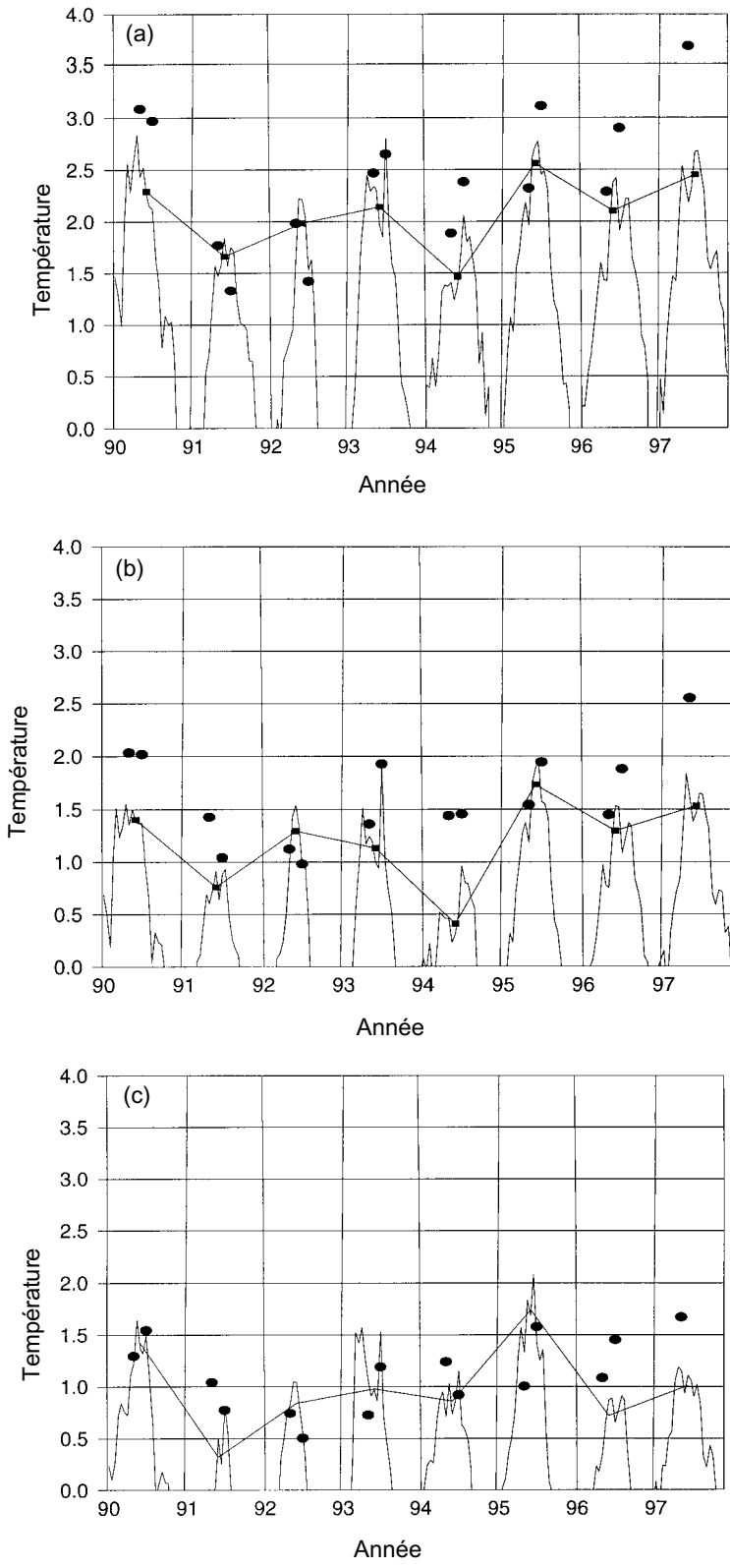


Figure 3 : Comparaison des températures (●) de surface (4 m) des CTD d'AMLR et des SST du NCAR. Les données hebdomadaires de SST du NCAR de décembre à avril (ligne hachurée) et les données mensuelles de SST du NCAR de février (segments droits) sont indiquées. Les valeurs moyennes des deux campagnes AMLR annuelles sont indiquées (une seule campagne en 1998). Les années sont désignées selon le système d'année australe de la CCAMLR. (a) île Éléphant EI1 (60°30', 56°30'W); (b) île Éléphant EI2 (61°30'S, 56°30'W); (c) île Éléphant EI3 (61°30'S, 54°30'W).

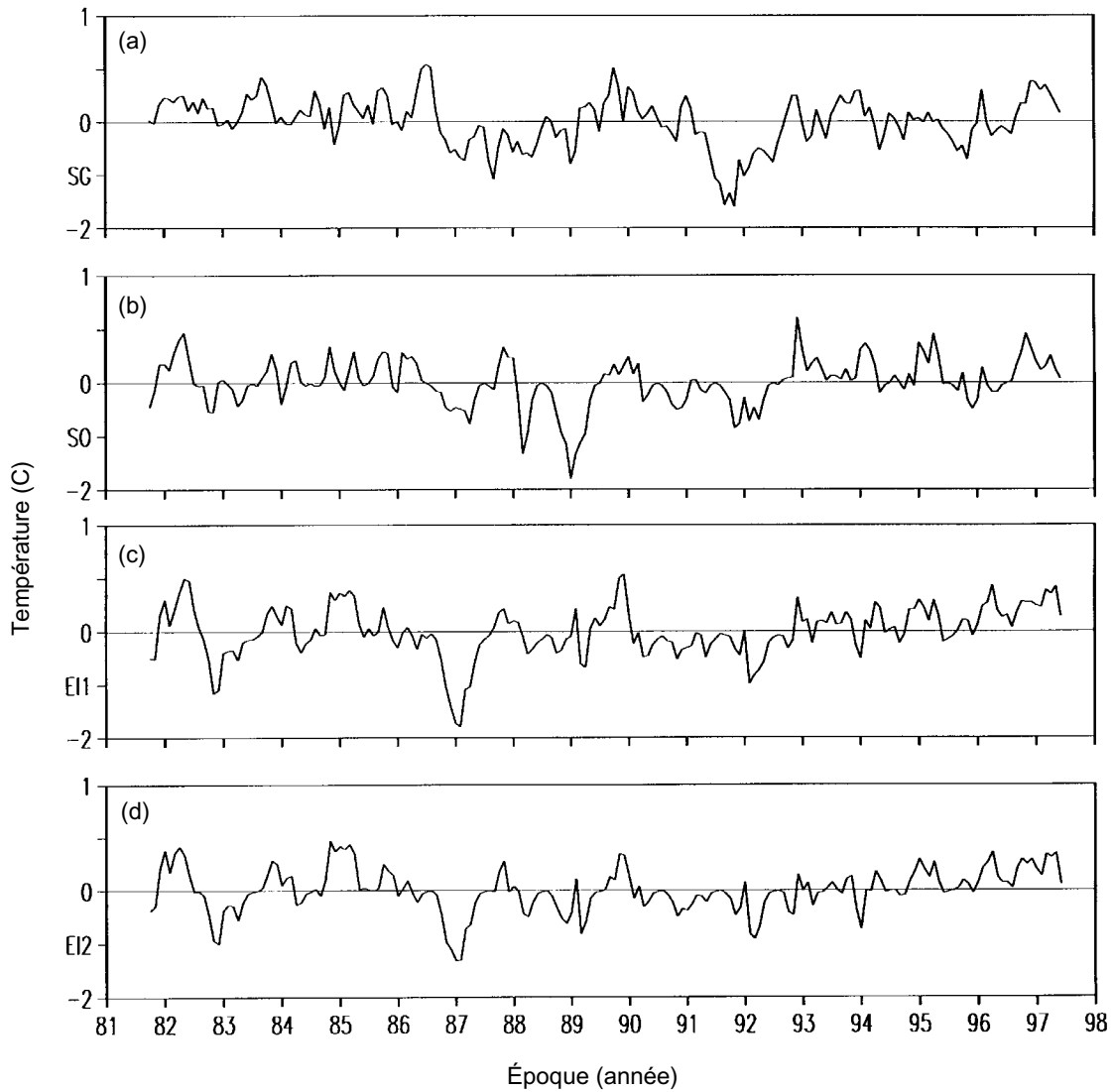


Figure 4 : Graphes de certaines séries chronologiques mensuelles de SST du NCAR: (a) Géorgie du Sud ( $54^{\circ}30'S$ ,  $34^{\circ}30'W$ ); (b) Orcades du Sud ( $60^{\circ}30'S$ ,  $47^{\circ}30'W$ ); (c) île Éléphant EI1 ( $60^{\circ}30'S$ ,  $56^{\circ}30'W$ ); (d) île Éléphant EI2 ( $61^{\circ}30'S$ ,  $56^{\circ}30'W$ ).

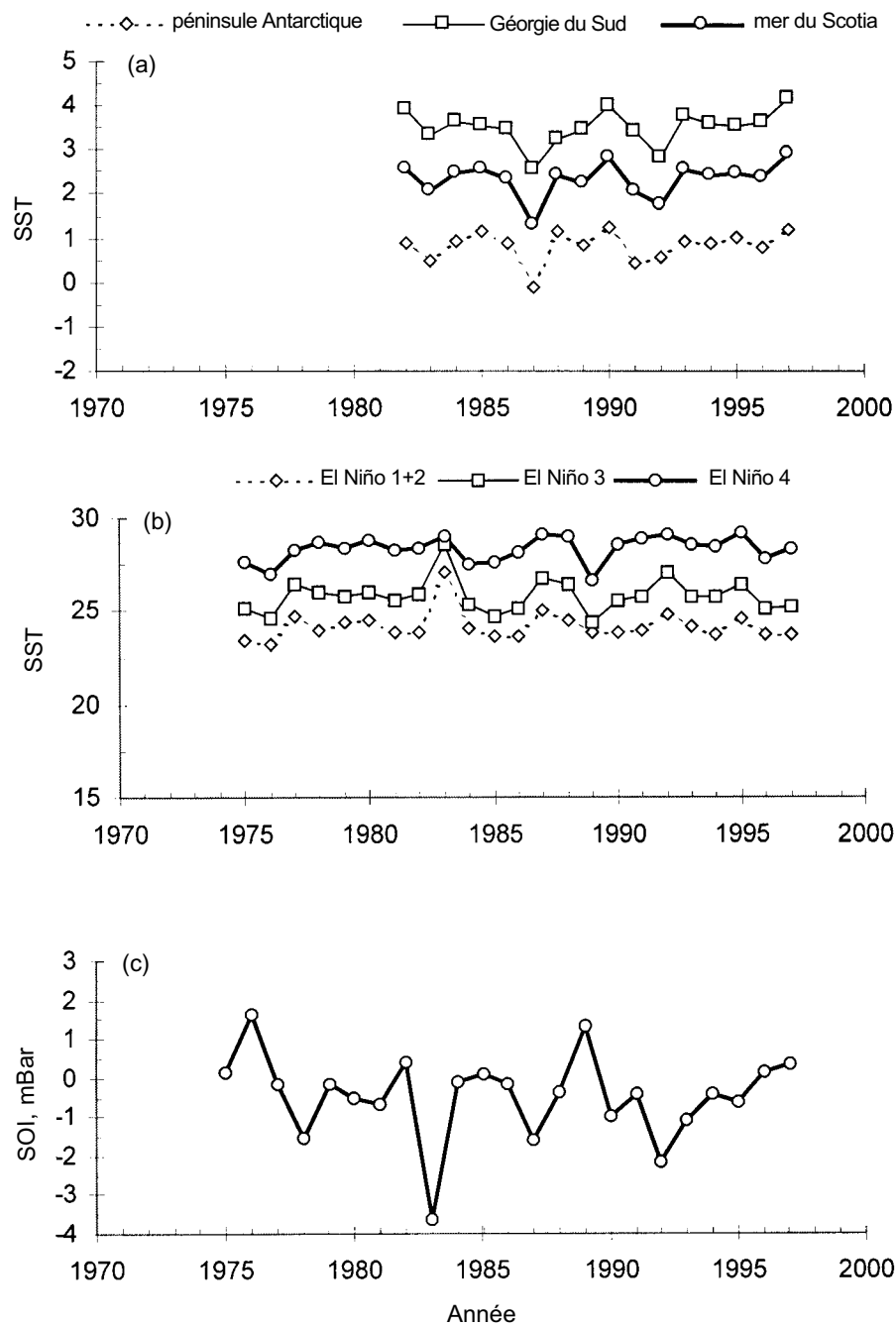


Figure 5 : Courbe annuelle des indices d'été : (a) SST du NCAR à la péninsule antarctique, en Géorgie du Sud et dans la mer du Scotia; (b) température de la mer en surface pour El Niño 1+2, El Niño 3 et El Niño 4; (c) SOI.

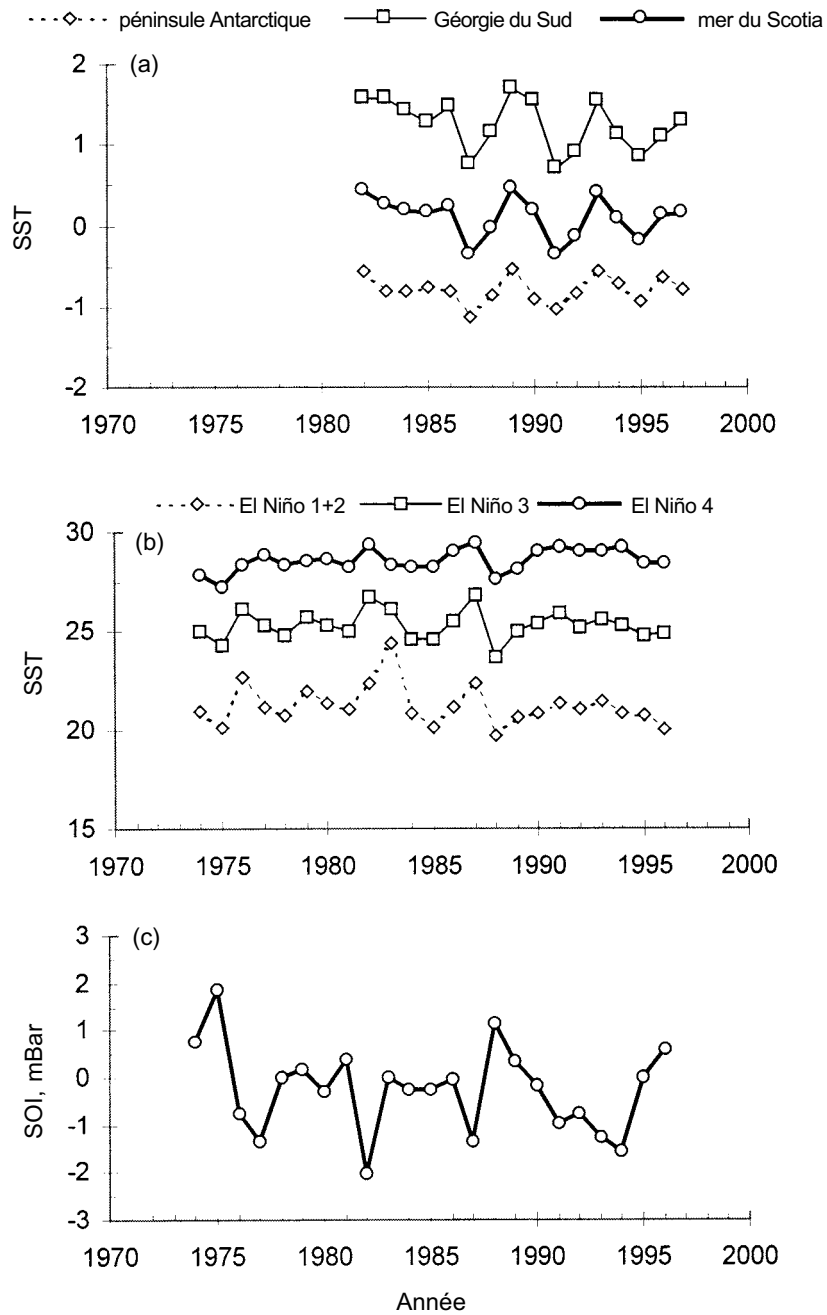


Figure 6 : Courbe annuelle des indices d'hiver : (a) SST du NCAR à la péninsule antarctique, en Géorgie du Sud et dans la mer du Scotia; (b) température de la mer en surface pour El Niño 1+2, El Niño 3 et El Niño 4; (c) SOI.



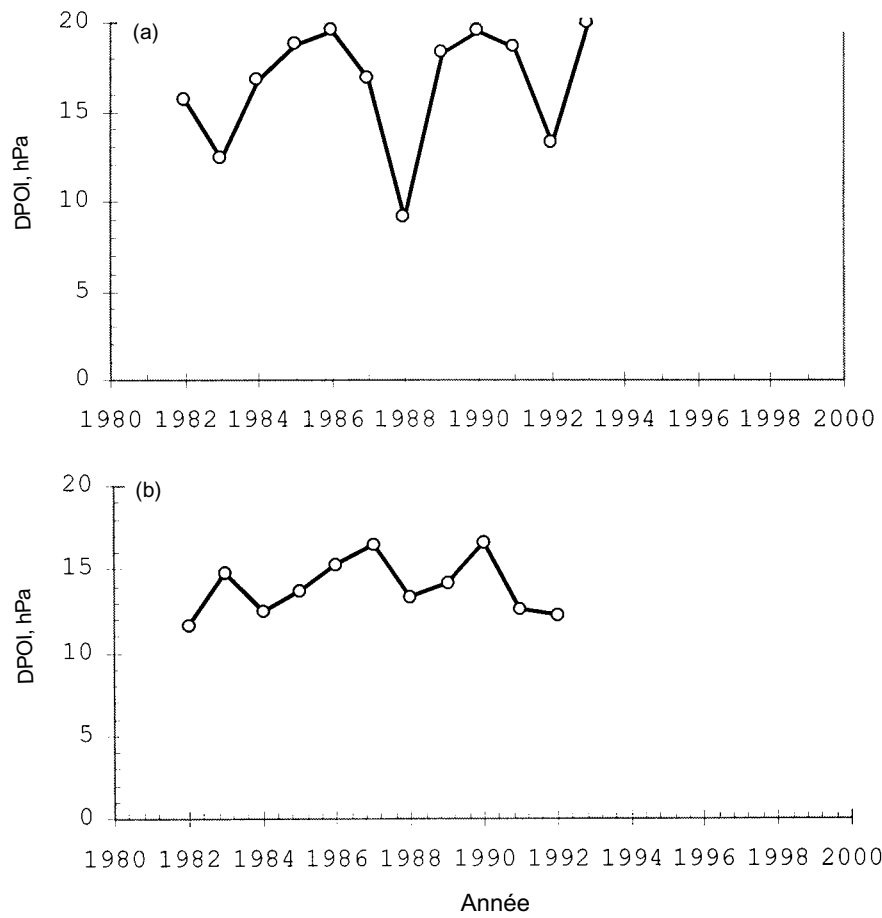


Figure 7 : Courbes des indices annuels de DPOI: (a) hiver; (b) été.

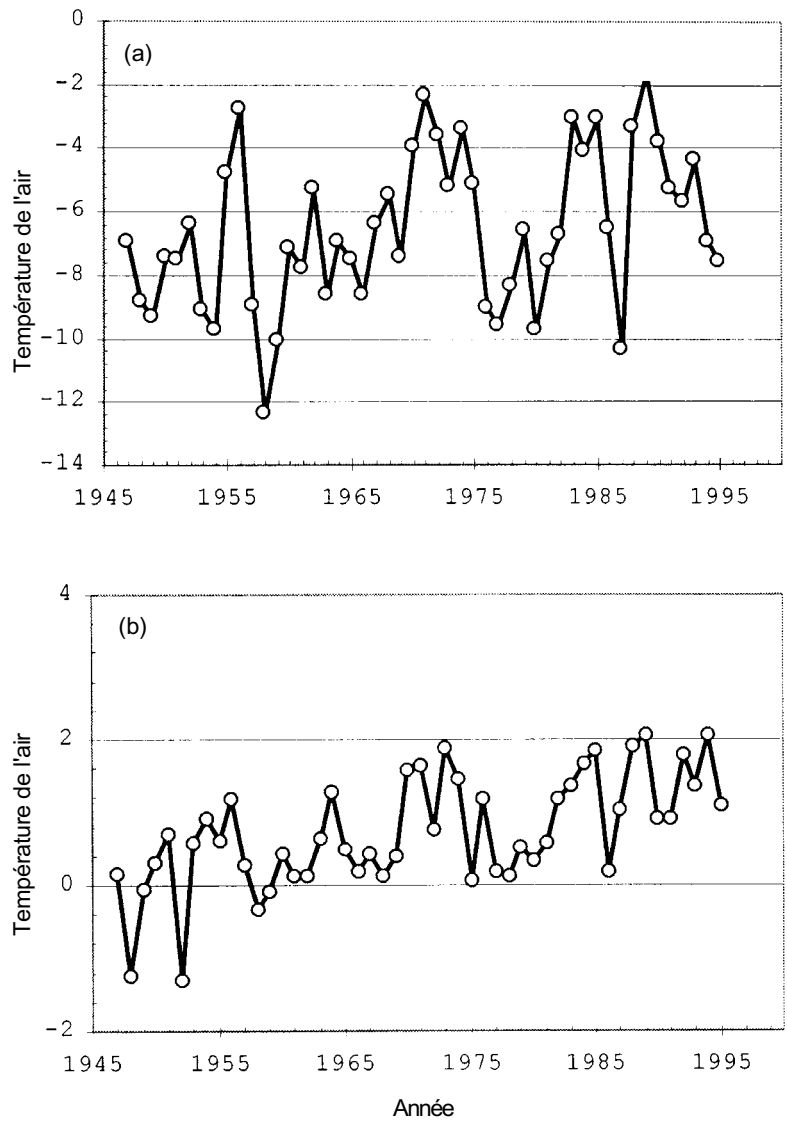


Figure 8 : Courbe des indices annuels des températures de l'air de la station Palmer : a) hiver (juin à octobre); b) été (novembre à mars).

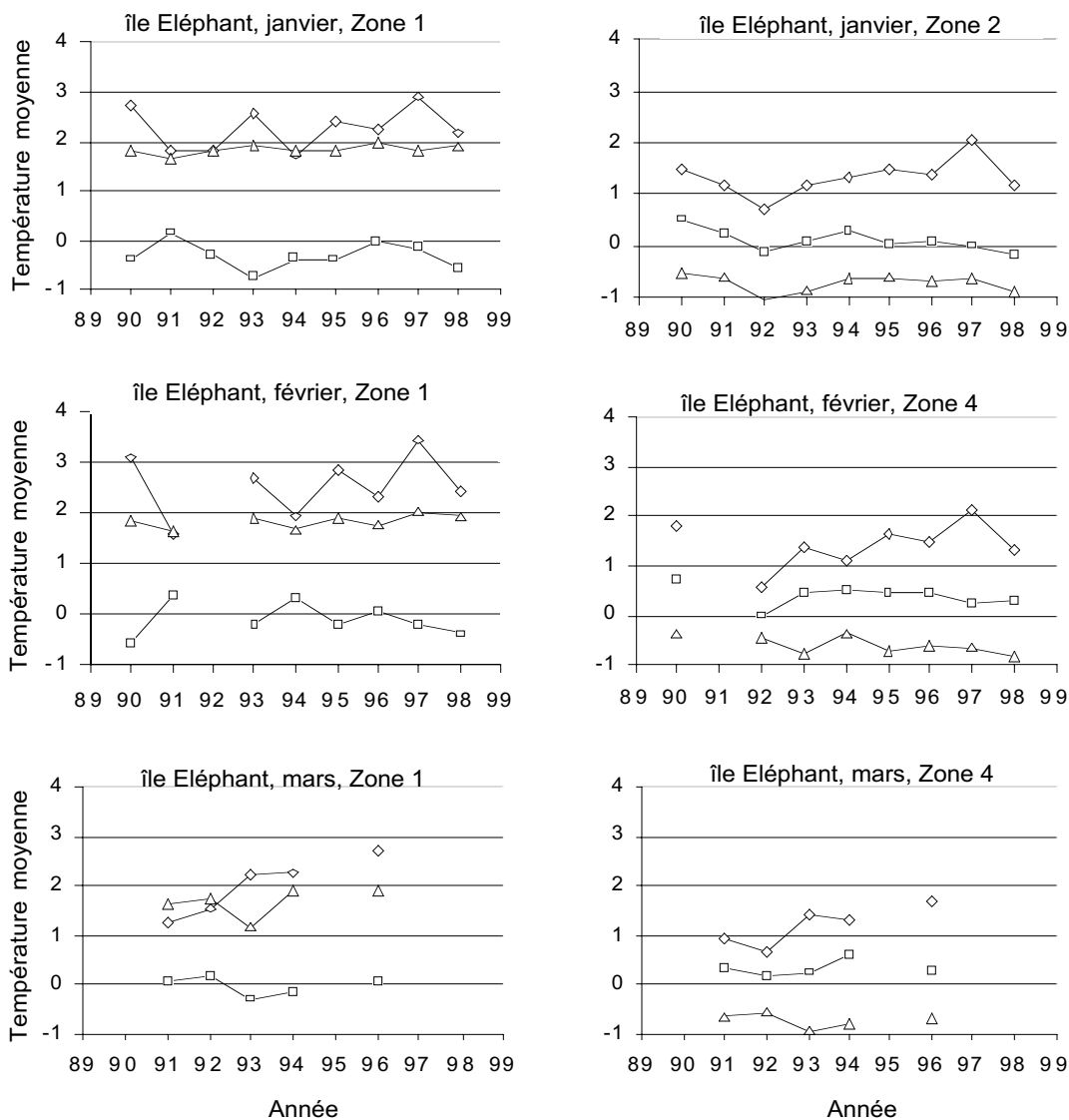


Figure 9 : Température de la mer à 4 m (◇), 100 m (□) et 500 m (Δ) dans la région de l'île Éléphant de 1990 à 1998. Des zones de caractéristiques similaires de température et de salinité (cf. figure 2) sont comparées pour janvier, février et mars. Données de stations de CTD d'AMLR dans les zones 1 (passage Drake) et 4 (détroit de Bransfield).

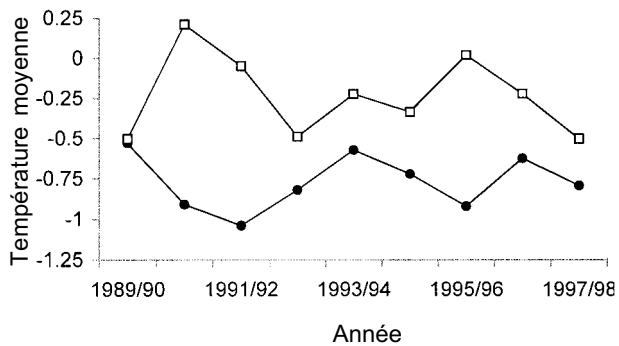


Figure 10 : Température à 100 m (□) en hiver dans les eaux du passage Drake à partir des données de CTD d'AMLR comparée à la SST d'hiver du NCAR (●) dans la région de la péninsule antarctique.

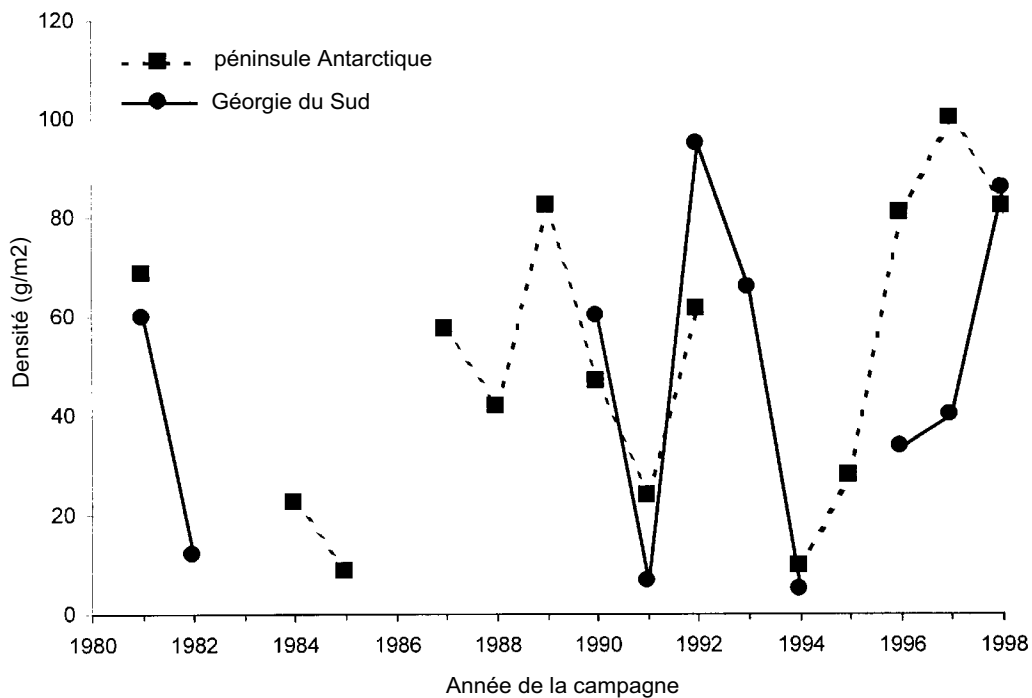


Figure 11 : Changements interannuels des estimations par acoustique de la densité de krill dans les sous-zones 48.1 et 48.3.

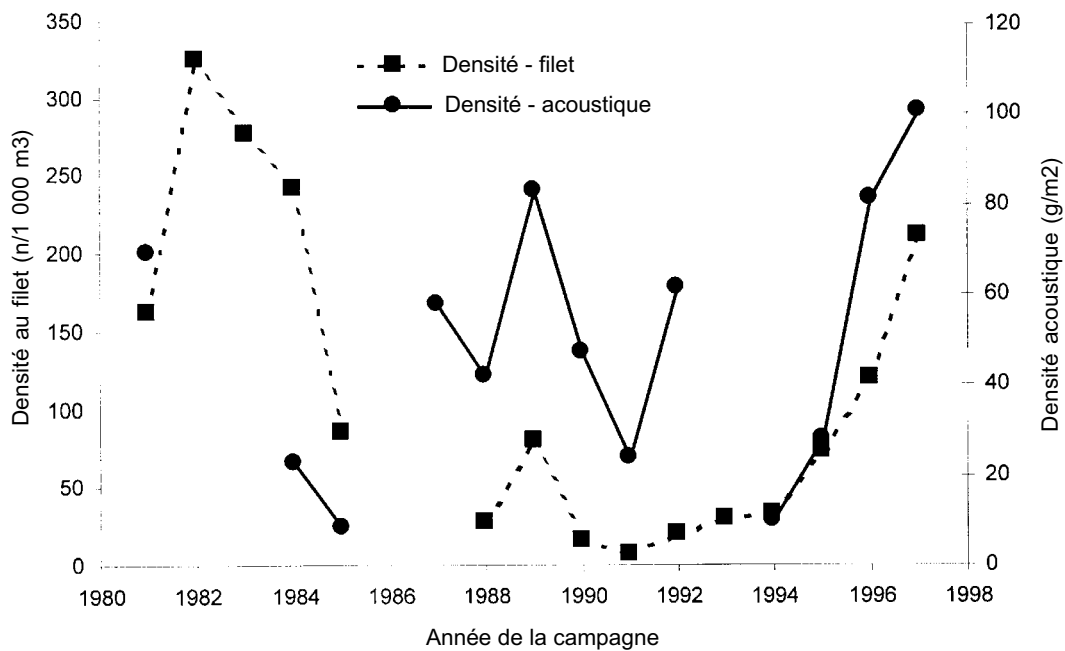


Figure 12 : Changements interannuels des estimations par chalutages et acoustiques de la densité de krill dans la sous-zone 48.1.

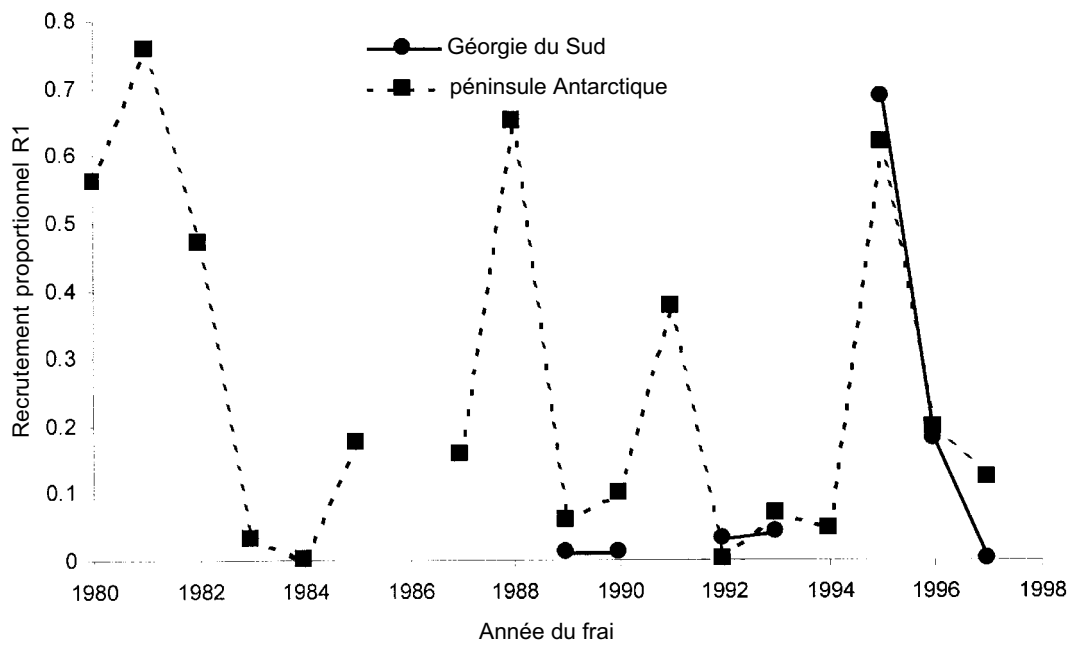


Figure 13 : Changements interannuels de l'indice de recrutement proportionnel de krill (R1) dans les sous-zones 48.1 et 48.3.

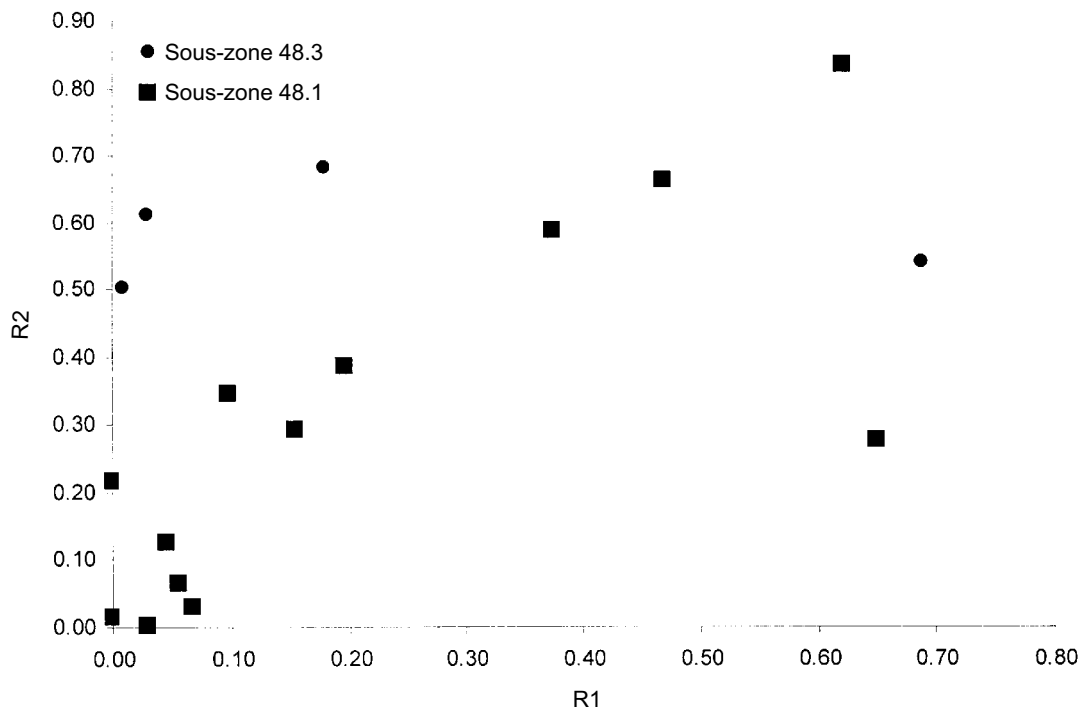


Figure 14 : Comparaison des indices de recrutement proportionnel de krill R1 et R2.

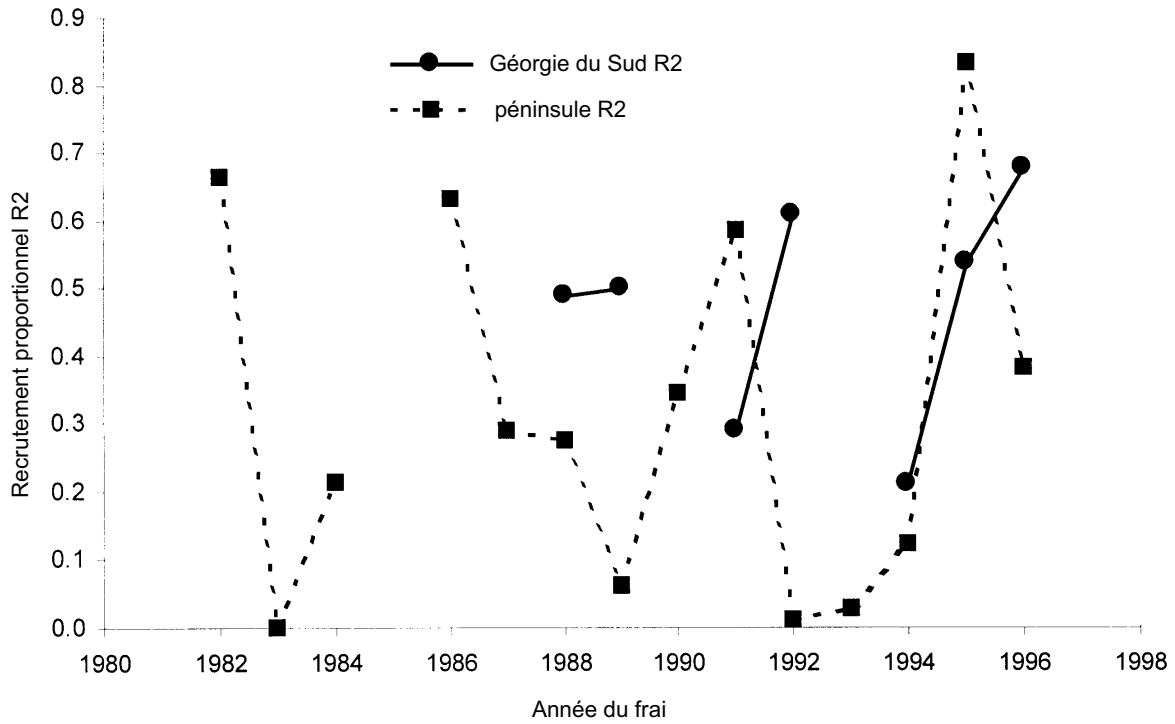


Figure 15 : Changements interannuels de l'indice de recrutement proportionnel de krill (R2) dans les sous-zones 48.1 et 48.3.

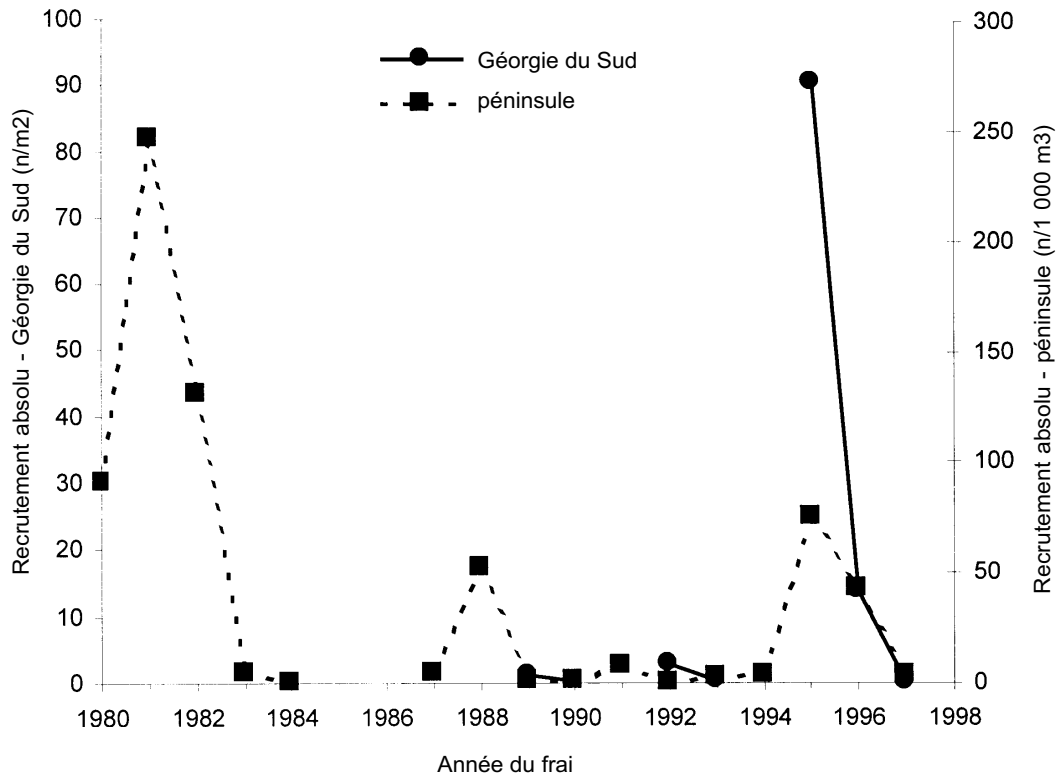


Figure 16 : Changements interannuels de recrutement absolu du krill de 1+ dans les sous-zones 48.1 et 48.3.

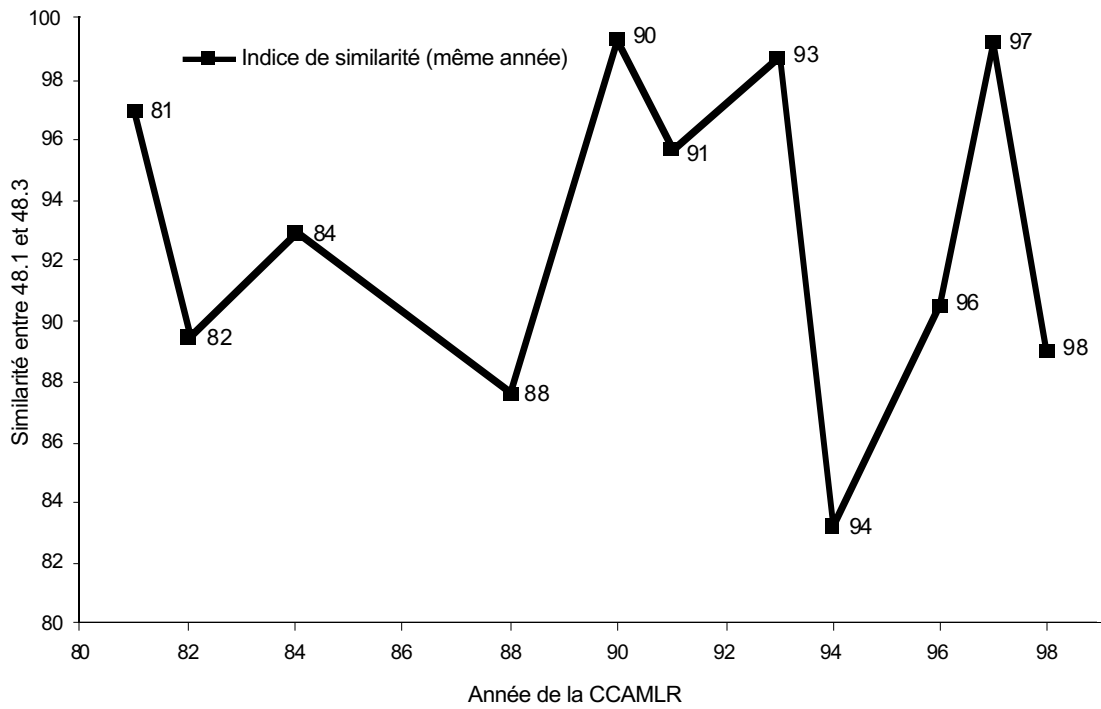


Figure 17 : Changements interannuels de l'indice de similarité des fréquences de longueurs de krill dérivé de l'analyse en grappes des données de fréquences de longueurs par trait dans la zone 48.

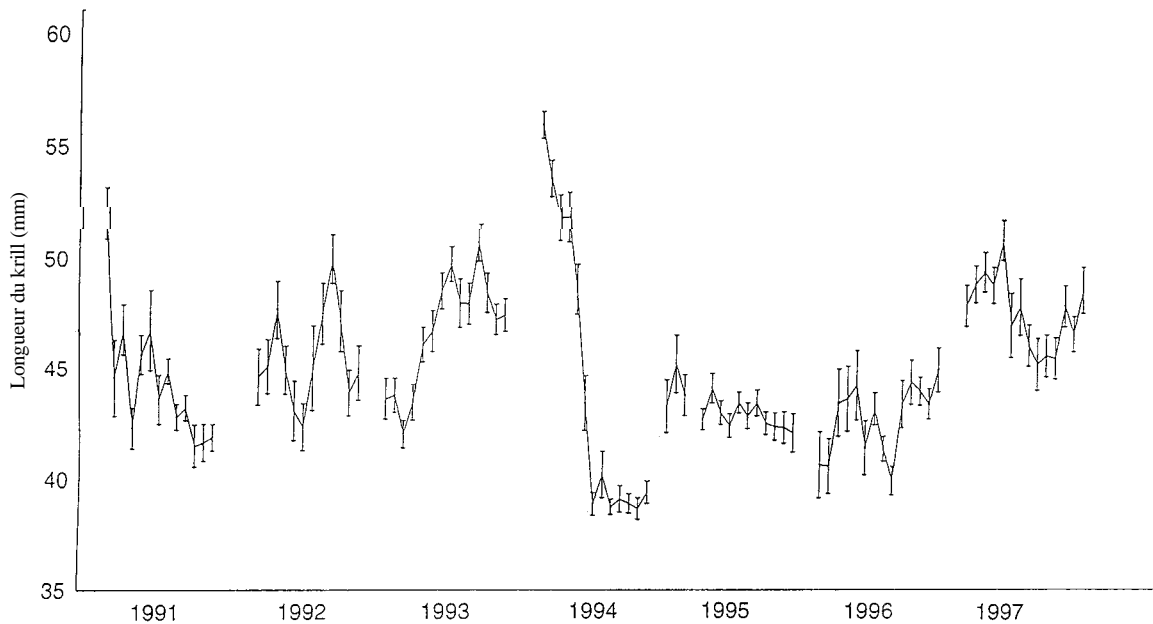


Figure 18 : Variation hebdomadaire de la longueur moyenne du krill dans le régime alimentaire des otaries de Kerguelen pendant les saisons de reproduction de 1991 à 1997 (barres d'erreur indiquées à  $\pm 1$  erreur standard). Figure extraite de WS-Area48-98/15.

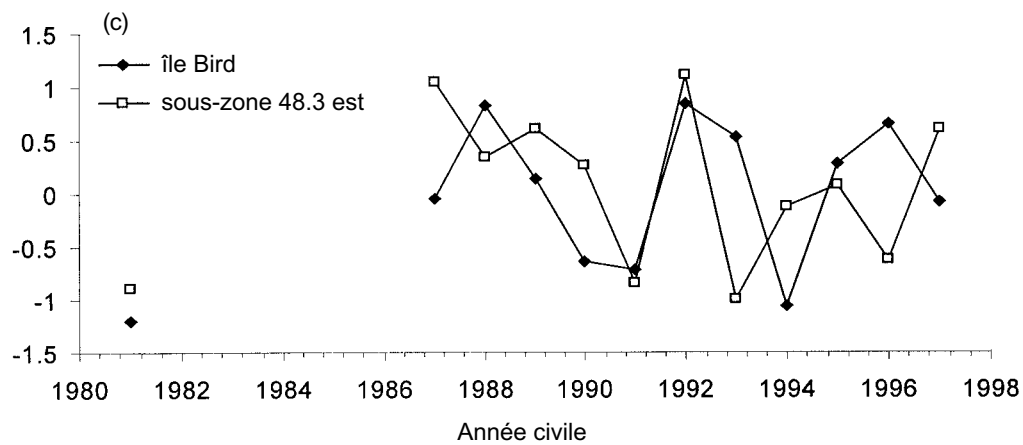
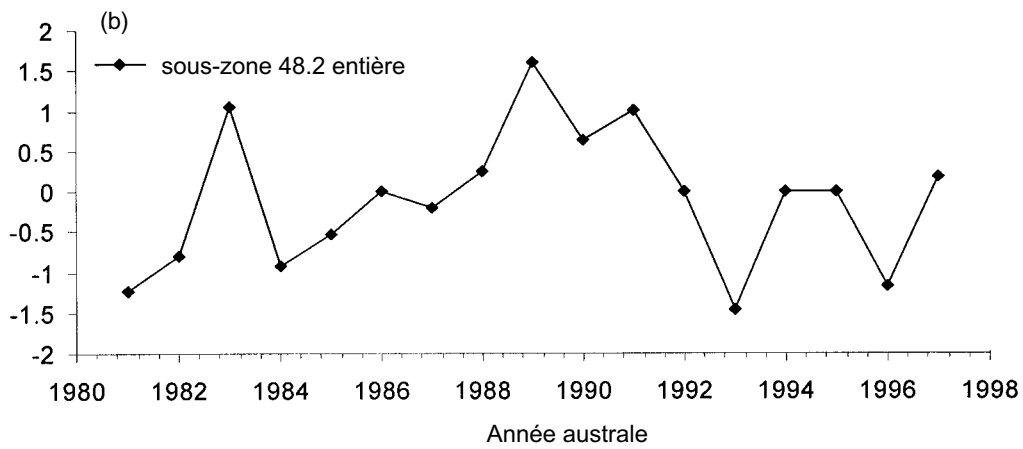
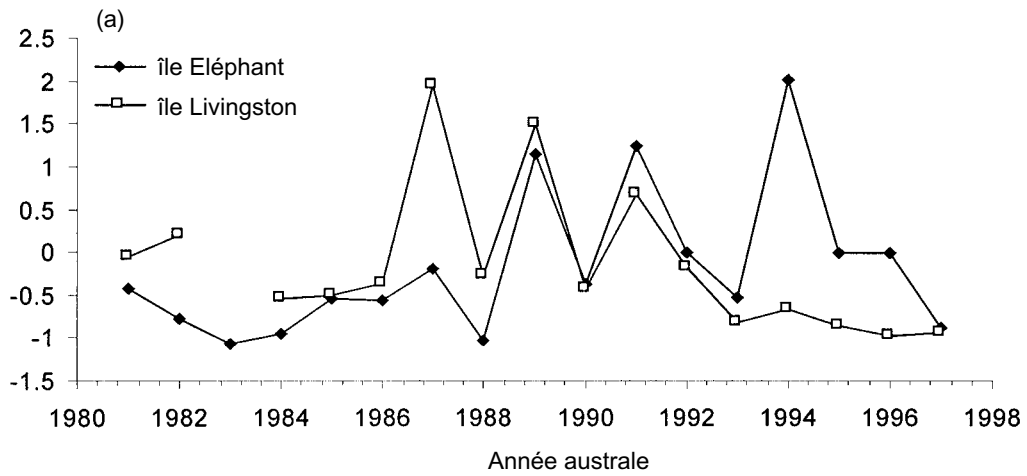


Figure 19 : Indices de la CPUE d'été pour la pêche de krill (a) de la sous-zone 48.1 et (b) de la sous-zone 48.2, et (c) CPUE d'hiver de la sous-zone 48.3.



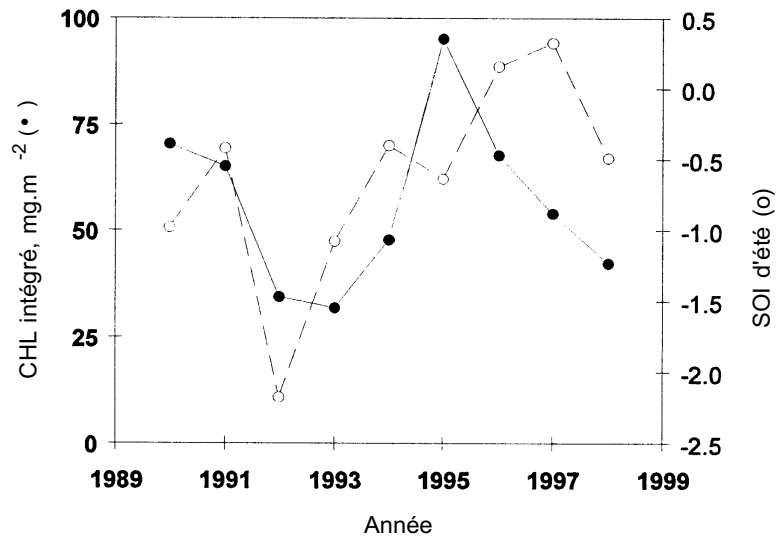


Figure 20 : Concentrations intégrées moyennes de chlorophylle ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) de la grille d'échantillonnage de US AMLR (•) et SOI d'été (o) à partir de 1990.

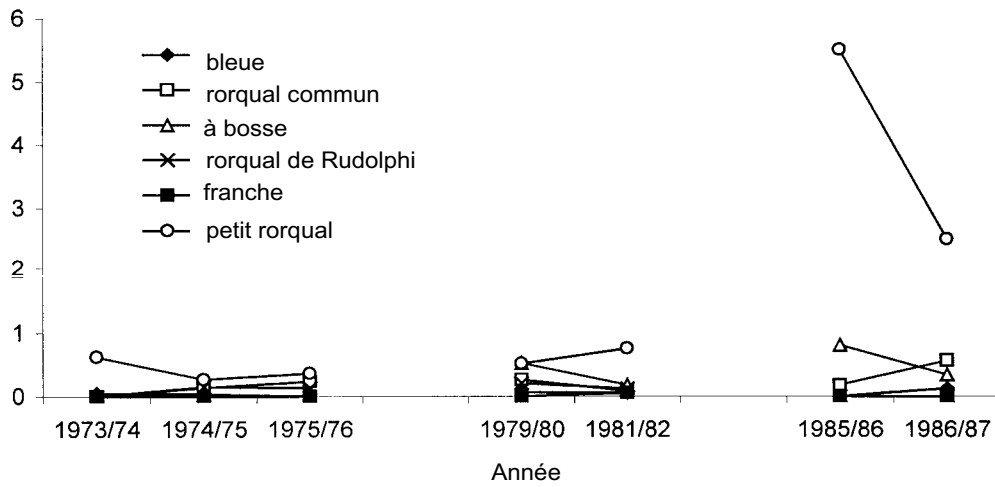


Figure 21 : Indices d'abondance de cétacés dans la sous-zone 48.1 selon les navires japonais.

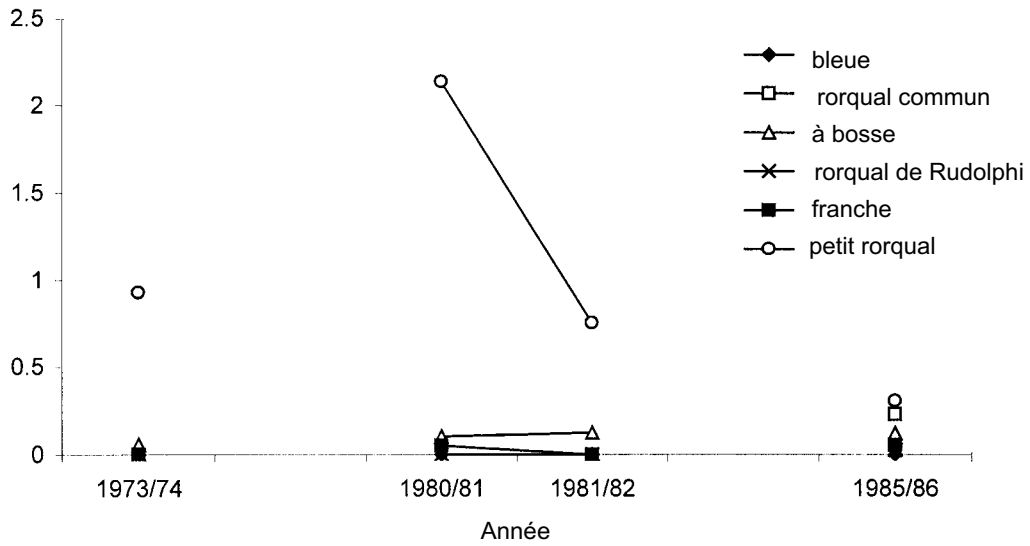


Figure 22 : Indices d'abondance de cétacés dans la sous-zone 48.2 selon les navires japonais.

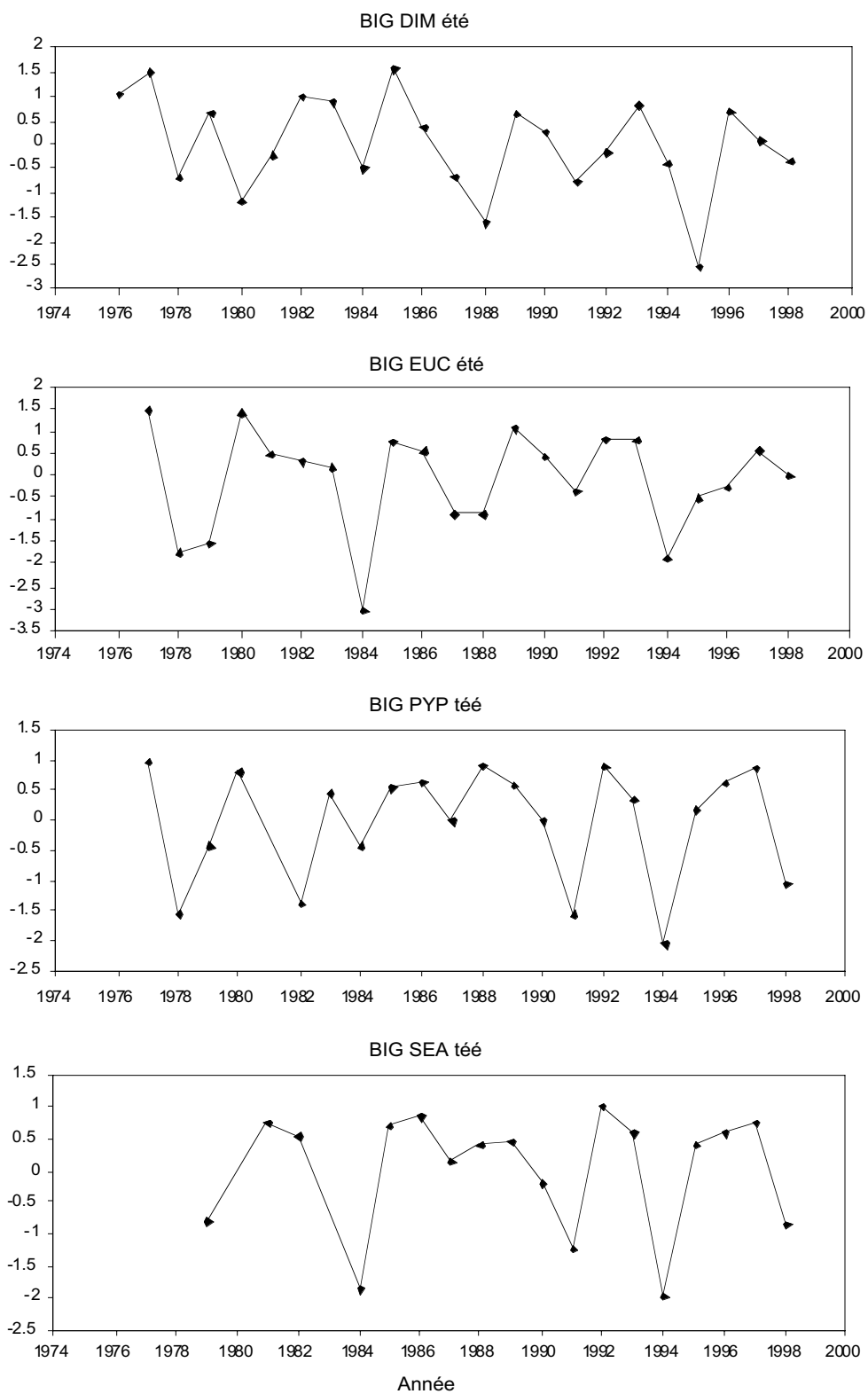


Figure 23a : CSI pour les albatros à sourcils noirs (DIM), les gorfous macaroni (EUC), les manchots papous (PYP) et les otaries de Kerguelen (SEA) de l'île Bird, en Géorgie du Sud (BIG), en été.

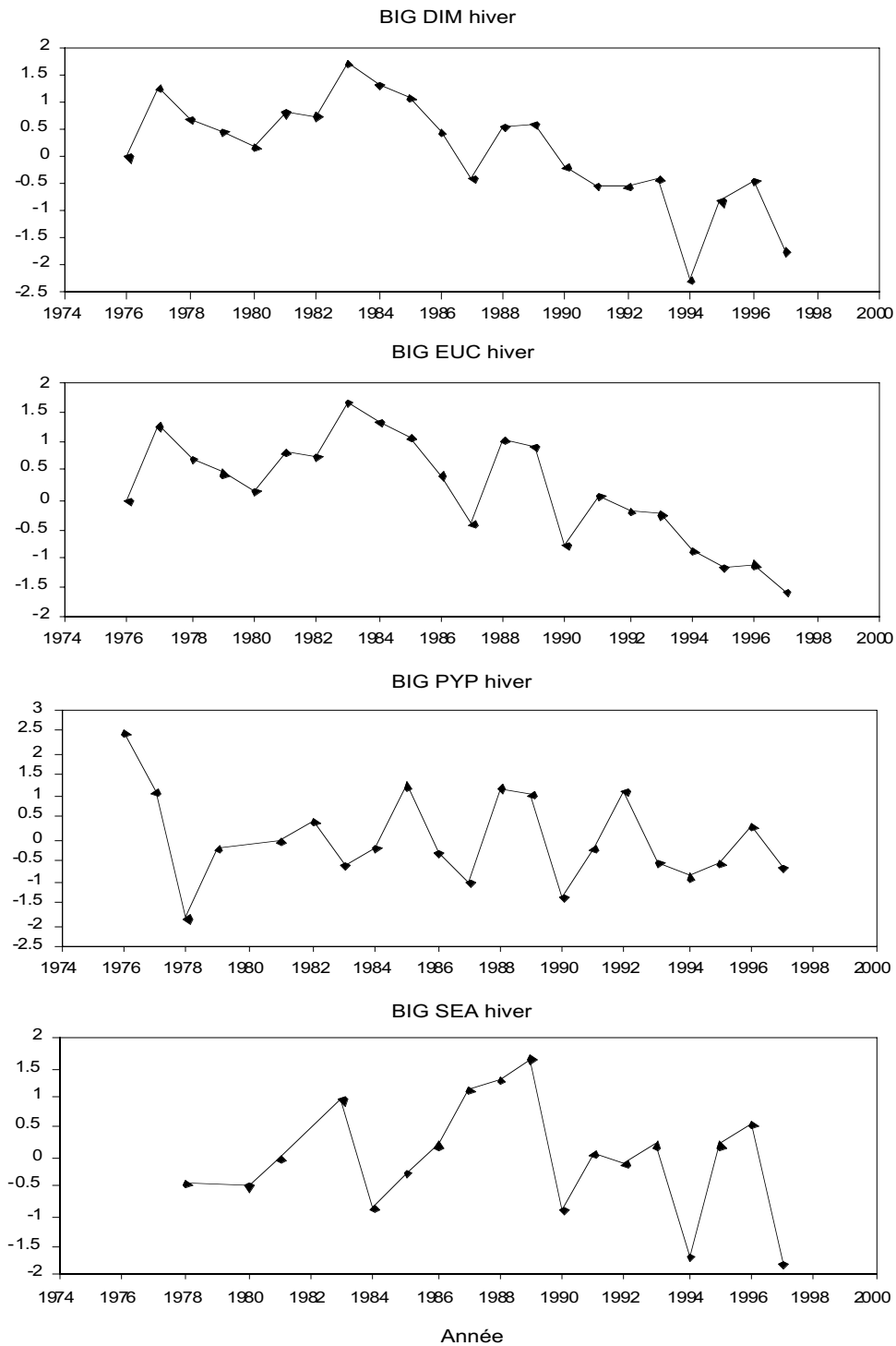


Figure 23b : CSI pour les albatros à sourcils noirs (DIM) les gorfous macaroni (EUC), les manchots papous (PYP) et les otaries de Kerguelen (SEA) de l'île Bird, en Géorgie du Sud (BIG), en hiver.

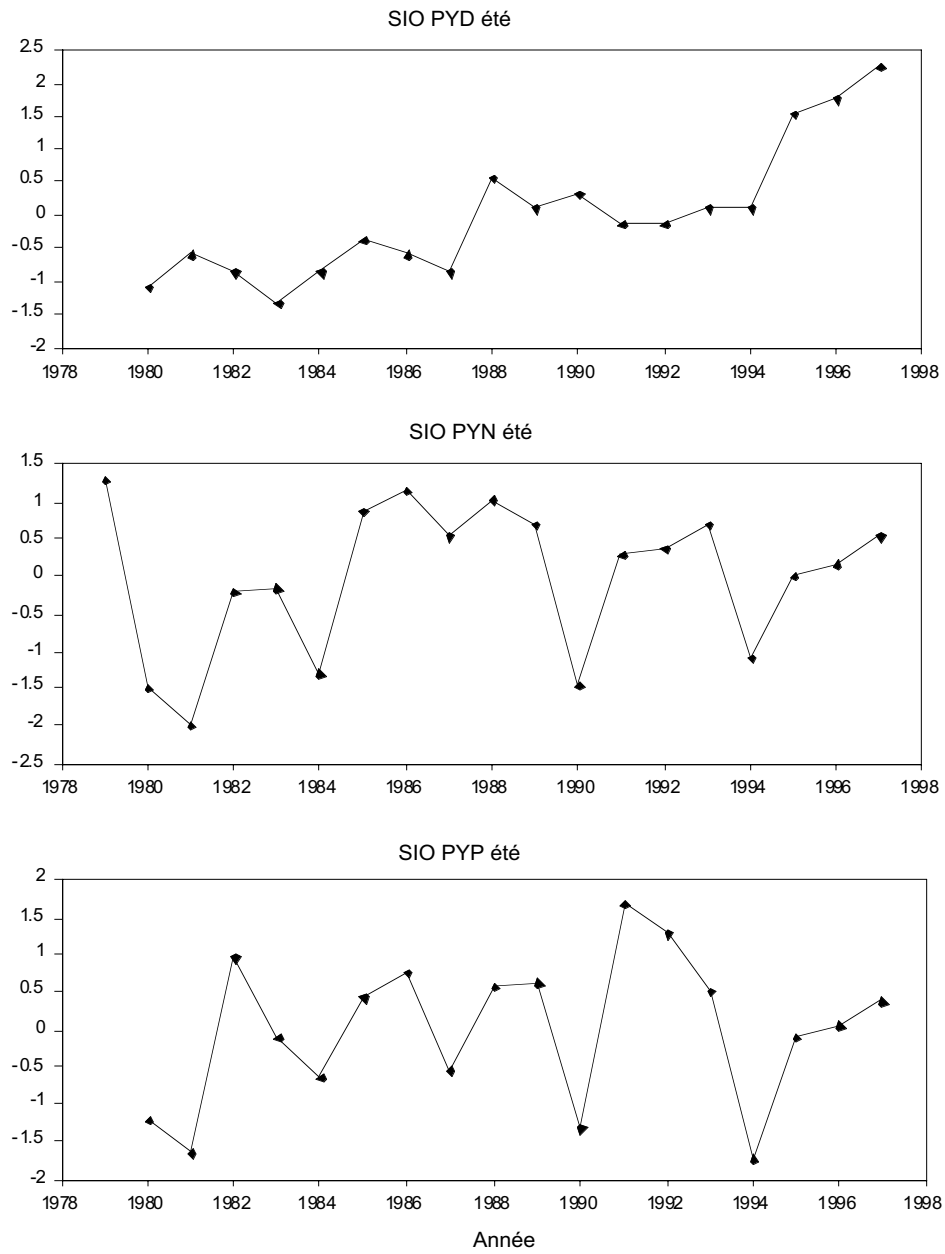


Figure 24a : CSI pour les manchots Adélie (PYD), à jugulaire (PYN) et papous (PYP) de l'île Signy, aux îles Orcades du Sud (SIO) en été.

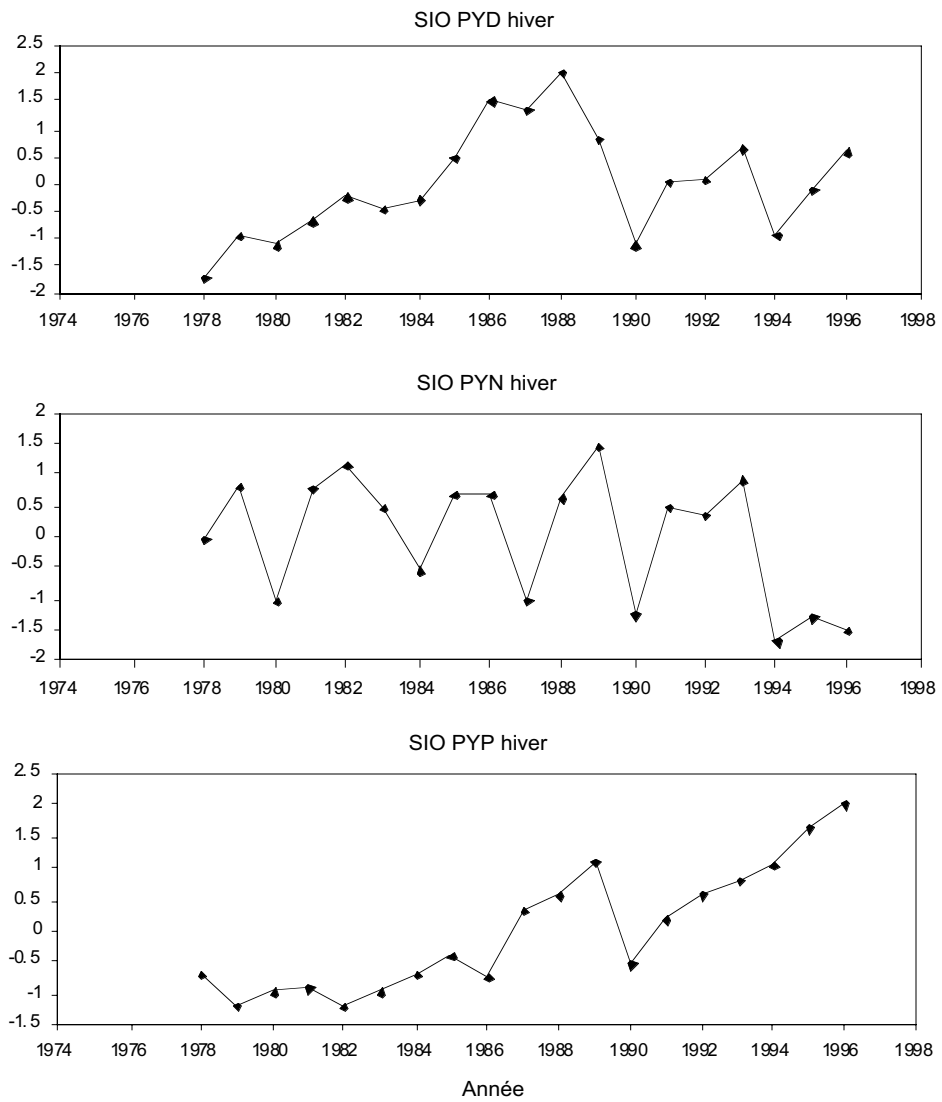


Figure 24b : CSI pour les manchots Adélie (PYD), à jugulaire (PYN) et papous (PYP) de l'île Signy, aux îles Orcades du Sud (SIO) en hiver.

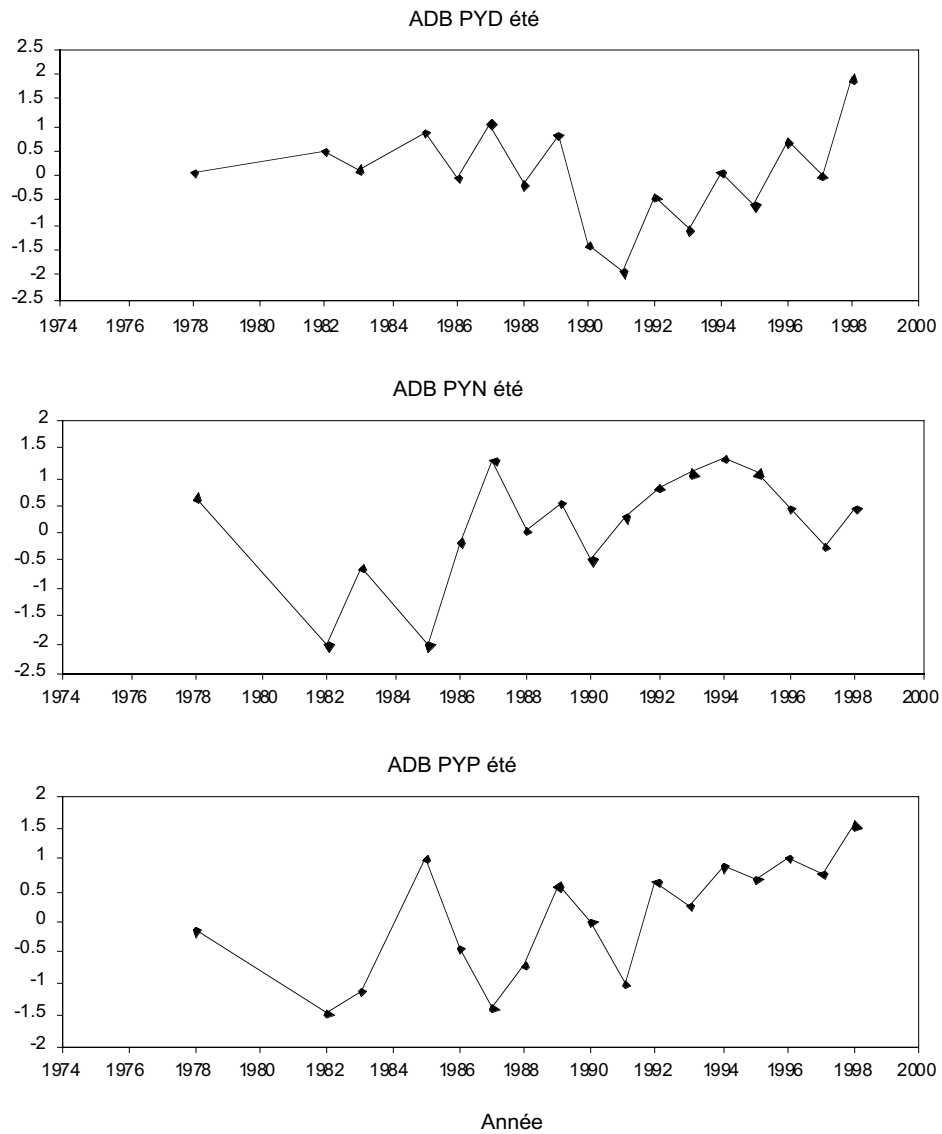


Figure 25a : CSI pour les manchots Adélie (PYD), à jugulaire (PYN) et papous (PYP) de la baie de l'Amirauté, à l'île du Roi George, dans les îles Shetland du Sud (ADB) en été.

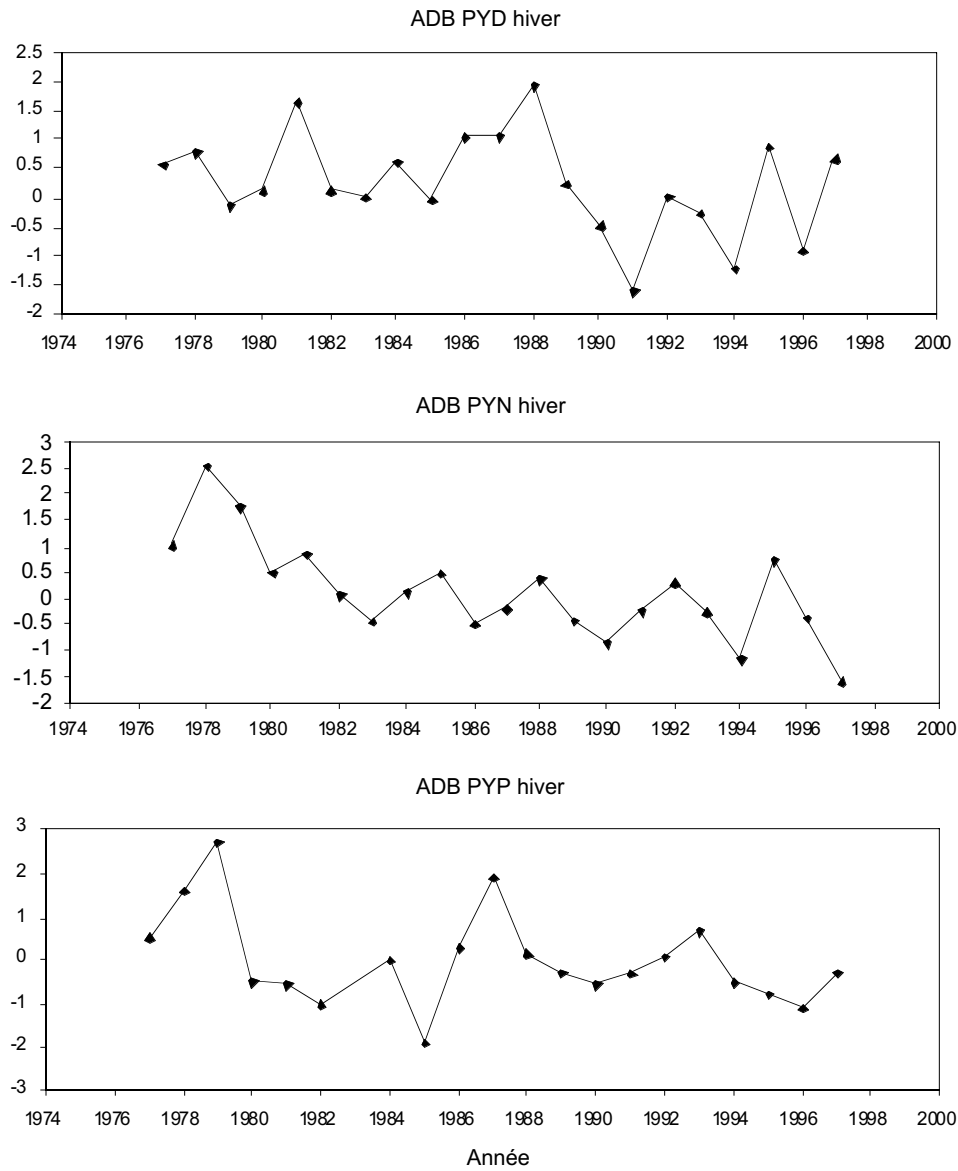


Figure 25b : CSI pour les manchots Adélie (PYD), à jugulaire (PYN) et papous (PYP) de la baie de l'Amirauté, à l'île du Roi George, dans les îles Shetland du Sud (ADB) en hiver.



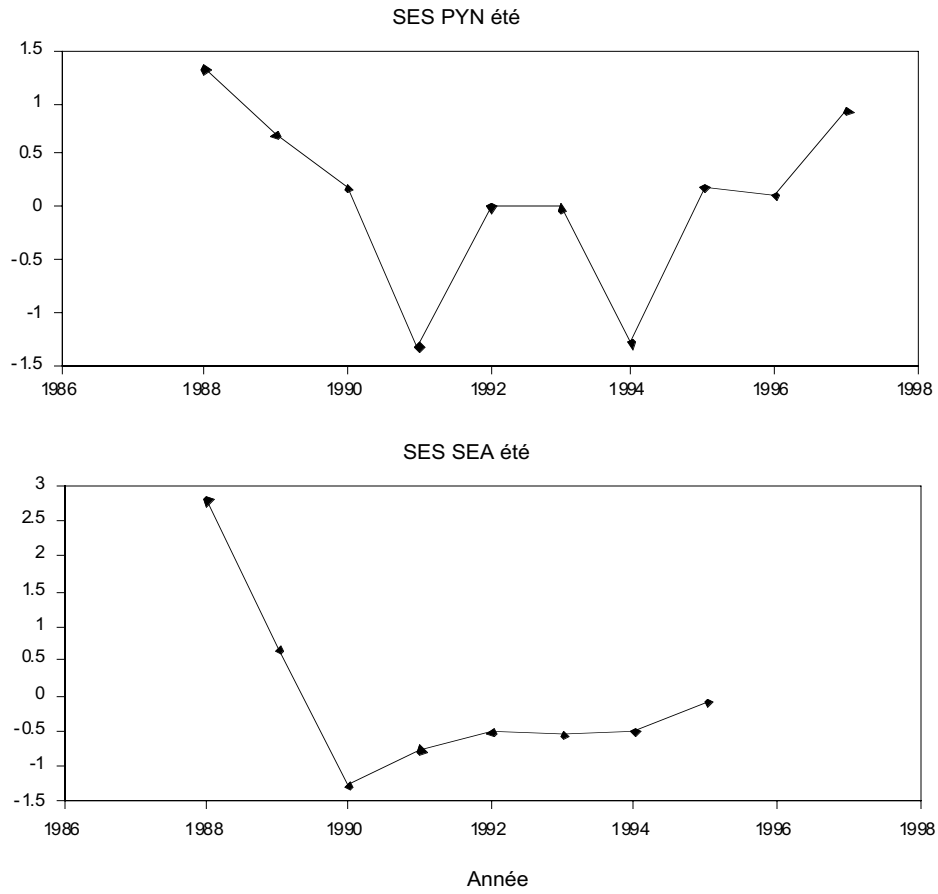


Figure 26 : CSI pour les manchots à jugulaire (PYN) et les otaries de Kerguelen (SEA) de l'île Seal, aux îles Shetland du Sud (SES) en été.

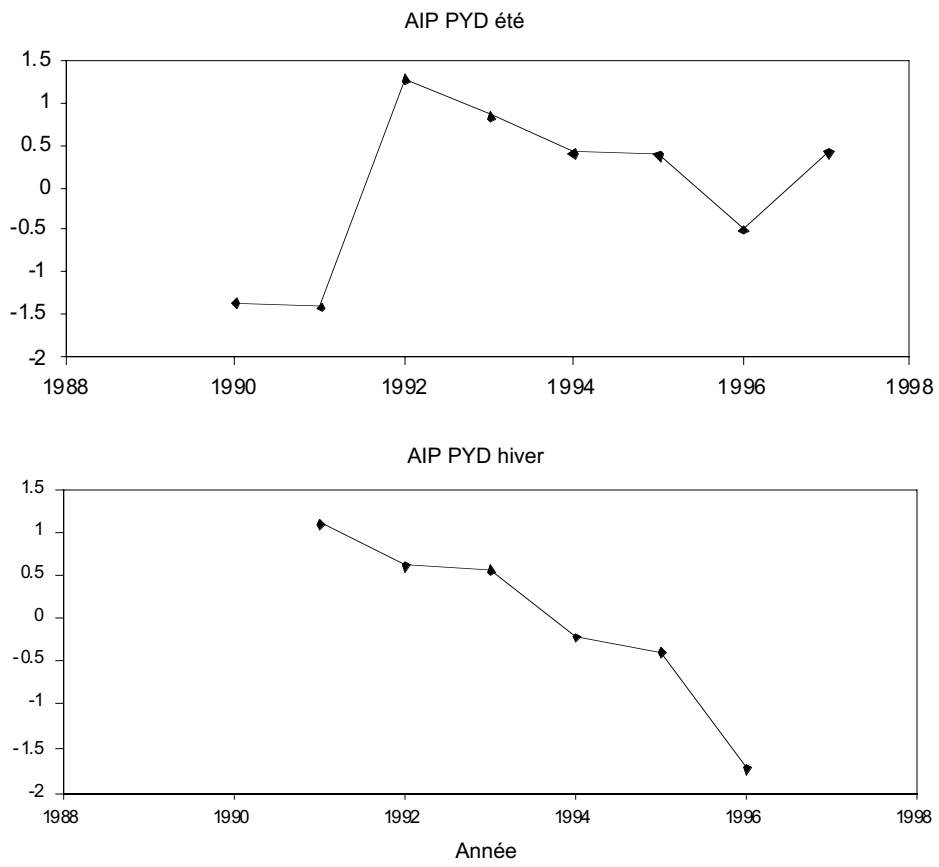


Figure 27 : CSI pour les manchots Adélie (PYD) de l'île Anvers, péninsule antarctique (AIP) en été et en hiver.

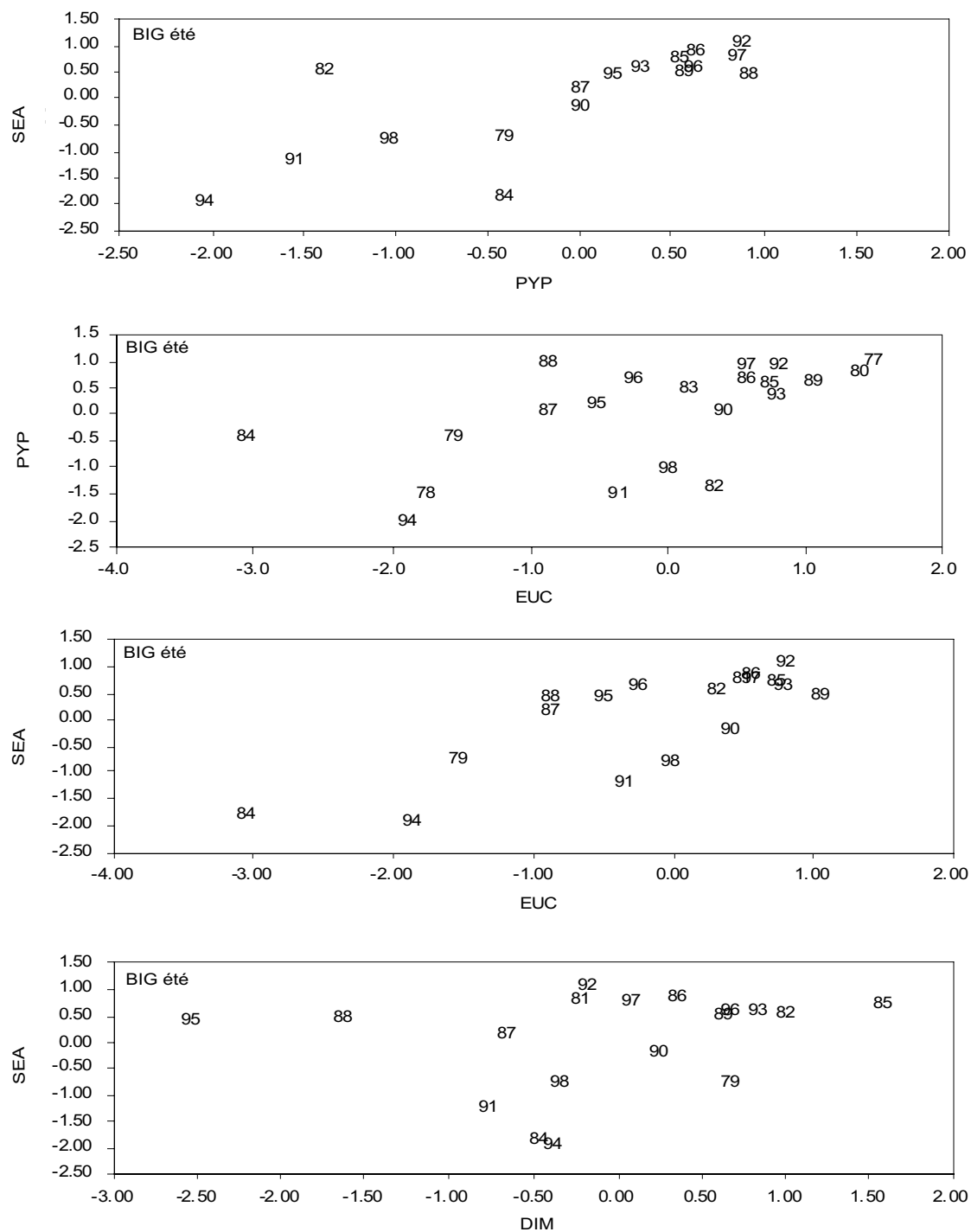


Figure 28 : Relations entre les CSI d'été de différentes combinaisons par paire de prédateurs de l'île Bird (BIG). Les abréviations sont données au tableau 2 et à la figure 23.

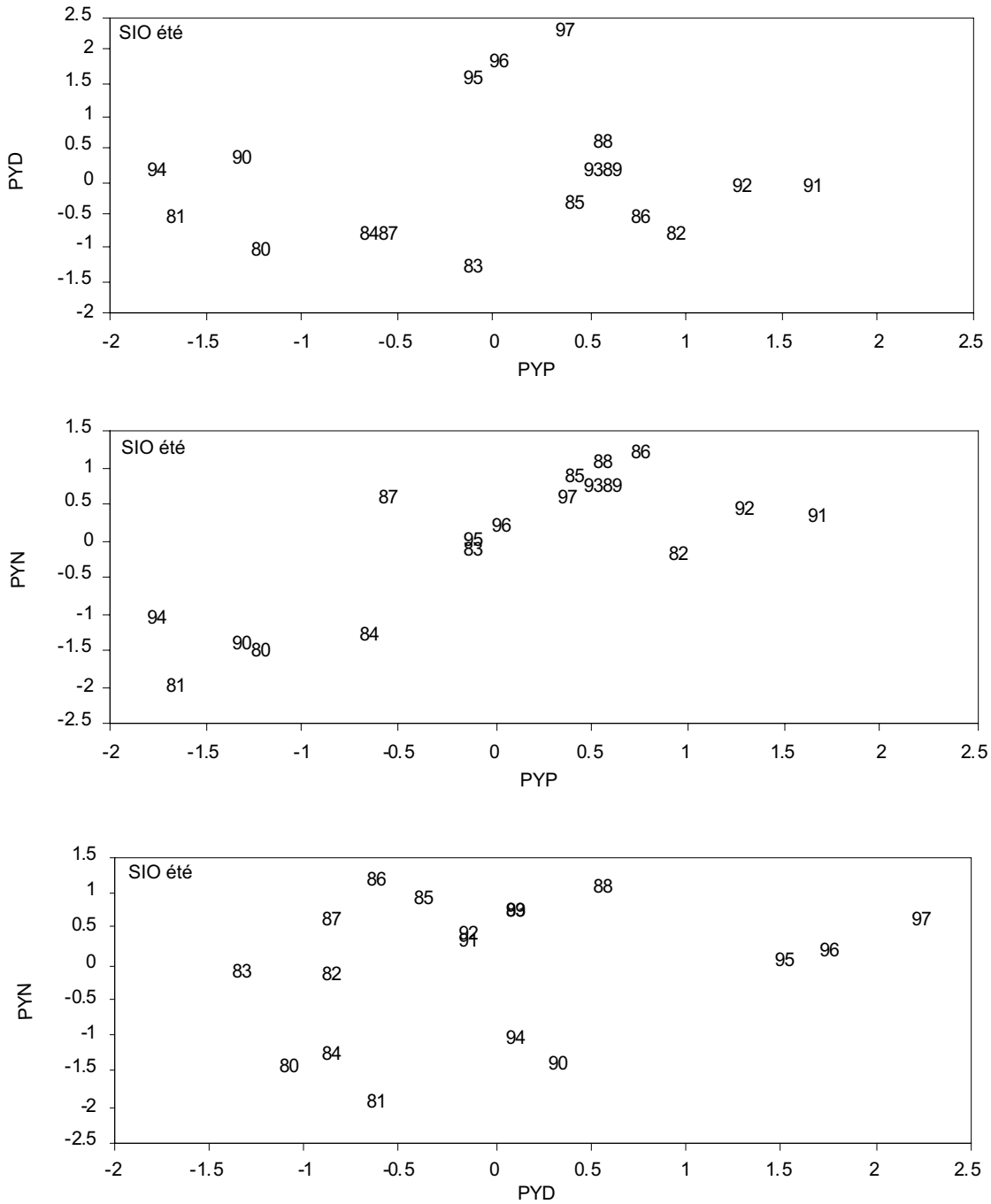


Figure 29a : Relations entre les CSI d'été de différentes combinaisons par paire d'espèces de manchots de l'île Signy (SIO) pour les manchots Adélie (PYD), à jugulaire (PYN) et papous (PYP).

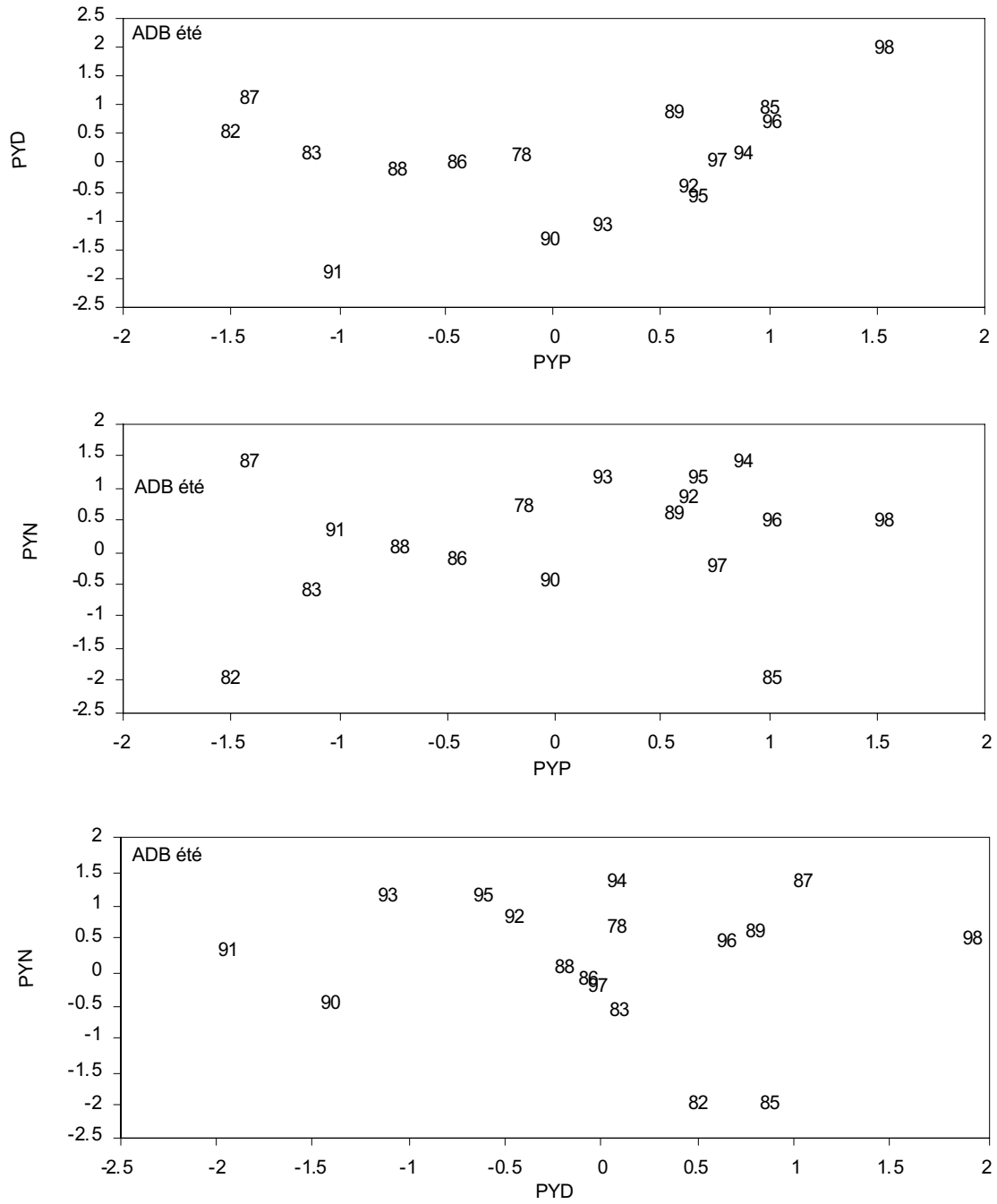


Figure 29b : Relations entre les CSI d'été de différentes combinaisons par paire d'espèces de manchots de la baie de l'Amirauté (ADB) pour les manchots Adélie (PYD), à jugulaire (PYN) et papous (PYP).

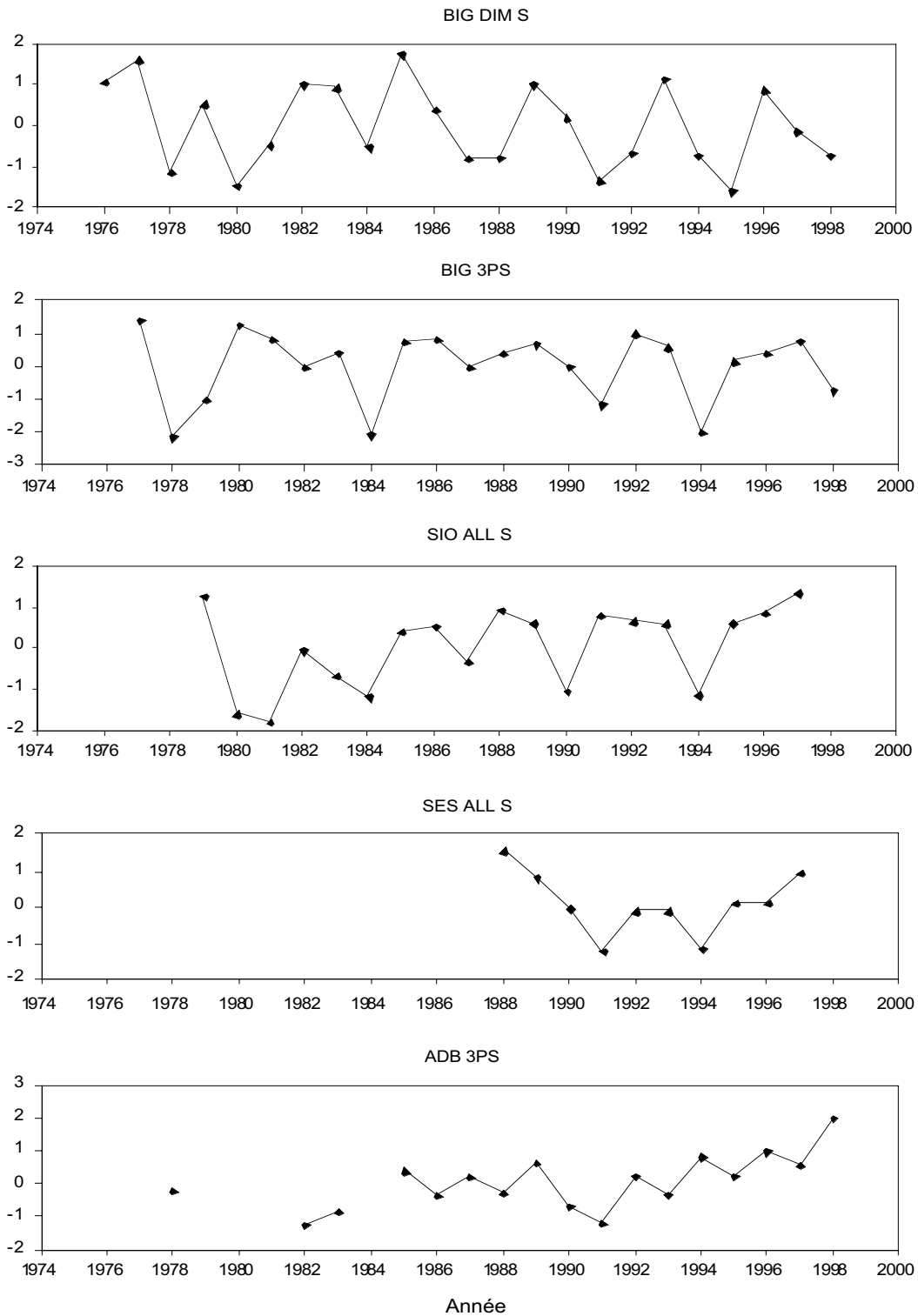


Figure 30 : CSI d'été regroupés pour les diverses espèces à l'intérieur des sites (cf. paragraphe 7.16). BIG 3 PS combine les manchots papous, gorfous macaroni et les otaries de Kerguelen de l'île Bird; ADB 3 PS et SIO ALL S combinent les manchots Adélie, à jugulaire et papous respectivement de la baie de l'Amirauté et de l'île Signy; SES ALL S combine les manchots à jugulaire et les otaries de Kerguelen de l'île Seal.

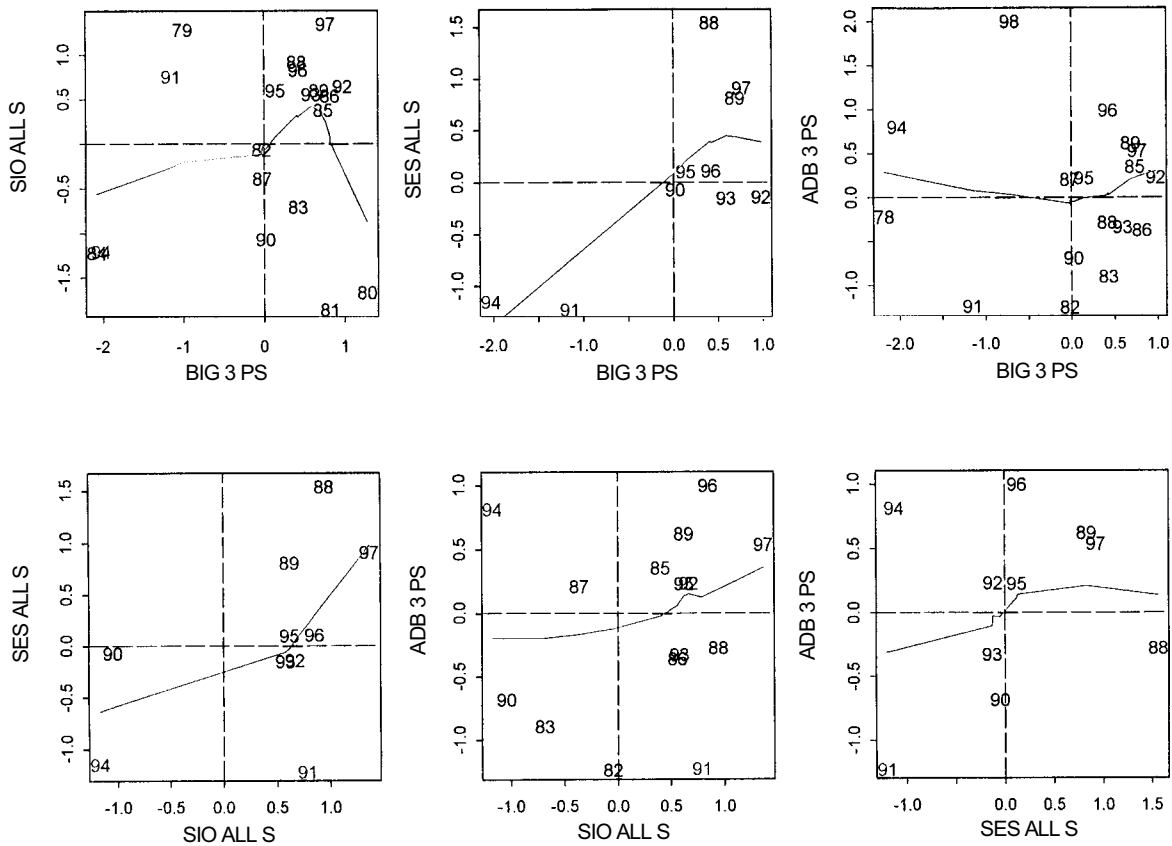


Figure 31 : Comparaison de la performance des prédateurs entre les sites/secteurs, à partir des CSI d'été des groupes d'espèces, à l'intérieur des sites. Quatre quadrants sont donnés pour indiquer la concordance entre les variables de chaque année. Les points des quadrants en haut à droite et en bas à gauche indiquent une concordance relativement élevée alors que ceux des deux autres indiquent une concordance relativement peu marquée. Les points sont représentés par leur année civile. Les traits pleins sont des ajusteurs non paramétriques. BIG 3 PS est une combinaison du manchot papou, du gorfou macaroni et de l'otarie de Kerguelen à l'île Bird; ADB 3 PS et SIO ALL S sont des combinaisons de manchots Adélie, à jugulaire et papous à, respectivement, la baie de l'Amirauté et l'île Signy; SES ALL S est la combinaison des manchots à jugulaire et des otaries de Kerguelen à l'île Seal.

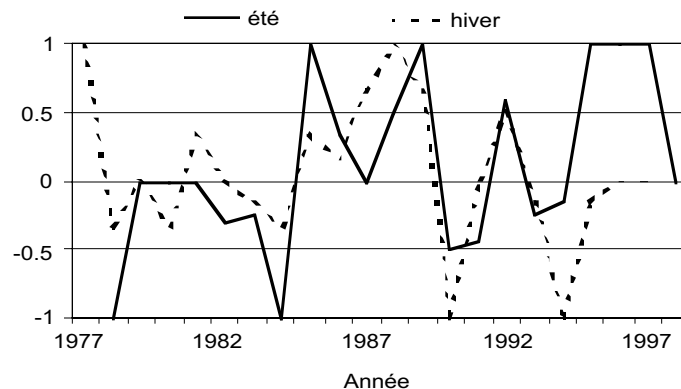


Figure 32 : Courbe de similitude des indices de cohérence dérivés des données d'été de la figure 31 et des données d'hiver de la figure 35 (cf. paragraphe 7.30 pour explication).

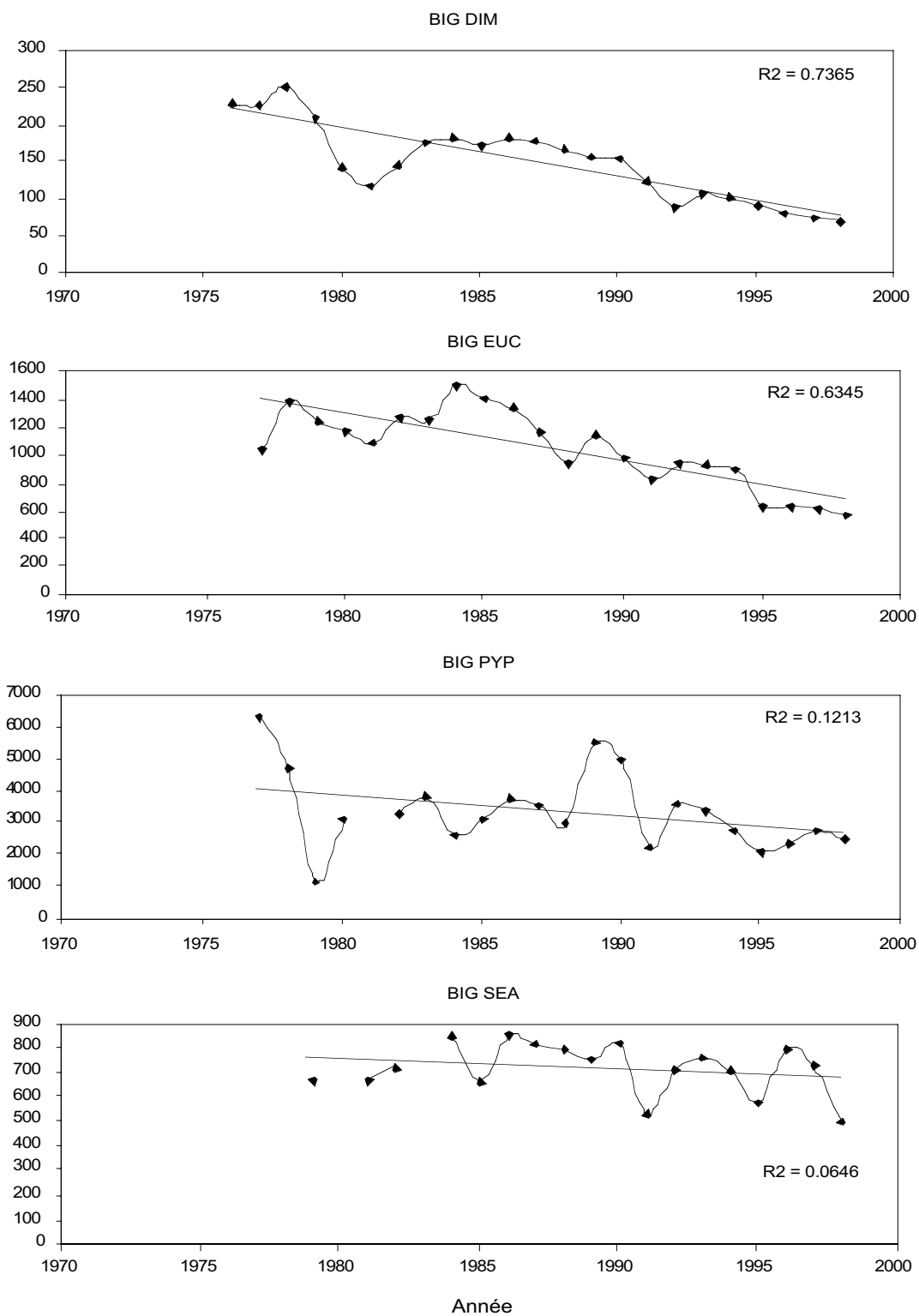


Figure 33 : Changements de taille de la population reproductrice des prédateurs marins basés à terre aux îles Bird (BIG) et Signy (SIO), à la baie de l'Amirauté (ADB) et à l'île Anvers (AIP). Les abréviations des espèces sont données au tableau 2. Les traits pleins correspondent à la régression linéaire des moindres carrés, et R2 est indiqué.



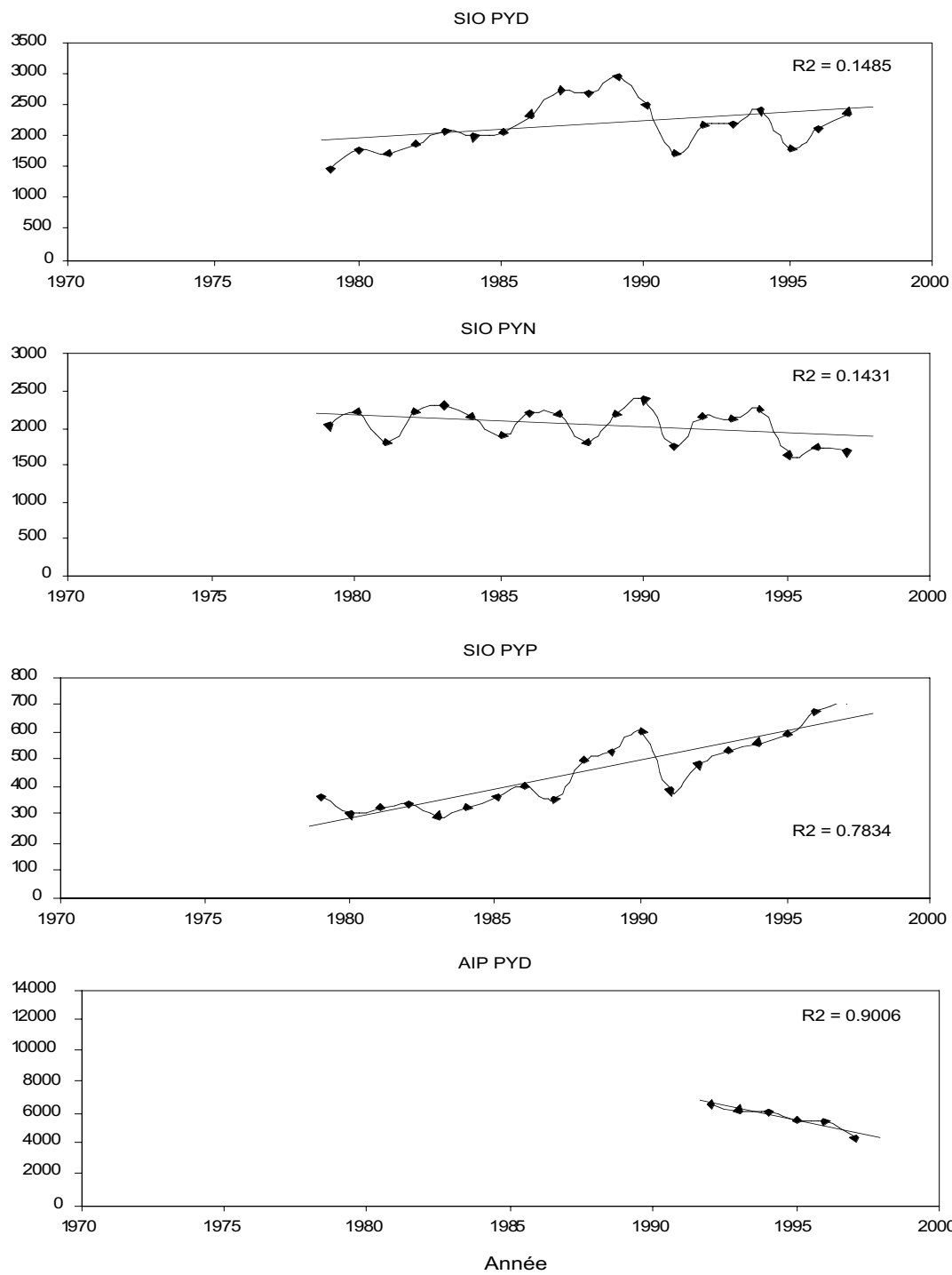
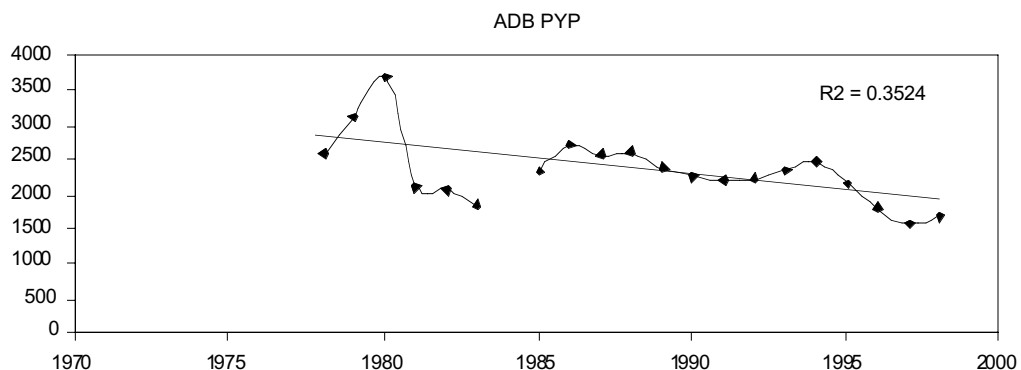
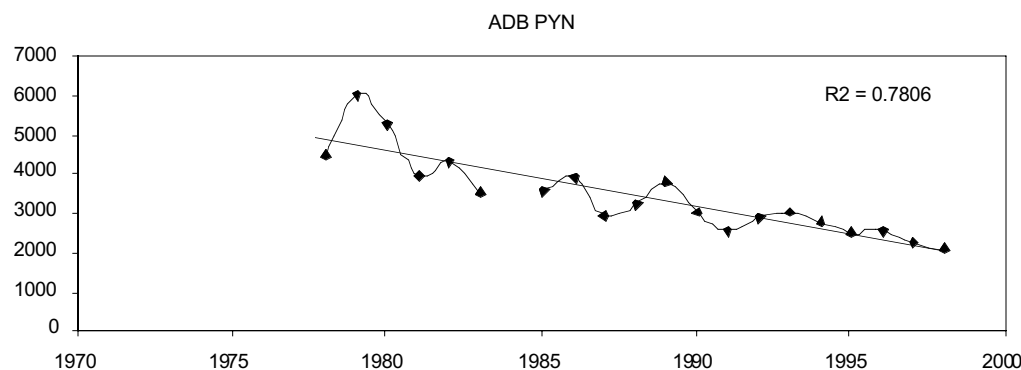
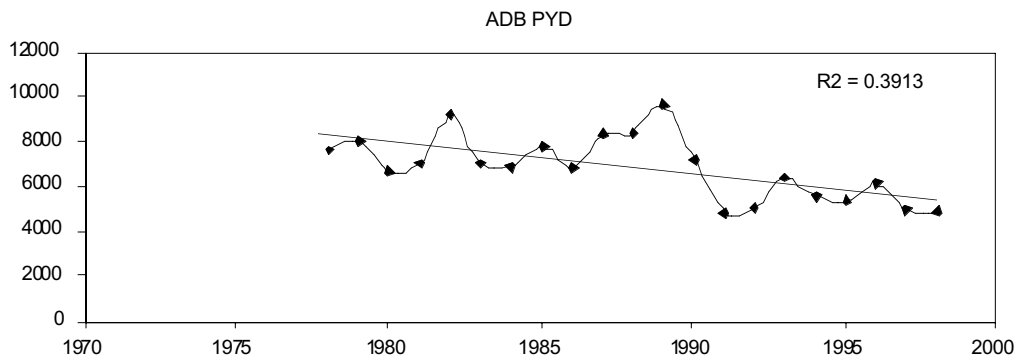


Figure 33 (suite)



Année

Figure 33 (suite)

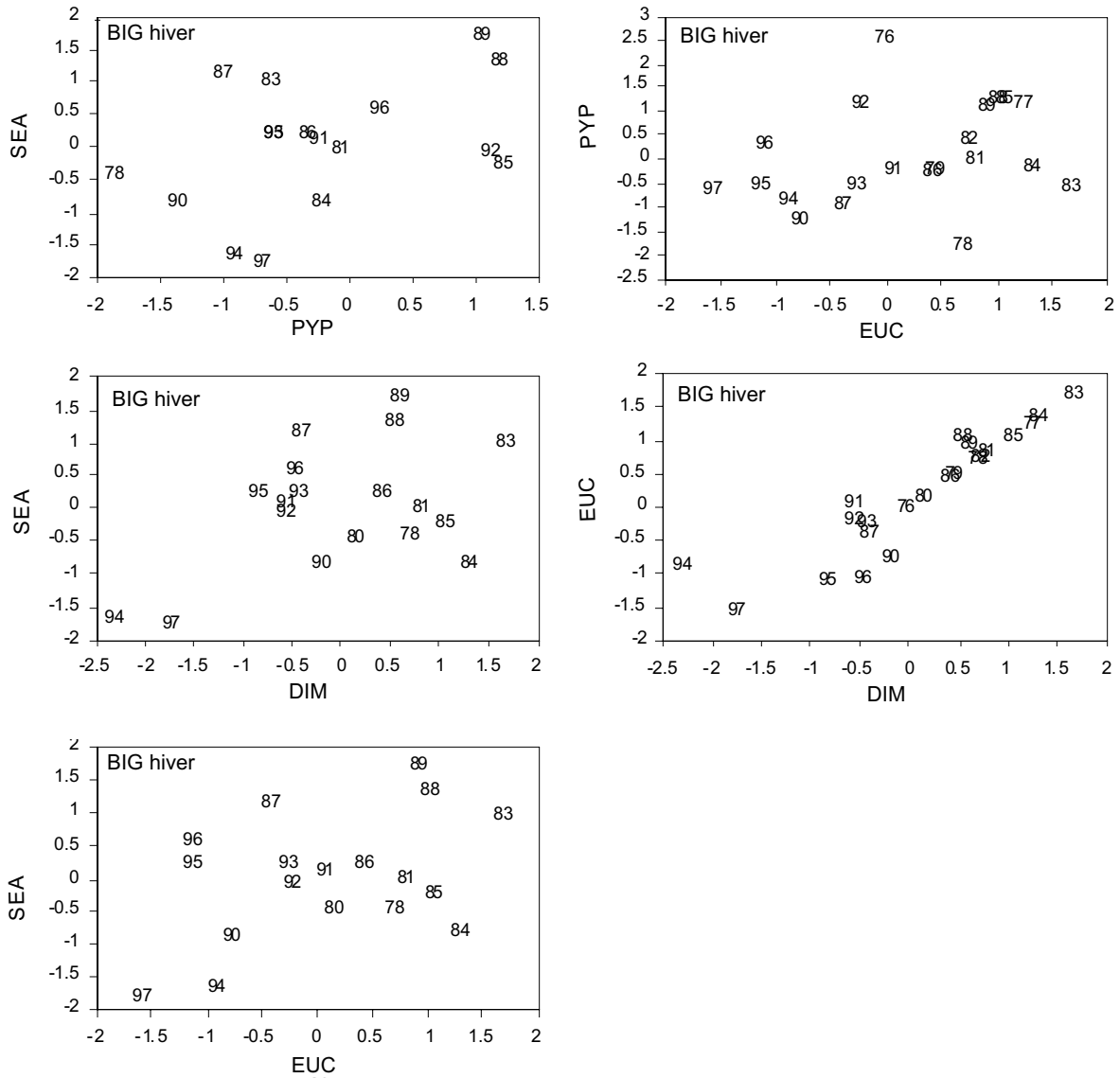


Figure 34a : Relation entre les CSI d'hiver de quelques comparaisons par paires d'espèces de prédateurs à l'île Bird (BIG). Les abréviations des espèces sont données au tableau 2.

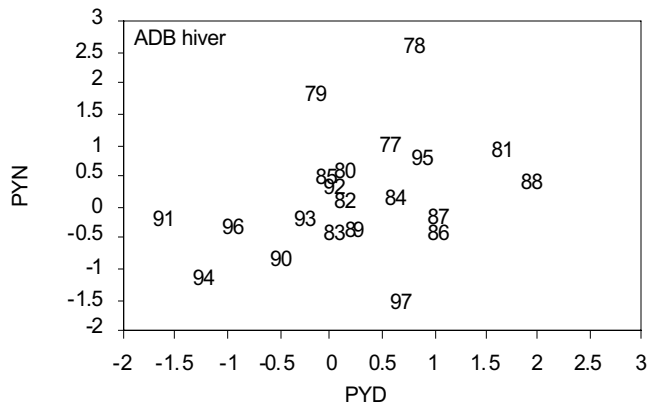
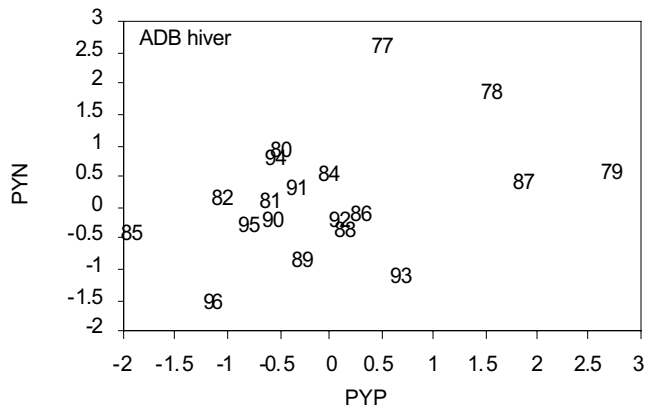
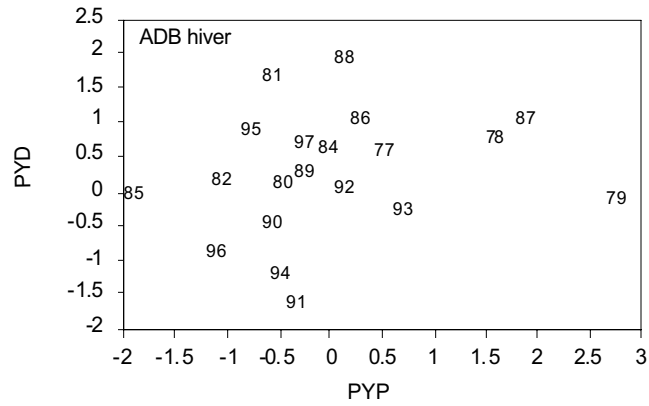


Figure 34b : Relation entre les CSI d'hiver de quelques comparaisons par paires d'espèces de prédateurs à l'île Signy (SIO). Les abréviations des espèces sont données au tableau 2.

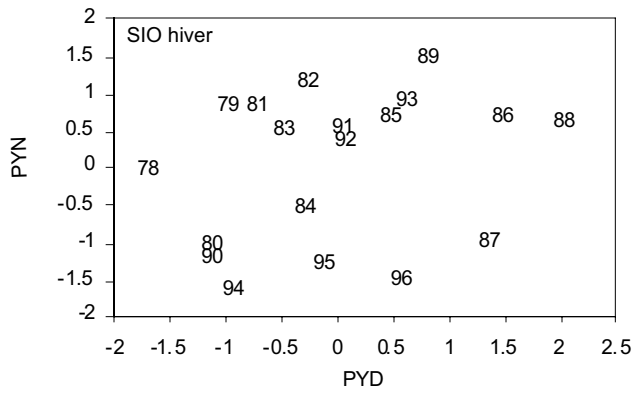
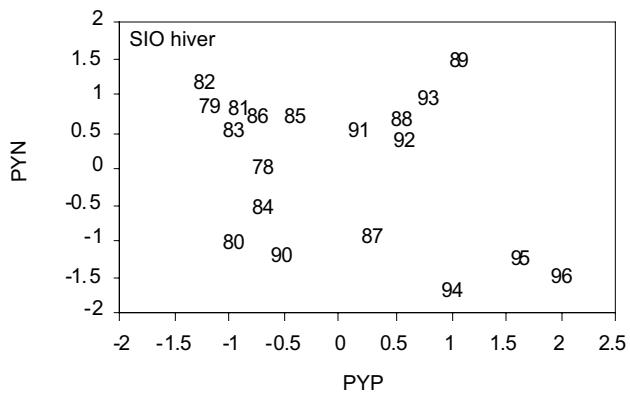
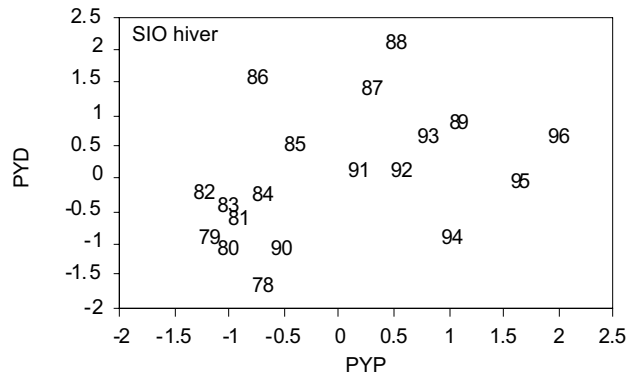


Figure 34c : Relation entre les CSI d'hiver de quelques comparaisons par paires d'espèces de prédateurs à la baie de l'Amirauté (ADB). Les abréviations des espèces sont données au tableau 2.

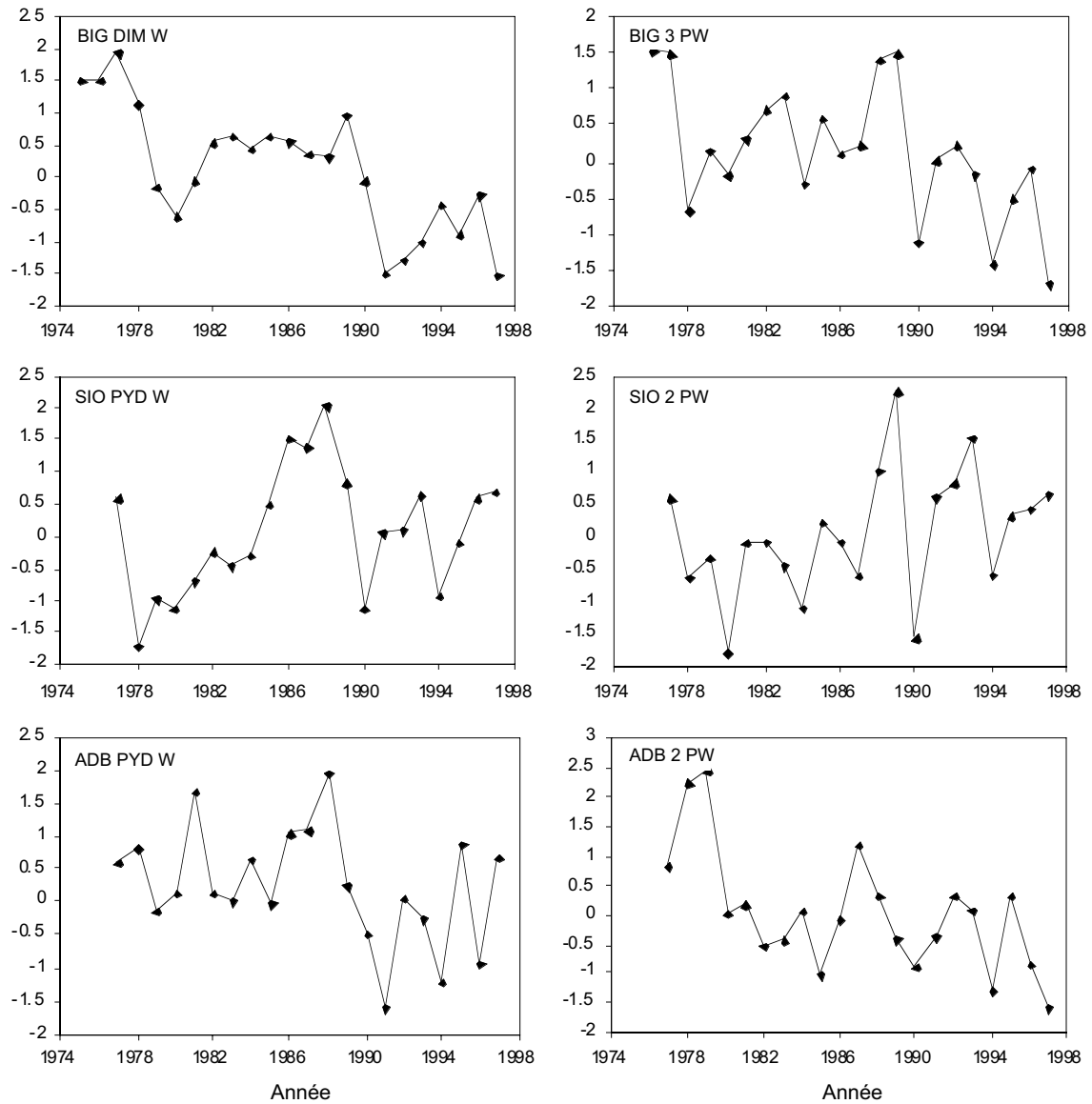


Figure 35 : CSI d'hiver groupant plusieurs espèces par site (cf. paragraphe 7.35). BIG 3 PS combine le manchot papou, le gorfou macaroni et l'otarie de Kerguelen de l'île Bird; SIO 2 PW et ADB 2 PW combinent les manchots à jugulaire et papous.

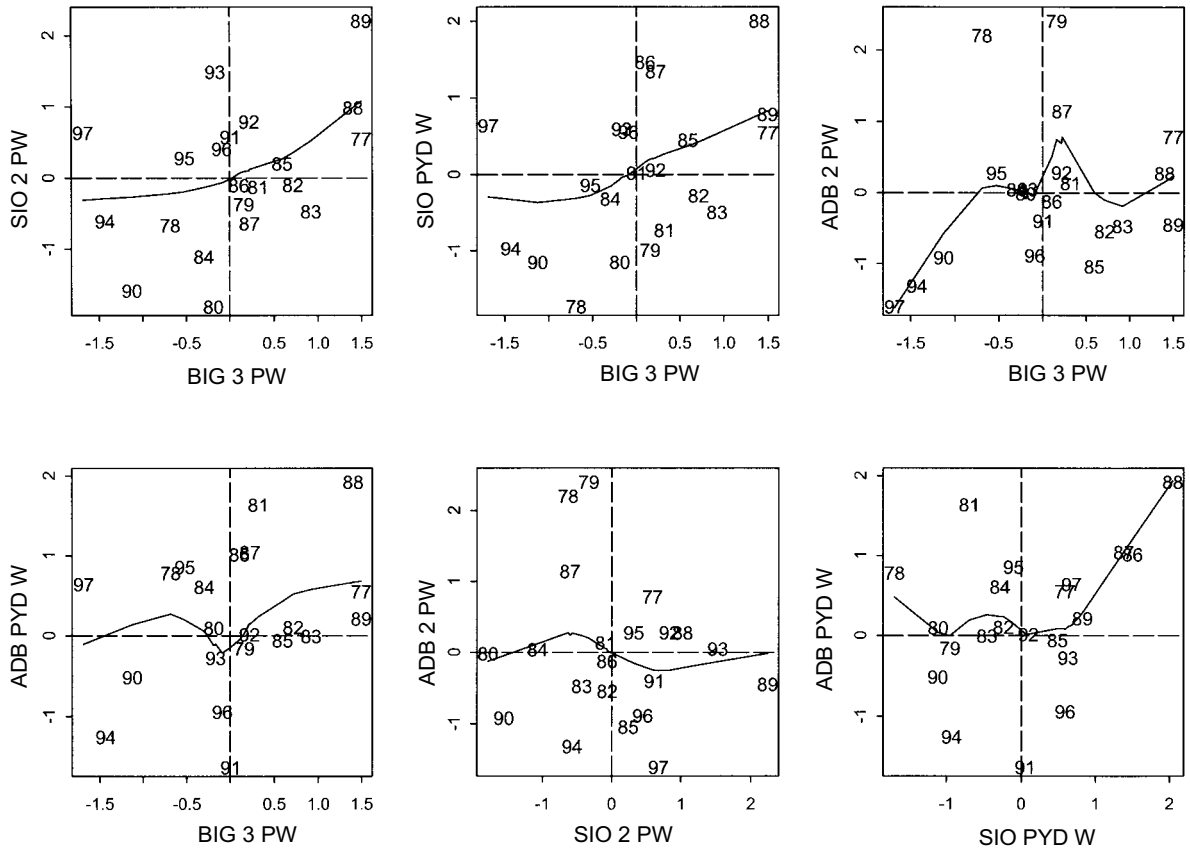


Figure 36 : Comparaison de la performance des prédateurs entre les sites/secteurs, à partir des CSI d'hiver des groupes d'espèces, à l'intérieur des sites. Quatre quadrants sont donnés pour indiquer la concordance entre les variables de chaque année. Les points des quadrants en haut à droite et en bas à gauche indiquent une concordance relativement élevée alors que ceux des deux autres indiquent une concordance relativement peu marquée. Les points sont représentés par leur année civile. Les traits pleins sont des ajusteurs non paramétriques. BIG 3 PW est une combinaison du manchot papou, du gorfou macaroni et de l'otarie de Kerguelen à l'île Bird; SIO 2PW et ADB 2PW sont des combinaisons de manchots à jugulaire et papous. SIO PYD W et ADB PYS W correspondent aux manchots Adélie à, respectivement, l'île Signy et la baie de l'Amirauté.

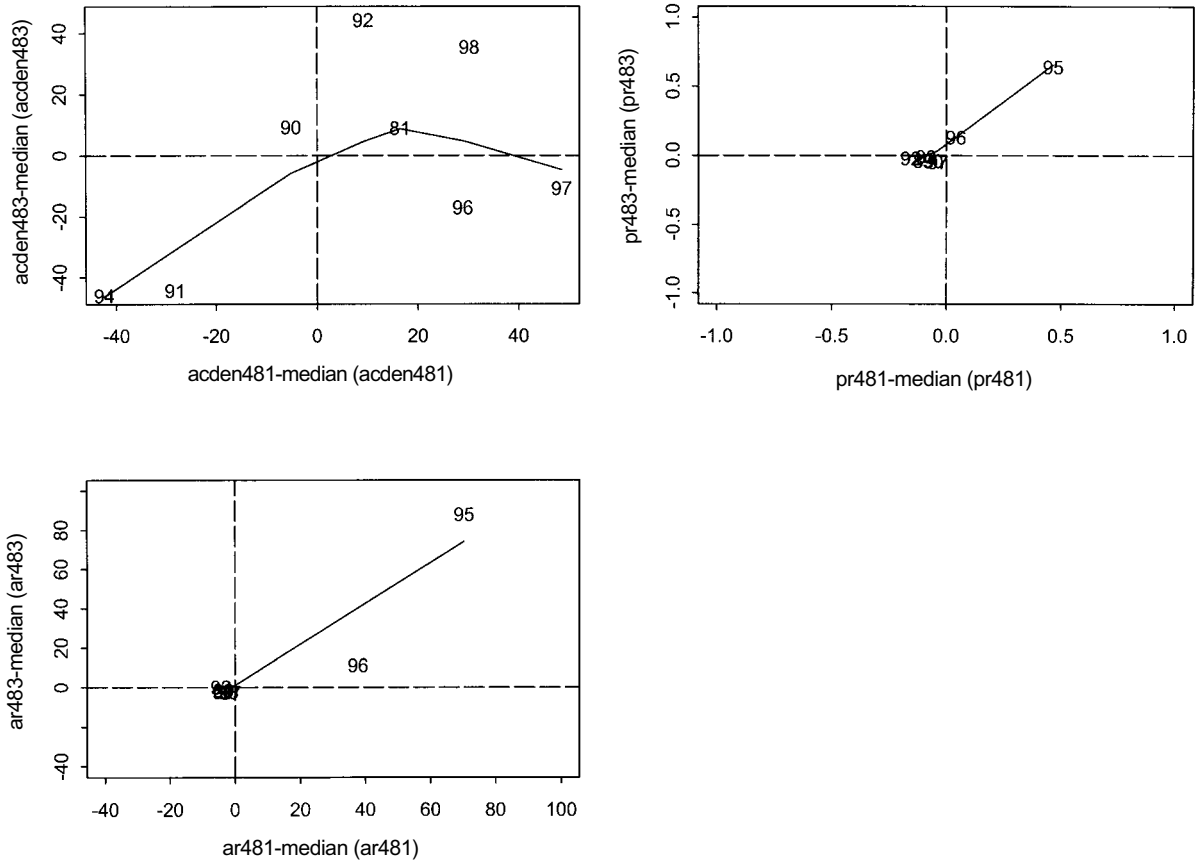


Figure 37: Comparaison des indices de krill entre les secteurs. Chaque indice est exprimé en fonction de sa valeur médiane. Quatre quadrants sont donnés pour indiquer la concordance entre les variables de chaque année. Les points des quadrants en haut à droite et en bas à gauche indiquent une concordance relativement élevée alors que ceux des deux autres indiquent une concordance relativement peu marquée. Les points sont représentés par leur année civile.



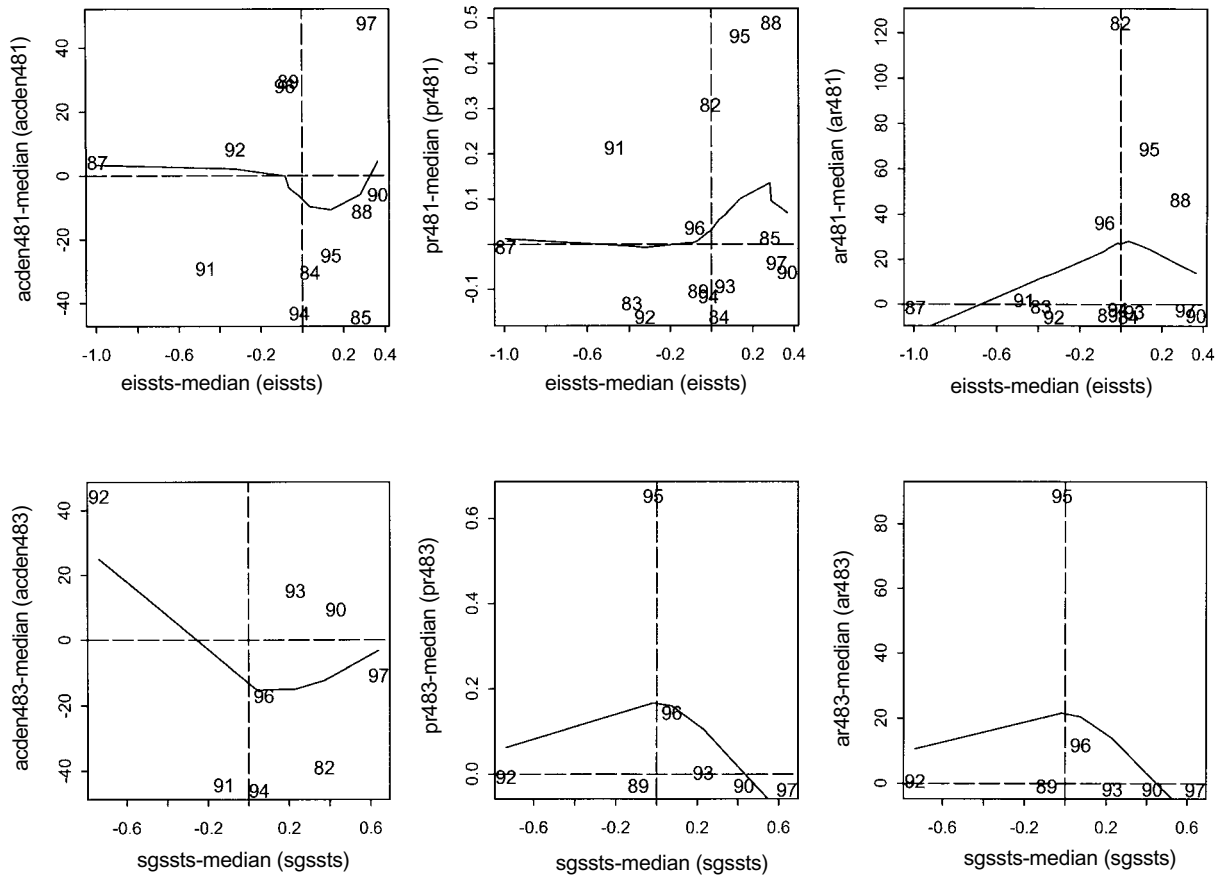


Figure 38 : Indices de krill en fonction de la SST à l'intérieur des secteurs. Chaque indice est exprimé en fonction de sa valeur médiane. Quatre quadrants sont donnés pour indiquer la concordance entre les variables de chaque année. Les points des quadrants en haut à droite et en bas à gauche indiquent une concordance relativement élevée alors que ceux des deux autres indiquent une concordance relativement peu marquée. Les points sont représentés par leur année civile.

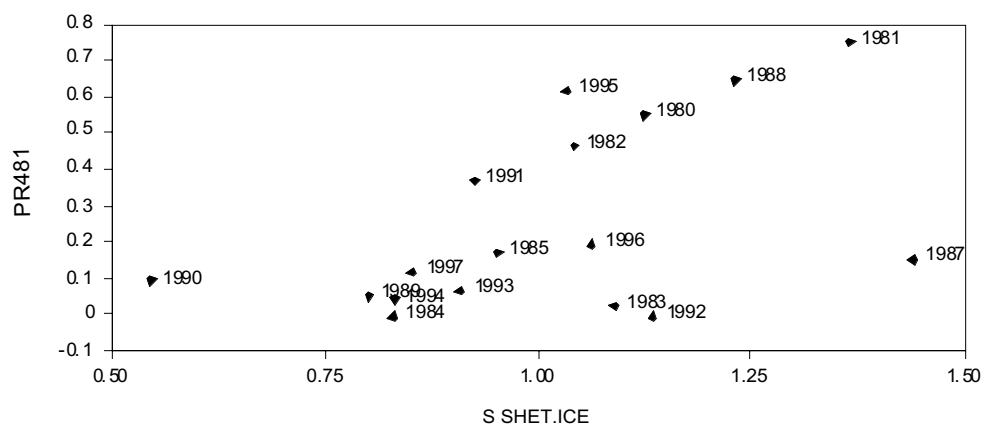


Figure 39 : Rapport entre le recrutement proportionnel du krill dans la sous-zone 48.1 et les glaces de mer dans les îles Shetland du Sud. Les points portent une indication de l'année de la collecte des données.

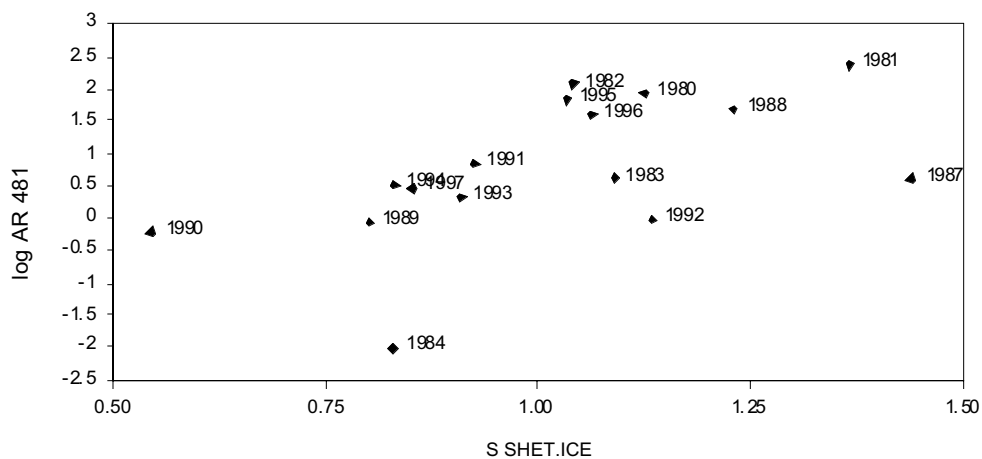


Figure 40 : Rapport entre la transformation logarithmique du recrutement proportionnel du krill dans la sous-zone 48.1 et les glaces de mer dans les îles Shetland du Sud. Les points portent une indication de l'année de la collecte des données.

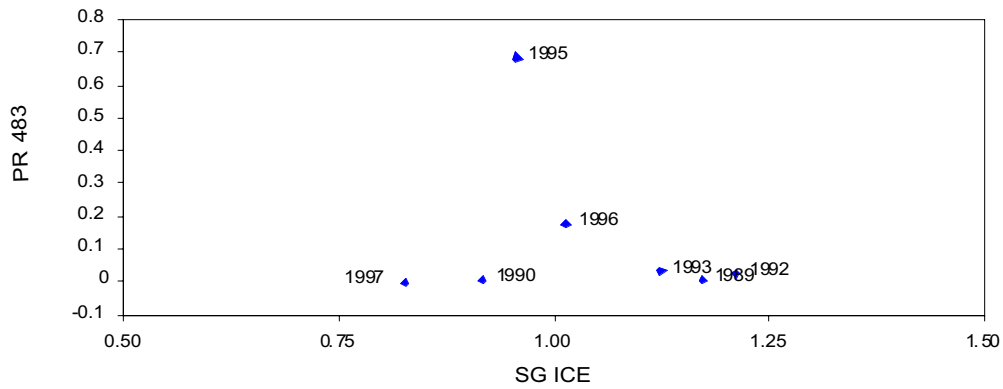


Figure 41 : Rapport entre le recrutement proportionnel du krill dans la sous-zone 48.3 et les glaces de mer de la Géorgie du Sud. Les points portent une indication de l'année de la collecte des données.

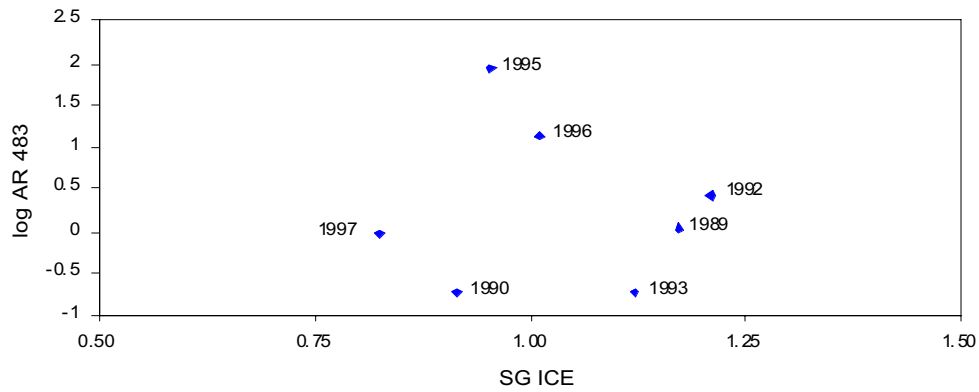


Figure 42 : Rapport entre la transformation logarithmique du recrutement proportionnel du krill dans la sous-zone 48.3 et les glaces de mer de la Géorgie du Sud. Les points indiquent l'année de la collecte des données.

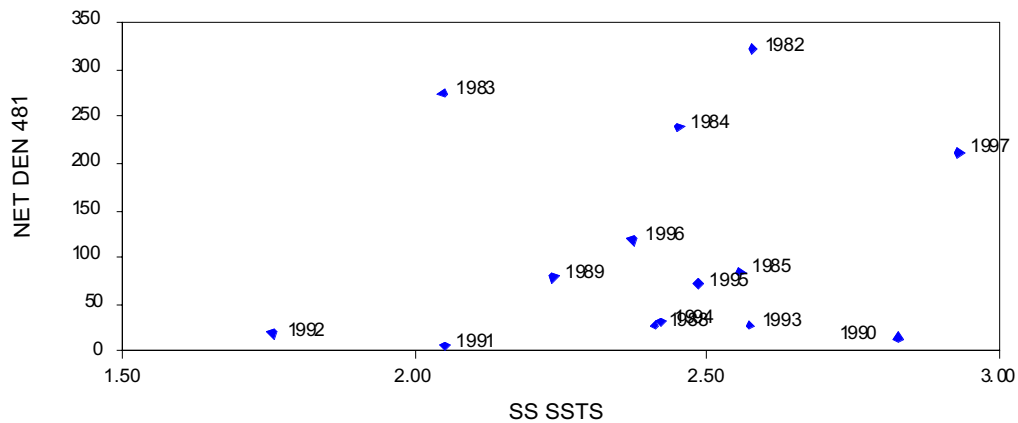


Figure 43 : Rapport entre la densité de krill déterminée par l'échantillonnage au filet dans la sous-zone 48.1 et la SST de la mer du Scotia en été. Les points portent une indication de l'année de la collecte des données.

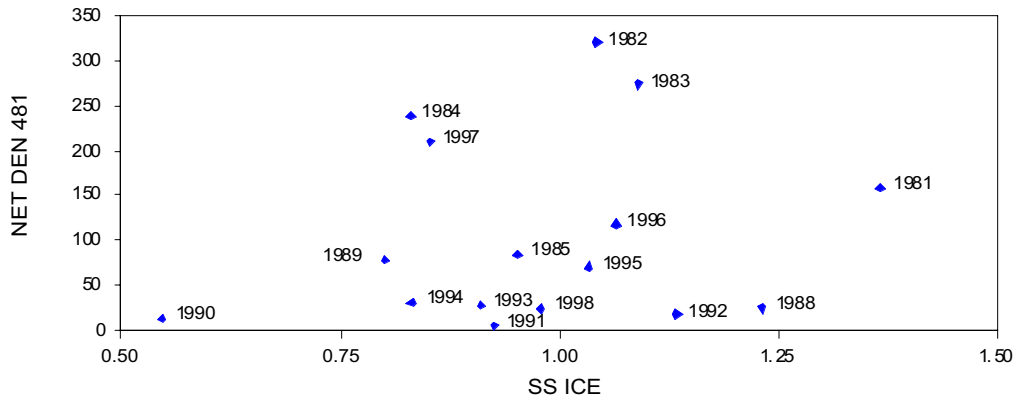


Figure 44 : Rapport entre la densité de krill déterminée par l'échantillonnage au filet dans la sous-zone 48.1 et l'indice des glaces de la mer du Scotia en été. Les points portent une indication de l'année de la collecte des données.

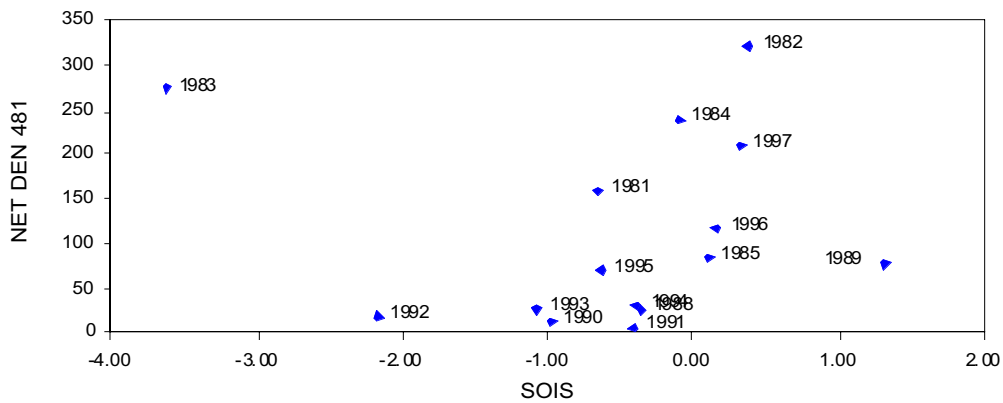


Figure 45 : Rapport entre la densité de krill déterminée par l'échantillonnage au filet dans la sous-zone 48.1 et le SOI d'été. Les points portent une indication de l'année de la collecte des données.

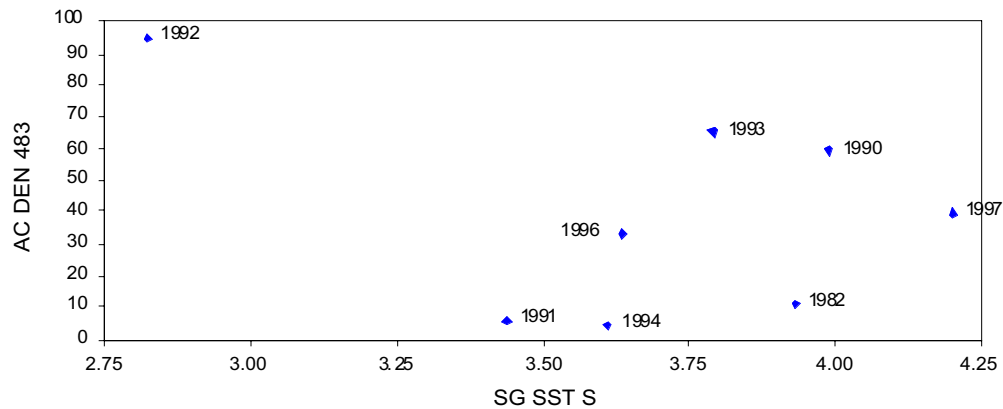


Figure 46 : Rapport entre la densité de krill déterminée par l'échantillonnage au filet dans la sous-zone 48.3 et la SST de la Géorgie du Sud en été. Les points portent une indication de l'année de la collecte des données.

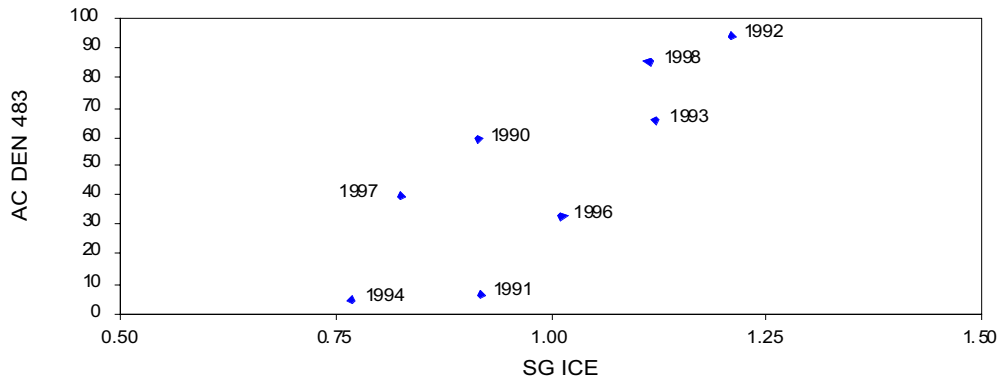


Figure 47 : Rapport entre la densité de krill déterminée par l'échantillonnage au filet dans la sous-zone 48.3 et l'indice des glaces de mer de la Géorgie du Sud. Les points portent une indication de l'année de la collecte des données.

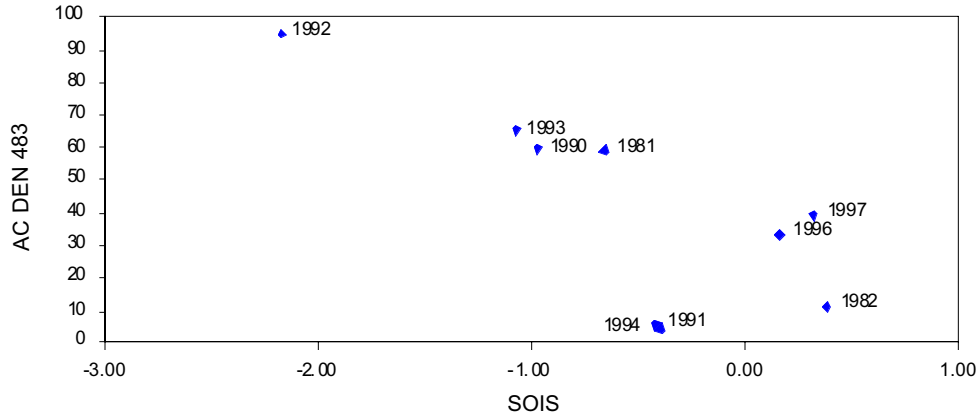


Figure 48 : Rapport entre la densité de krill déterminée par l'échantillonnage au filet dans la sous-zone 48.3 et le SOI d'été. Les points portent une indication de l'année de la collecte des données.

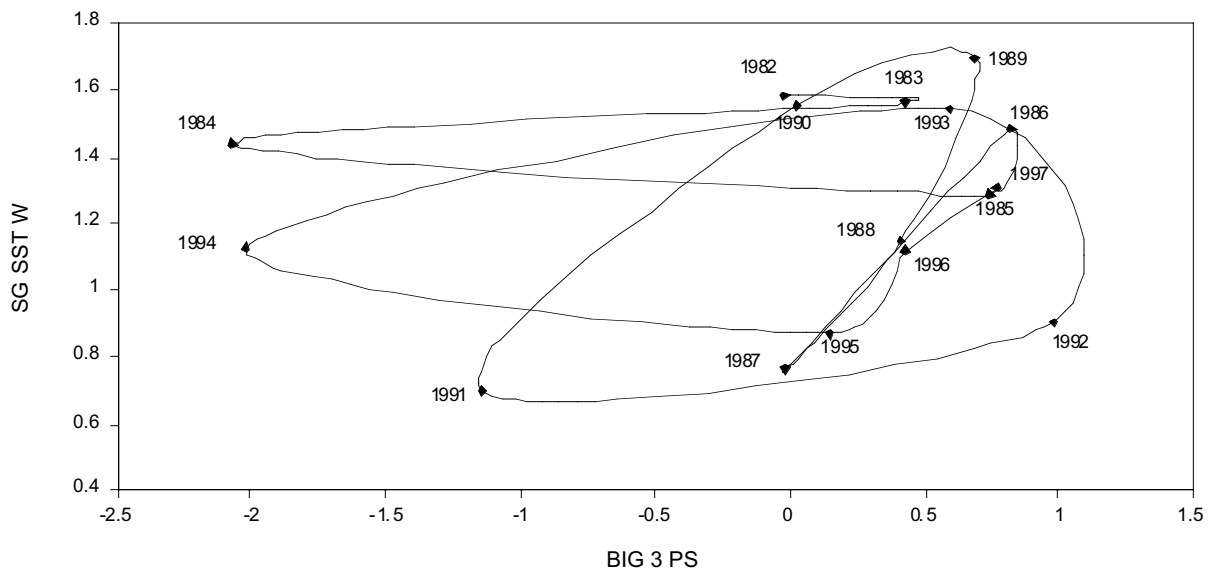


Figure 49 : Rapport entre l'indice de SST d'hiver en Géorgie du Sud et l'indice combiné des prédateurs plongeurs de l'île Bird en été. Les points portent une indication de l'année de la collecte des données et sont reliés par ordre chronologique.

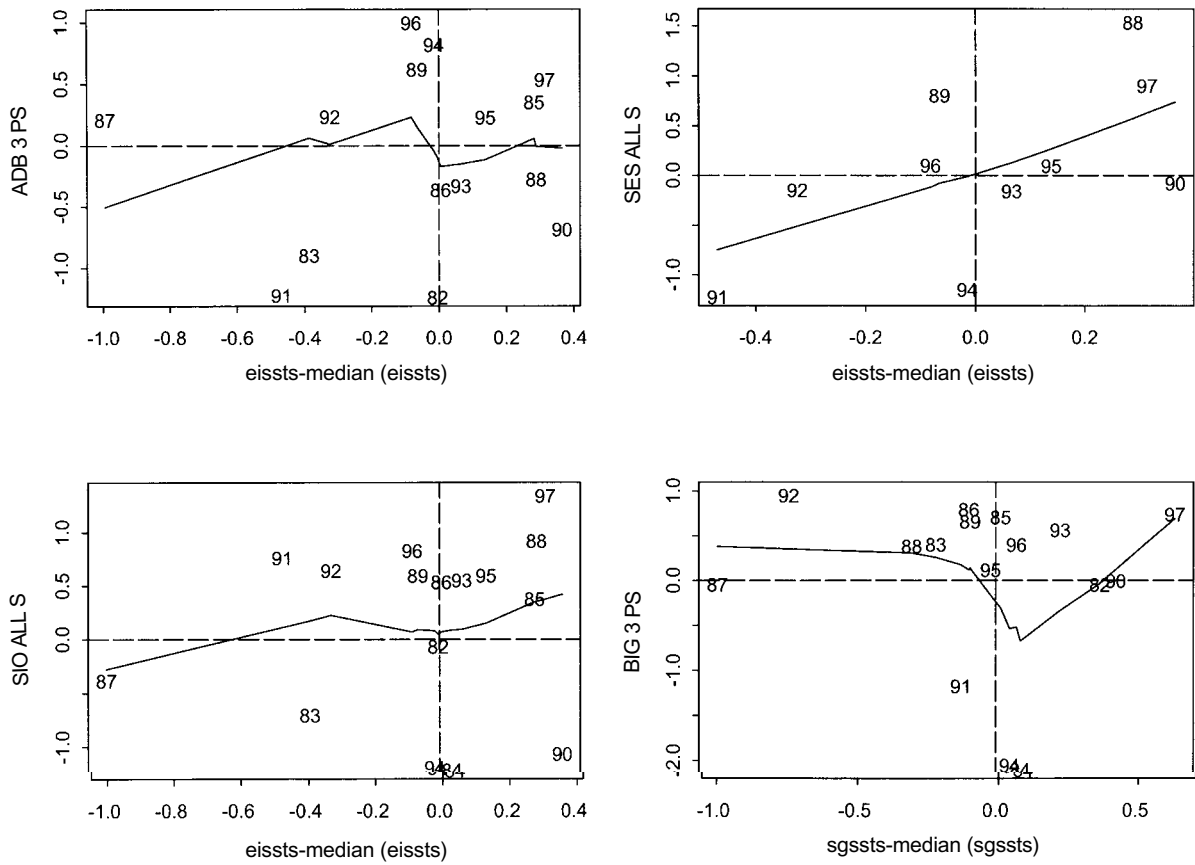


Figure 50 : Indices de performance des prédateurs en fonction de la SST des divers secteurs. Chaque indice est exprimé en fonction de sa valeur médiane. Quatre quadrants sont donnés pour indiquer la concordance entre les variables de chaque année. Les points des quadrants en haut à droite et en bas à gauche indiquent une concordance relativement élevée alors que ceux des deux autres indiquent une concordance relativement peu marquée. Les points sont représentés par leur année civile.

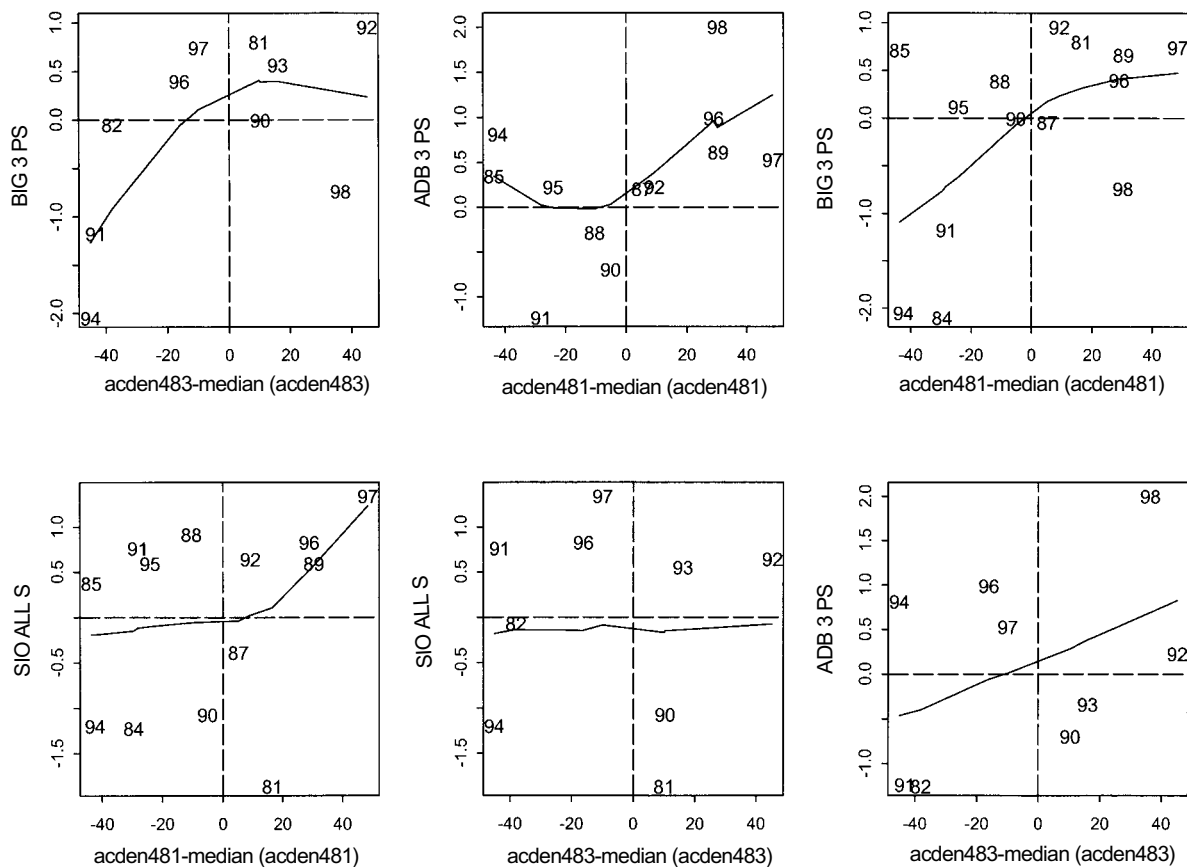


Figure 51 : Indices de performance des prédateurs en fonction de la densité acoustique du krill des divers secteurs. Chaque indice est exprimé en fonction de sa valeur médiane. Quatre quadrants sont donnés pour indiquer la concordance entre les variables de chaque année. Les points des quadrants en haut à droite et en bas à gauche indiquent une concordance relativement élevée alors que ceux des deux autres indiquent une concordance relativement peu marquée. Les points sont représentés par leur année civile.



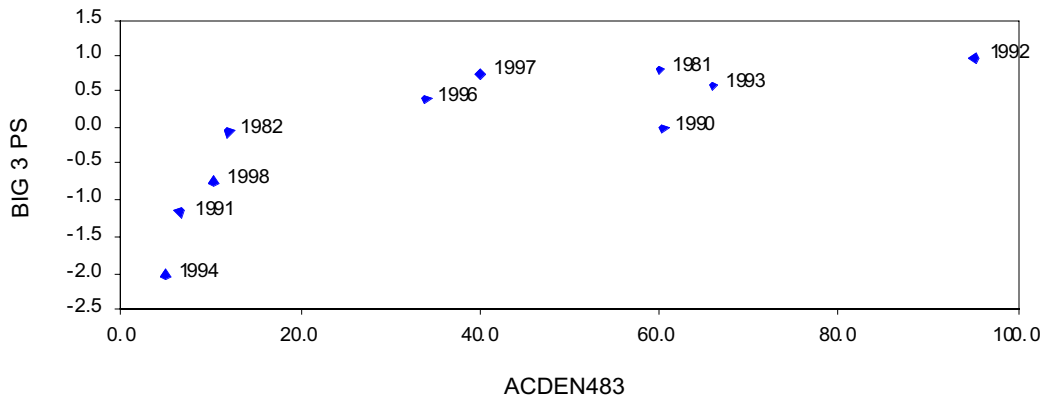


Figure 52 : Indice composite de la performance des prédateurs plongeurs en été à l'île Bird en fonction de la densité acoustique du krill enregistrée dans la région de la Géorgie du Sud (sous-zone 48.3).

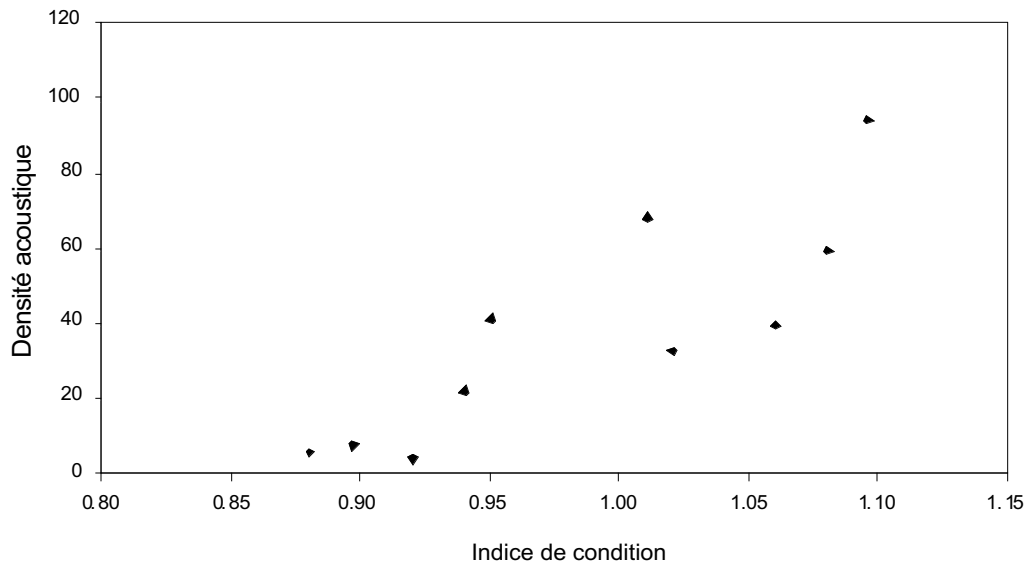


Figure 53 : Indice de condition du poisson des glaces en fonction de la densité acoustique du krill à partir de données combinées des sous-zones 48.1 et 48.3.

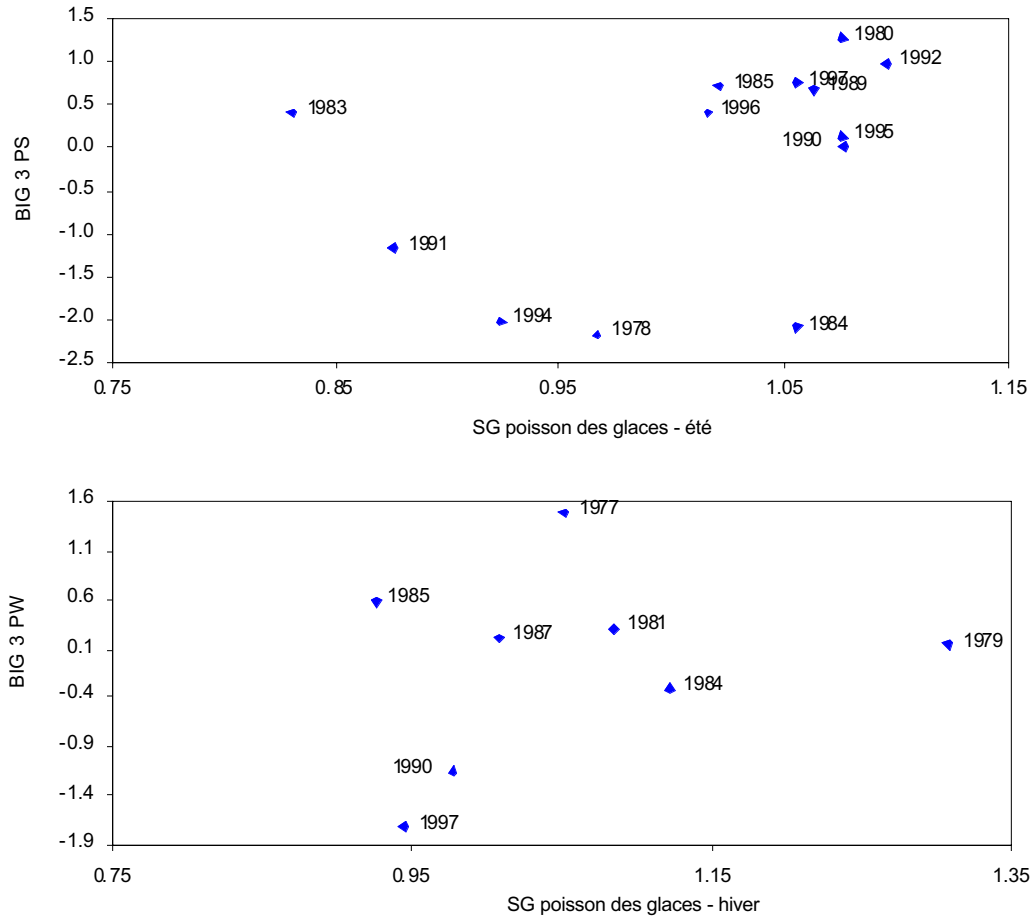
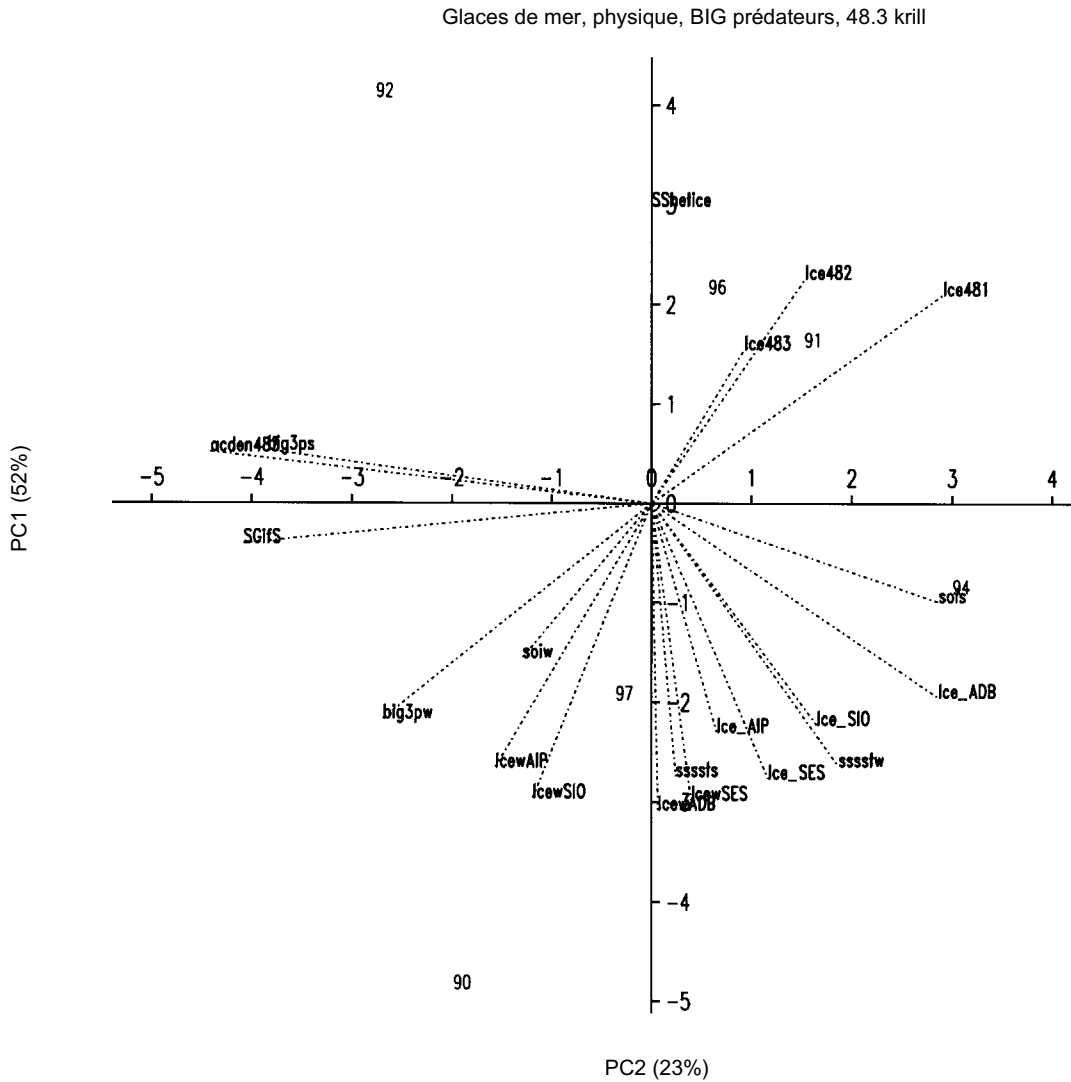


Figure 54 : Rapport entre le CSI du poisson des glaces de Géorgie du Sud (SG) en été et en hiver, et le CSI des manchots papous et macaroni et des otaries de Kerguelen en été (BIG 3 PS) et en hiver (BIG 3 PW).



## ORDRE DU JOUR

Atelier sur la zone 48  
(La Jolla, USA, du 15 au 26 juin 1998)

1. Introduction:
  - 1.1 Discussion et accord sur la position adoptée quant aux données en termes de droit de propriété, communication, collaboration et droit d'auteur.
  - 1.2 Description de l'équipement disponible pour avoir accès aux jeux de données et utiliser les programmes d'analyse.
  - 1.3 Discussion et accord sur l'emploi du temps et l'objectif de l'atelier.
  - 1.4 Nomination des coordinateurs et des rapporteurs du sous-groupe.
- 1a. Présentation du matériel de fond, en mettant l'accent sur la zone 48.
2. Présentation et discussion des indices.
- 2a. Présentation et discussion des méthodes adoptées pour combiner et intégrer les indices, et solutions pour traiter les valeurs manquantes dans les jeux de données.
3. Discussion générale sur la conception d'hypothèses à partir des travaux des sous-groupes :
  - 3.1 Évaluation et comparaison des indices et, en certains cas, des jeux de données fondamentaux.
  - 3.2 Identification de solutions pour traiter les valeurs manquantes dans les jeux de données.
4. Présentation et discussion des résultats des sous-groupes, notamment présentation des graphes, résumés des analyses et conclusions
5. Grandes lignes du rapport:
  - 5.1 Tracer les grandes lignes du format et du contenu du rapport.
  - 5.2 Distribuer le travail de rédaction des divers chapitres et de création des graphes.
6. Rédaction du rapport.
7. Adoption du rapport.

**LISTE DES PARTICIPANTS**

Atelier sur la zone 48  
(La Jolla, USA, du 15 au 26 juin 1998)

AMOS, Anthony (Mr)	The University of Texas at Austin Marine Science Institute Port Aransas, Tx. 78373 USA afamos@utmsi.utexas.edu
BOYD, Ian (Dr)	British Antarctic Survey High Cross, Madingley Road Cambridge CB3 0ET United Kingdom i.boyd@bas.ac.uk
CROXALL, John (Dr)	British Antarctic Survey High Cross, Madingley Road Cambridge CB3 0ET United Kingdom j.croxall@bas.ac.uk
DEMER, David (Dr)	US AMLR Program Southwest Fisheries Science Center PO Box 271 LA Jolla, Ca. 92038 USA ddemer@ucsd.edu
EVERSON, Inigo (Dr)	British Antarctic Survey High Cross, Madingley Road Cambridge CB3 0ET United Kingdom i.everson@bas.ac.uk
HEWES, Christopher (Dr)	US AMLR Program Southwest Fisheries Science Center PO Box 271 La Jolla, Ca. 92038 USA chewes@ucsd.edu

HEWITT, Roger (Dr) Convenor, Workshop on Area 48  
US AMLR Program  
Southwest Fisheries Science Center  
PO Box 271  
La Jolla, Ca. 92038  
USA  
rhewitt@ucsd.edu

HOLM-HANSEN, Oz (Dr) US AMLR Program  
Southwest Fisheries Science Center  
PO Box 271  
La Jolla, Ca. 92038  
USA

HOLT, Rennie (Dr) US AMLR Program  
Southwest Fisheries Science Center  
PO Box 271  
La Jolla, Ca. 92038  
USA  
rholt@ucsd.edu

LOEB, Valerie (Dr) Moss Landing Marine Laboratories  
PO Box 450  
Moss Landing, Ca. 95039  
USA  
loeb@mml.calstate.edu

MILLER, Denzil (Dr) Chairman, Scientific Committee  
Sea Fisheries Research Institute  
Private Bag X2  
Roggebaai 8012  
South Africa  
dmiller@sfri.wcape.gov.za

MURPHY, Eugene (Dr) British Antarctic Survey  
High Cross, Madingley Road  
Cambridge CB3 0ET  
United Kingdom  
e.murphy@bas.ac.uk

MURRAY, Alistair (Mr) British Antarctic Survey  
High Cross, Madingley Road  
Cambridge CB3 0ET  
United Kingdom  
a.murray@bas.ac.uk

NAGANOBU, Mikio (Dr)  
National Research Institute of Far Seas Fisheries  
Orido 5-7-1, Shimizu  
Shizuoka 424  
Japan  
naganobu@enyo.affrc.go.jp

REID, Keith (Mr)  
British Antarctic Survey  
High Cross, Madingley Road  
Cambridge CB3 0ET  
United Kingdom  
k.reid@bas.ac.uk

REILLY, Steven (Dr)  
IWC Observer  
Southwest Fisheries Center  
PO Box 271  
La Jolla, Ca. 92038  
USA  
sreilly@ucsd.edu

SIEGEL, Volker (Dr)  
Bundesforschungsanstalt für Fischerei  
Institut für Seefischerei  
Palmaille 9  
D-22767 Hamburg  
Germany  
siegel.ish@bfa-fisch.de

TRATHAN, Philip (Dr)  
British Antarctic Survey  
High Cross, Madingley Road  
Cambridge CB3 0ET  
United Kingdom  
p.trathan@bas.ac.uk

TRIVELPIECE, Wayne (Dr)  
Department of Biology  
Montana State University  
310 Lewis Hall  
Bozeman, Mt. 59717  
USA  
waynet@montana.edu

WATKINS, Jon (Dr)  
British Antarctic Survey  
High Cross, Madingley Road  
Cambridge CB3 0ET  
United Kingdom  
j.watkins@bas.ac.uk

WATTERS, George (Dr)

Inter-American Tropical Tuna Commission  
8604 La Jolla Shores Drive  
San Diego, Ca. 92037  
USA  
g.watters@iattc.ucsd.edu

CCAMLR Secretariat:  
RAMM, David (Dr)

PO Box 213  
North Hobart 7002  
Tasmania, Australia  
david@ccamlr.org

Administrative Support:  
LELAND, Julie

British Antarctic Survey  
High Cross, Madingley Road  
Cambridge CB3 0ET  
United Kingdom  
j.leland@bas.ac.uk



## LISTE DES DOCUMENTS

Atelier sur la zone 48  
(La Jolla, USA, du 15 au 26 juin 1998)

- WS-Area48-98/1 Provisional Agenda for the 1998 Workshop on Area 48
- WS-Area48-98/2 List of Participants
- WS-Area48-98/3 List of Documents
- WS-Area48-98/4 Do krill and salp compete? Contrary evidence from the krill fisheries  
(*CCAMLR Science*, in press)  
S. Kawaguchi (Japan), W.K. de la Mare (Australia), T. Ichii and  
M. Naganobu (Japan)
- WS-Area48-98/5 Relationships of Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) variability  
with westerlies fluctuations and ozone depletion in the Antarctic  
Peninsula area  
(*Journal of Geophysical Research*, submitted)  
M. Naganobu, K. Kutsuwada, Y. Sasai and S. Taguchi (Japan)
- WS-Area48-98/6 A method for providing a statistical summary of CEMP indices  
I.L. Boyd and A.W.A. Murray (UK)
- WS-Area48-98/7 Ecosystem monitoring and management, past, present and future  
I. Everson (UK)
- WS-Area48-98/8 Interannual variability of the South Georgia marine ecosystem:  
biological and physical sources of variation in the abundance of krill  
E.J. Murphy, J.L. Watkins, K. Reid, P.N. Trathan, I. Everson, J.P.  
Croxall, J. Priddle, M.A. Brandon, A.S. Brierley (UK) and E. Hofmann  
(USA)
- WS-Area48-98/9 Acoustic estimates of krill abundance at South Georgia, 1981–1998  
A.S. Brierley, J.L. Watkins, C. Goss, M.T. Wilkinson and I. Everson  
(UK)
- WS-Area48-98/10 Sea-surface temperature anomalies near South Georgia: relationships  
with the South Atlantic and the Pacific El Niño regions  
P. Trathan and E.J. Murphy (UK)

- WS-Area48-98/11 Concordance of interannual fluctuations in densities of krill around South Georgia and Elephant Islands: biological evidence of same-year teleconnections across the Scotia Sea  
A.S. Brierley (UK), D.A. Demer, R.P. Hewitt (USA) and J.L. Watkins (UK)
- WS-Area48-98/12 Indices of predator performance from Signy Island, South Orkney Islands 1979–1997  
A.S. Lynnes and A.W.A. Murray (UK)
- WS-Area48-98/13 Indices of predator performance from South Georgia 1976–1998  
D.R. Briggs, K. Reid, J.P. Croxall, I.L. Boyd and D.J. Brown (UK)
- WS-Area48-98/14 Combined indices of predator performance at South Georgia 1976–1998  
K. Reid, D.R. Briggs, I.L. Boyd and J.P. Croxall (UK)
- WS-Area48-98/15 Krill population dynamics at South Georgia 1991–1997, based on data from predators and nets  
K. Reid, J.L. Watkins, J.P. Croxall and E.J. Murphy (UK)
- WS-Area48-98/16 Environmental variability and the behavioural dynamics of Antarctic fur seals in the South Atlantic  
I.L. Boyd (UK)
- WS-Area48-98/17 Diet, provisioning and productivity responses of predators to differences in availability of Antarctic krill  
J.P. Croxall, K. Reid and P.A. Prince (UK)
- WS-Area48-98/18 Antarctic fur seal (*Arctocephalus gazella*) pup growth rates obtained at Cape Shirreff, Livingston Island, South Shetlands: 1994/95 to 1997/98 (CEMP index C2, procedure B)  
R. Hucke-Gaete, V. Vallejos and D. Torres (Chile)
- WS-Area48-98/19 Variation in condition of the mackerel icefish (draft only for discussion at Area 48 Workshop)  
I. Everson (UK) and K.-H. Kock (Germany)
- WS-Area48-98/20 Population structure and recruitment indices of *Euphausia superba* around South Georgia  
J.L. Watkins (UK)
- WS-Area48-98/21 IWC whale data indices for CCAMLR Area 48 Workshop  
S. Reilly, C. Allison, H. Kato and D. Borchers
- Autres documents :
- WG-EMM-98/4 Rev. 1 CEMP indices 1998: summary of anomalies and trends  
Secretariat

WG-EMM-98/5	Draft revision of the fishery–foraging overlap model Secretariat
WG-EMM-98/6	Draft development of standard methods for environmental data Secretariat
WG-EMM-98/7	Draft report on fine-scale krill data for the 1996/97 season Secretariat

## JEUX DE DONNÉES À LA DISPOSITION DE L'ATELIER SUR LA ZONE 48

### JEUX DE DONNÉES SUR L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

- Étendue des glaces de mer (imagerie par micro-ondes passives)
  - Iles Shetland du Sud
    - Méthodes
    - Estimations mensuelles de la couverture de glace (1979–1997)
    - Indices annuels de l'étendue spatio-temporelle de la couverture de glace (1979–1997)
  - Iles Orcades du Sud
    - Méthodes
    - Estimations mensuelles de la couverture de glace (1987–1997)
    - Indices annuels de l'étendue spatio-temporelle de la couverture de glace (1987–1997)
  - Géorgie du Sud
    - Méthodes
    - Estimations mensuelles de la couverture de glace (1987–1997)
    - Indices annuels de l'étendue spatio-temporelle de la couverture de glace (1987–1997)
  - Mer du Scotia
    - Méthodes
    - Estimations mensuelles of la couverture de glace (1987–1997)
    - Indices annuels de l'étendue spatio-temporelle de la couverture de glace (1987–1997)
- Température de l'air à la station Palmer
  - Méthodes
  - Moyenne mensuelle de la température de l'air (janvier 1947–juin 1996)
  - Moyenne annuelle de la température de l'air (1947–1995)
- Température de la mer en surface
  - Méthodes
  - Valeurs de SST et indices annuels en Géorgie du Sud (1982–1996)
  - Indices et anomalies mensuels d'El Niño du Pacifique (janvier 1974–juillet 1997)
  - Valeurs mensuelles de la SST dans le bassin de Géorgie (38°5'W, 51°5'S, novembre 1981–décembre 1997)
  - Valeurs mensuelles de la SST dans la case Est de la Géorgie du Sud (34°5'W, 54°5'S, novembre 1981–décembre 1997)
  - Valeurs mensuelles de la SST dans la case Ouest de la Géorgie du Sud (38°5'W, 53°5'S, novembre 1981–décembre 1997)
  - Anomalies de la SST en février et septembre en Géorgie du Sud (1982–1997)
- Température de la mer en surface et glaces de mer aux sites du CEMP
  - Méthodes
  - Glaces de mer et SST du CEMP
- Gradient de pression atmosphérique à la surface de la mer au travers du passage Drake
  - Méthodes
  - Gradient de pression atmosphérique à la surface de la mer au travers du passage Drake (1982–1993)
- Températures de la mer près de l'île Éléphant, provenant du programme US AMLR
  - Températures moyennes (CTD) à 4 100 et 500 m

## JEUX DE DONNÉES SUR L'ENVIRONNEMENT BIOTIQUE

- Concentrations de Chl-*a* près de l'île Éléphant
  - Chl-*a* intégrée sur l'ensemble de la zone à l'étude par l'US AMLR
  - Concentrations de Chl-*a* sur le plateau entre les îles Éléphant et du roi George
- Abondance des salpes près de l'île Éléphant
  - Méthodes
  - Estimations annuelles de l'abondance des salpes près de l'île Éléphant
- Principaux composants du zooplancton dans les îles Shetland du Sud
  - *Salpa Thompsoni*, copépodes, *Thysanoessa macrura*, *Themisto gaudichaudii* provenant des campagnes US AMLR
- Salpes et *Thysanoessa macrura* près de l'île Éléphant
  - Méthodes
  - *Salpa thompsoni* and *Thysanoessa macrura* des campagnes d'évaluation allemandes (1976–1997)
- Salpes et *Thysanoessa macrura* près des îles Orcades du Sud
  - Méthodes
  - *Salpa thompsoni* and *Thysanoessa macrura* des campagnes d'évaluation allemandes (1976 et 1989)
- Abondance des salpes près de la Géorgie du Sud
  - Méthodes
  - Abondances des salpes des campagnes d'évaluation allemandes (1975/76)

## JEUX DE DONNÉES SUR LE KRILL

- Distribution des longueurs du krill
  - Campagnes d'évaluation US AMLR près de l'île Éléphant
    - Méthodes
    - Distribution annuelle des longueurs du krill de janvier (1988–1997)
  - Campagnes d'évaluation allemandes près de l'île Éléphant
    - Méthodes
    - Distribution des longueurs du krill par année et trimestre de la campagne d'évaluation (1978–1997)
  - Campagnes d'évaluation allemandes près des îles Orcades du Sud
    - Méthodes
    - Distribution des longueurs du krill (1984, 1988, 1989)
  - Campagnes d'évaluation allemandes près de la Géorgie du Sud
    - Méthodes
    - Distribution des longueurs du krill (1984 et 1988)
- Distribution de maturité du krill
  - Campagnes d'évaluation allemandes près de l'île Éléphant
    - Méthodes
    - Distribution de maturité du krill par année et trimestre de la campagne d'évaluation (1978–1997)
- Indices de recrutement du krill
  - Région de l'île Éléphant
    - Méthodes

- Estimations annuelles de la densité de krill et des recrutements proportionnel et absolu (1980–1996)
- Région de la Géorgie du Sud
  - Indices de recrutement du krill près de la Géorgie du Sud (1987–1997)
- Estimations acoustiques de la biomasse de krill
  - Région de l'île Éléphant
    - Méthodes
    - Estimations annuelles de la densité de krill près de l'île Éléphant (1988–1997)
    - Campagnes d'évaluation US AMLR (1992-1997)
  - Région de la Géorgie du Sud
    - Estimations annuelles de la densité de krill près de la Géorgie du Sud (1981–1998)
- Échantillons de krill dans le régime alimentaire
  - Méthodes
  - Échantillons de krill dans le régime alimentaire des manchots de la baie de l'Amirauté par classe de taille de 5 mm
  - Échantillons de krill dans le régime alimentaire des manchots de la baie de l'Amirauté par classe de taille de 1 mm

## JEUX DE DONNÉES SUR LES PRÉDATEURS

- Gorfous macaroni (*Eudyptes chrysolophus*)
  - Gorfous macaroni de l'île Bird (banque de données du CEMP)
  - Gorfous macaroni en Géorgie du Sud
  - Gorfous macaroni à la pointe Stinker et à l'île Seal (banque de données du CEMP)
- Manchots papous (*Pygoscelis papua*)
  - Manchots papous de l'île Signy (banque de données du CEMP)
  - Manchots papous de l'île Bird (banque de données du CEMP)
  - Manchots papous en Géorgie du Sud
  - Manchots papous de l'île Signy
  - Manchots papous de la baie de l'Amirauté
  - Notes sur les méthodes de contrôle des manchots de la baie de l'Amirauté
- Manchots Adélie (*Pygoscelis adeliae*)
  - Manchots Adélie des îles Signy et Laurie (banque de données du CEMP)
  - Manchots Adélie de l'île Signy
  - Manchots Adélie de l'île Anvers, la base Esperanza et la pointe Stinker (banque de données du CEMP)
  - Manchots Adélie de la baie de l'Amirauté
  - Notes sur les méthodes de contrôle des manchots de la baie de l'Amirauté
- Manchots à jugulaire (*Pygoscelis antarctica*)
  - Manchots à jugulaire de l'île Signy (banque de données du CEMP)
  - Manchots à jugulaire de l'île Signy
  - Manchots à jugulaire de l'île Seal, de la pointe Stinker et du cap Shirreff (banque de données du CEMP)
  - Manchots à jugulaire de la baie de l'Amirauté
  - Notes sur les méthodes de contrôle des manchots de la baie de l'Amirauté
- Albatros à sourcils noirs (*Diomedea melanophrys*)
  - Albatros à sourcils noirs de l'île Bird (banque de données du CEMP)
  - Albatros à sourcils noirs de Géorgie du Sud

- Otaries de Kerguelen (*Arctocephalus gazella*)
  - Otaries de Kerguelen de l'île Bird (banque de données du CEMP)
  - Otaries de Kerguelen de Géorgie du Sud
  - Otaries de Kerguelen de l'île Seal et du cap Shirreff (banque de données du CEMP)
- Échantillons de krill dans le régime alimentaire
  - Méthodes
  - Échantillons de krill dans le régime alimentaire des manchots de la baie de l'Amirauté par classe de taille de 5 mm
  - Échantillons de krill dans le régime alimentaire des manchots de la baie de l'Amirauté par classe de taille de 1 mm
- Campagnes d'évaluation des baleines mysticètes de la CIB
  - Méthodes
  - Campagnes de repérage visuel CIB/IDCR (1981, 1982, 1983, 1986, 1987, 1989, 1990, 1994)
  - Campagnes de repérage visuel effectuées par des navires de prospection japonais (1973, 1975, 1976, 1980, 1981, 1982, 1986)
  - Carte du déploiement de la campagne CIB/IDCR
  - Carte de l'effort de la campagne de repérage visuel déployé par des navires de prospection japonais
  - Carte de la répartition du krill par taille à partir des échantillons stomacaux des cétacés
  - Capture de petits rorquals (1957–1987)
  - Blanc de baleine et contenus stomacaux des petits rorquals (1976)
- Indices de condition du poisson des glaces
  - Méthodes
  - Indices de condition du poisson des glaces en Géorgie du Sud et aux îlots Shag
  - Indices de condition du poisson des glaces aux îles Shetland du Sud et Éléphant

## INDICES RÉCAPITULATIFS

- Environnement physique
  - Pour l'été : température de la mer en surface, SOI, indices d'El Niño , DPOI et température de l'air à la station Palmer (novembre–mars)
  - Pour l'hiver : température de la mer en surface, SOI, indices d'El Niño , DPOI et température de l'air à la station Palmer (juin–octobre)
  - Indices annuels normalisés de la couverture de glace pour les îles Shetland du Sud et Orcades du Sud, la Géorgie du Sud et la mer du Scotia
  - Graphe des proportions mensuelles de la couverture de glace pour les îles Shetland du Sud et Orcades du Sud, la Géorgie du Sud et la mer du Scotia
  - Températures à 4 100 et 500 m dans les zones 1 et 4 de l'île Éléphant
- Environnement biotique
  - *Salpa thompsoni*, copépodes, *Thysanoessa macrura*, *Themisto gaudichaudii*, Chl-*a* intégrée pour janvier dans la région de l'île Éléphant (1990–1998)
- Krill
  - Densité de krill, acoustique et au filet, recrutements proportionnel et absolu pour les sous-zones 48.1 et 48.3
  - Indices de la CPUE du krill
- Prédateurs

- Performance des prédateurs en été aux îles Bird, Signy et Seal, à la baie de l'Amirauté et à l'île Seal
- Performance des prédateurs en hiver aux îles Bird et Signy et à la baie de l'Amirauté
- Repérages de baleines mysticètes dans les sous-zones 48.1, 48.2 et 48.3
- Indice de condition du poisson des glaces en Géorgie du Sud et aux îlots Shag
- Condition du poisson des glaces aux îles Shetland du Sud et Éléphant



## ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES (ACP)

### HISTORIQUE

1. Avantages de cette méthode:
  - (i) une technique descriptive - pas de tests prescrits, donc pas de "normes" requises pour les distributions fondamentales;
  - (ii) identification de nouvelles variables (composantes principales) "synthétiques" qui sont des combinaisons linéaires des variables originales (normalisées,  $\mu = 0$ ,  $\sigma = 1$ )
  - (iii) récapitulation de la plupart de la variation dans un jeu de données en deux ou trois composantes principales de ce type, ce qui réduit la "dimension" des données;
  - (iv) elle repose sur la matrice de corrélation des variables, tenant compte de la relation unissant les unes aux autres;
  - (v) elle permet de classer les observations pour qu'elles puissent être comparées avec des gradients physiques ou environnementaux connus;
  - (vi) elle présente les résultats sur un graphe facile à comprendre, indiquant les observations et les variables originales (graphe à deux variables); et
  - (vii) il existe des méthodes de comparaison des diverses ACP.
2. Limites :
  - (i) risque de ne pas trouver de solution de dimension limitée qui soit bien ajustée;
  - (ii) étant "linéaire", la méthode risque de ne pas représenter avec exactitude les tendances non linéaires des données;
  - (iii) plus il y a de variables d'incluses, moins la solution de dimension limitée sera ajustée en raison du bruit aléatoire dans les variables, et en conséquence, de la perte des corrélations observées; et
  - (iv) elle nécessite des jeux de données "complets" - toutes les observations (colonnes) manquantes ont pour résultat l'omission de cette unité (ligne) de l'analyse.

## APPLICATION À L'ANALYSE DES DONNÉES DE MANCHOTS PAPOUS

3. Toutes les variables pour cette espèce des sites de l'île Bird et de la baie de l'Amirauté de 1986 à 1998 sont utilisées. La taille de la population est représentée en tant que différence de taille de la population au cours des années successives.
4. Pour l'île Bird (figure E.1), les deux composantes principales couvrent respectivement 75% et 13% de la variation. La première sépare en fait les mauvaises années marquées de 1991, 1994 et 1998 et les mauvaises années peu marquées de 1997 et 1990 du reste.
5. La deuxième composante principale indique une séparation des variables d'été (poids du repas et succès de la reproduction) et la variable de l'hiver suivant (date d'arrivée) avec la variable intermédiaire d'hiver sur plusieurs années (taille différentielle de la population). Cela peut indiquer un degré de différence entre les caractéristiques de quelques-unes des bonnes années (1998 et 1993 par ex.)
6. Pour la baie de l'Amirauté (figure E.2) les deux premières composantes principales couvrent respectivement 76% et 14% de toute la variation. La première composante différencie les mauvaises années de 1987 et 1991 du reste. Les variables d'été (succès de la reproduction et composantes connexes) sont orthogonales aux variables d'hiver (changement de la survie de la population et poids des œufs). De plus, 1986 est identifié comme étant distinct, reflétant probablement l'échec exceptionnel du recrutement (faible survie des juvéniles) cette année-là.
7. La comparaison directe des résultats (figure E.3) des indices normalisés combinés (CSI) des manchots papous des deux sites permet d'identifier une similarité marquée en réponse à la mauvaise année de 1991, une bonne cohérence de 1988 à 1992, et une cohérence plus faible en 1995 et 1996. Les années 1986, 1994 et 1998 (et à un moindre degré 1993), montrent le moins de cohérence, par des réponses essentiellement opposées.

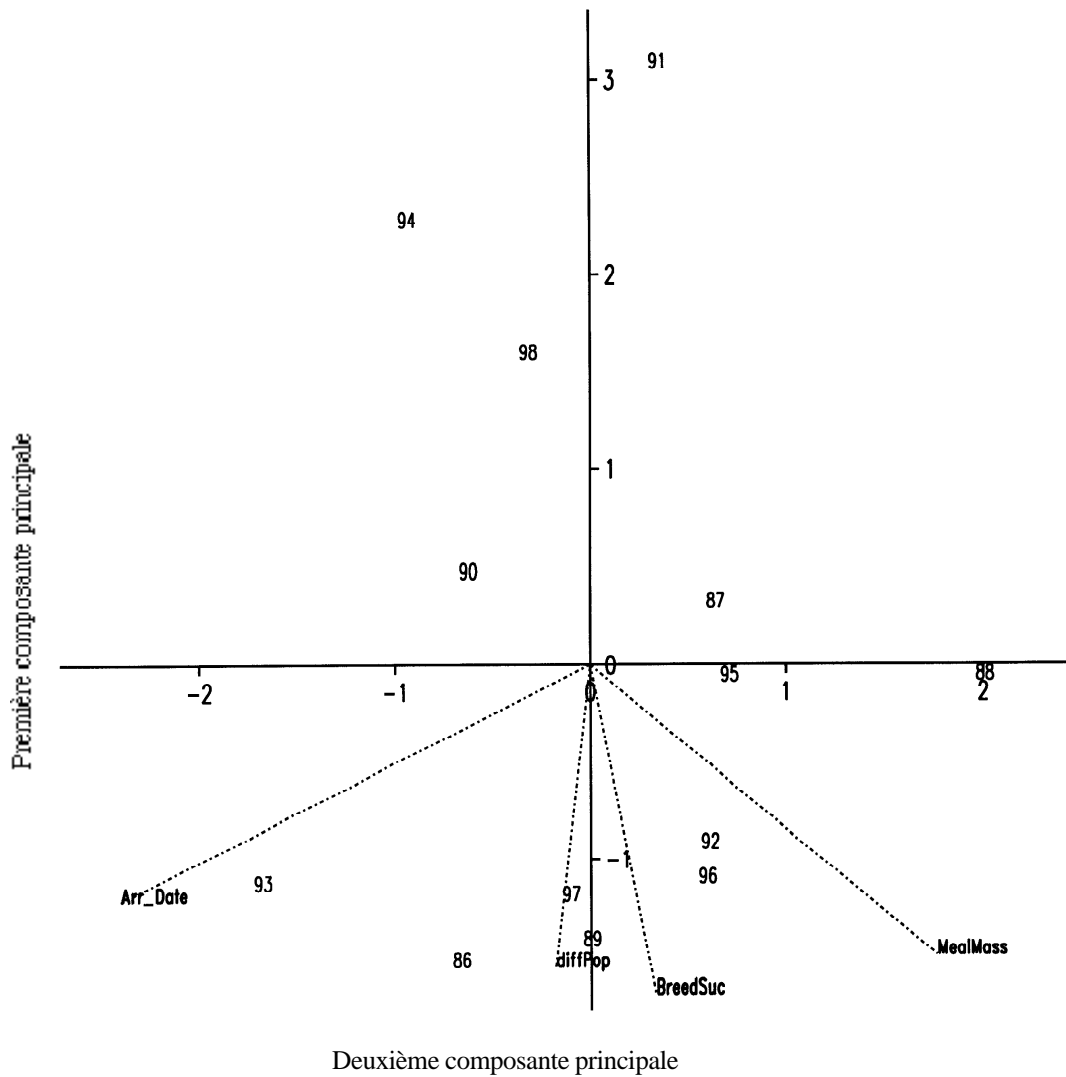


Figure E.1 : ACP pour les manchots papous (PYP) de l'île Bird (BIG) utilisant la date d'arrivée (nombre de jours avant le 31 décembre), le poids du repas, le succès reproductif et les changements annuels de taille de la population. Les variables sont données en tant que vecteurs et les années en tant que points indiquant l'année pendant laquelle s'est terminée la saison de reproduction.

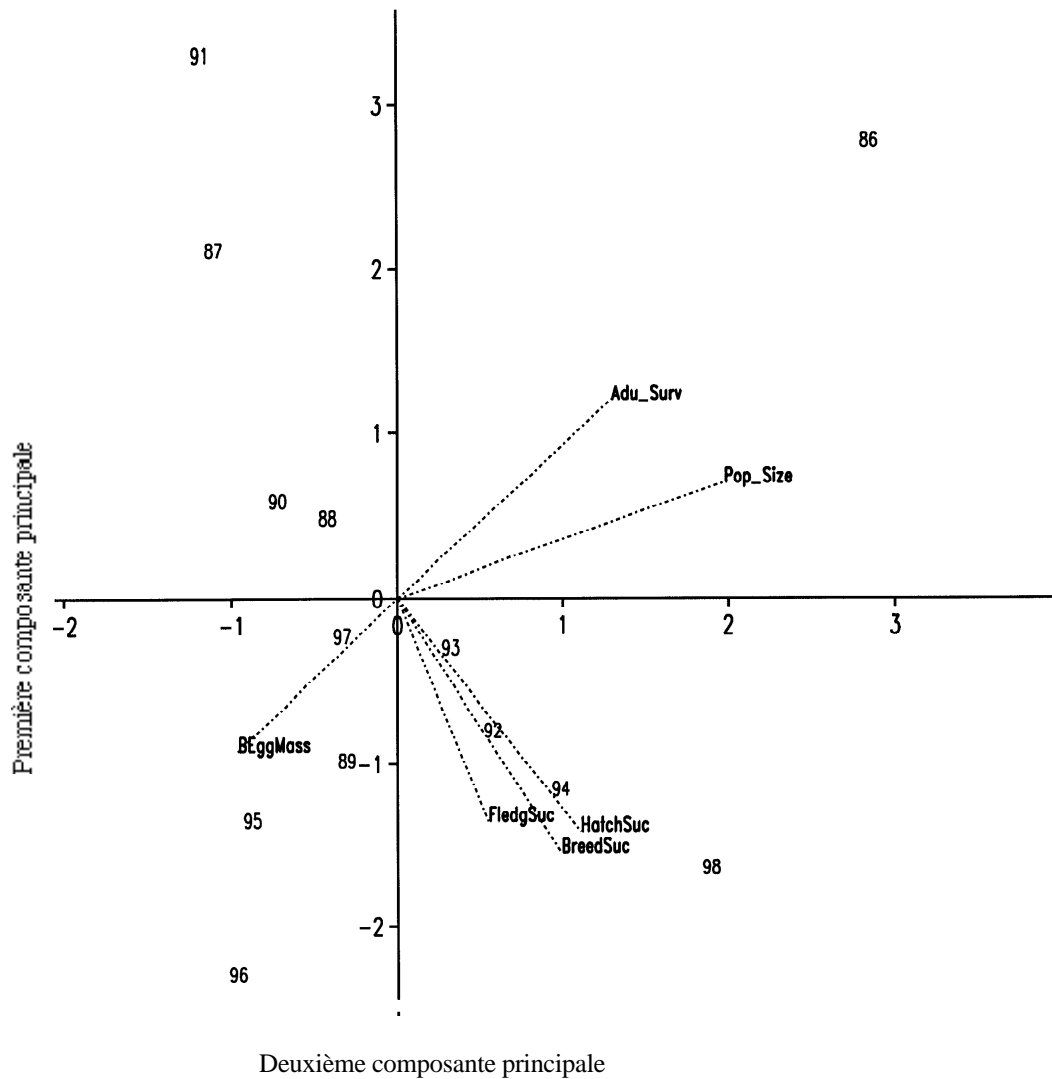


Figure E.2 : ACP pour les manchots papous (PYP) de la baie de l'Amirauté (ADB) utilisant la survie des adultes, la taille de l'œuf B, l'éclosion, la première mue, le succès reproductif et les changements annuels de taille de la population. Les variables sont données en tant que vecteurs et les années en tant que points indiquant l'année pendant laquelle s'est terminée la saison de reproduction..

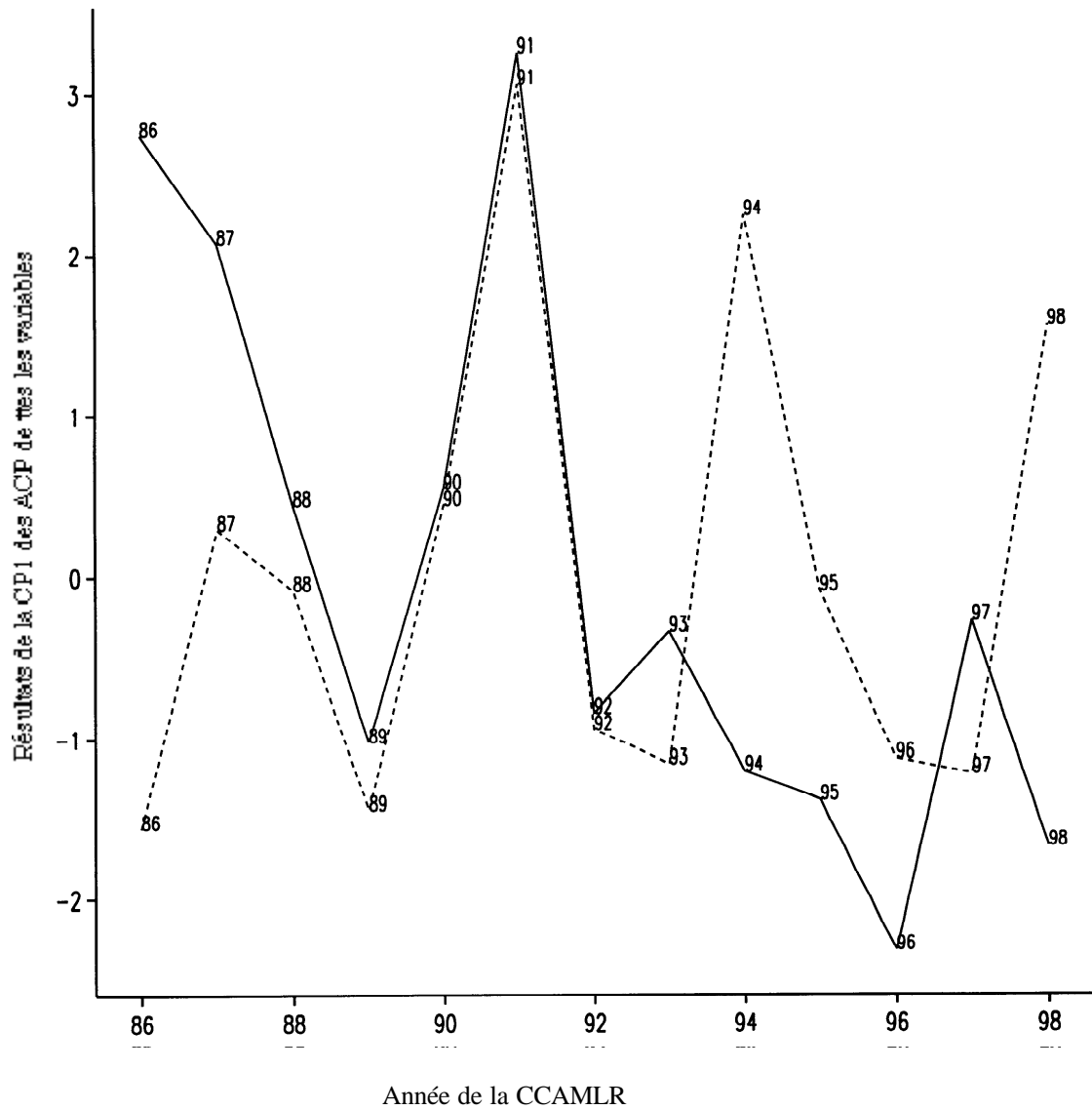


Figure E.3 : Graphe des résultats de la première composante principale des analyses illustrées sur les figures E.1 et E.2, en fonction de la date (l'année pendant laquelle s'est terminée la saison de la reproduction). Trait continu pour la baie de l'Amirauté (ADB), pointillés pour l'île Bird (BIG).