

**RAPPORT DE L'ATELIER SUR L'ETUDE
PAR SIMULATION DE LA CPUE DU KRILL**

(Southwest Fisheries Centre, La Jolla, Californie, du 7 au 13 juin 1989)

**RAPPORT DE L'ATELIER SUR L'ETUDE PAR SIMULATION
DE LA CPUE DU KRILL**

(Southwest Fisheries Centre, La Jolla, Californie, USA, 7-13 juin 1989)

RESUME, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

RESUME

L'Atelier a donné aux participants l'occasion de travailler en proche collaboration avec les Conseillers sur les détails de leurs simulations et de leurs analyses.

2. Compte tenu de ces discussions, certaines révisions des modèles utilisés ont été réalisées, et divers problèmes techniques ont été identifiés et traités.

3. Les conclusions principales des rapports des Conseillers qui, après révision, ont été acceptées par le Groupe, nécessitent de faire une distinction principale entre les informations sur le nombre, le type et la taille des concentrations de krill et les informations sur l'abondance du krill au sein des concentrations.

4. L'Atelier a développé une classification opérationnelle des concentrations en trois types : celles formées d'essaims de krill relativement éparpillés, petits et discrets, celles formées de grandes agrégations d'essaims de krill et celles formées d'importantes couches de krill.

5. Les données rassemblées régulièrement par les navires de prospection de l'URSS se portent à des analyses qui estiment le nombre et la taille des concentrations dans des zones d'intérêt écologique.

6. Ces analyses comportent quelques incertitudes qui pourraient être résolues si des informations supplémentaires sur l'opération des navires étaient rassemblées. L'Atelier a fait des recommandations sur le recueil des données supplémentaires pour que ces incertitudes soient résolues.

7. Les données recueillies habituellement par les navires de pêche japonais se portent, en principe, à des analyses qui utilisent la capture par unité de temps de recherche pour estimer les changements dans l'abondance du krill au sein des concentrations. Pourtant quelques difficultés sont liées à ces analyses.

8. Le travail des Conseillers sur la pêcherie japonaise a surtout porté sur une distinction entre le temps passé uniquement à la recherche des agrégations de krill et le temps où la prospection a lieu, mais d'autres activités continuent. Les navires de pêche japonais ne mènent leurs opérations de pêche que dans les zones de grande abondance de krill, et dans ces zones il n'est pas pratique de faire la distinction entre ces deux modes de recherche.

9. Les analyses effectuées lors de l'Atelier ont nécessité une évaluation de la sensibilité des indices différents de la CPUE aux différents types de variations dans l'abondance du krill, à savoir: changements de densité à l'intérieur des essaims, changements de taille des essaims, et changements du nombre d'essaims par unité de surface au sein d'une concentration.

10. Lorsqu'un changement de densité s'est produit à l'intérieur d'un essaim, il peut être détecté par des changements dans l'indice basé sur la capture par temps de pêche.

11. Lors des changements de taille des essaims ou de nombre d'essaims au sein d'une concentration, ceux-là peuvent être détectés par des changements d'indices basés sur la capture par unité de temps de recherche.

12. Quand le krill est concentré en couches, la relation entre l'abondance du krill et la CPUE est faible, c'est à dire qu'un changement important d'abondance du krill a été réflété par un faible changement d'indice de la CPUE. Dans ce cas, une stratégie recommandée par l'Atelier est l'estimation de l'abondance des concentrations qui consistent en grandes couches et l'estimation de la taille des concentrations et leur densité.

13. L'Atelier a convenu qu'un Indice composite d'abondance du krill pourrait être constitué à partir d'informations sur les concentrations de krill provenant des navires de prospection de l'URSS, et sur l'abondance du krill au sein des concentrations, provenant des navires de pêche japonais. Cet Indice ne serait significatif que pour des zones écologiques reconnues dans l'océan Austral pour lesquelles on dispose de données sur la prospection ainsi que sur la pêche commerciale. La tâche d'identification de ces zones devrait être entreprise par le Groupe de travail sur le krill.

14. Les propriétés générales de l'Indice sont telles que de faibles changements d'abondance du krill risquent de ne pas être perçus, alors que tout changement statistique significatif de l'Indice impliquerait un changement majeur d'abondance du krill. Ce fait a une portée évidente pour les délibérations du Groupe de travail de la Commission, chargé du développement d'approches de conservation des ressources marines vivantes de l'Antarctique.

15. Bien que les propriétés générales de l'Indice aient pu être déduites, il a été reconnu par l'Atelier qu'une connaissance approfondie du comportement quantitatif de l'Indice est nécessaire. L'Atelier a donc recommandé que la sensibilité de l'Indice composite d'abondance à la variation des valeurs des paramètres soit étudiée de manière plus approfondie.

16. Nombre d'incertitudes au sujet du comportement des indices de la CPUE n'ont pu être résolues qu'à l'aide d'informations provenant de prospections acoustiques des concentrations de krill. L'Atelier a adressé ces problèmes au Groupe de travail sur le krill.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

17. La pêcherie japonaise et celle de l'URSS fonctionnent de manières différentes. La pêcherie de l'URSS se sert de navires de prospection qui localisent les concentrations exploitables, puis appellent les navires de pêche, tandis que les navires de pêche japonais opèrent plus ou moins indépendamment. Les commentaires qui suivent relatifs à ces deux pêcheries sont censés être généraux, pour que les opérations de pêche des autres nations puissent être classées en conséquence.

18. La pêcherie de l'URSS, quoiqu'extensive, couvre une proportion relativement faible de la superficie totale de l'océan Austral. La flottille de pêche est beaucoup plus petite et en conséquence couvre une aire plus restreinte. Au sein de ces zones limitées d'opérations de pêche, l'Atelier a démontré que la CPUE était de quelque utilité comme source d'informations sur l'abondance du krill.

19. Les données disponibles des navires qui opèrent à l'appui de la flottille de pêche de l'URSS fournissent en effet des informations utiles sur le nombre et la taille des concentrations de krill.

20. L'Atelier a développé une classification opérationnelle des concentrations en trois types : celles formées d'essaims de krill relativement éparpillés, petits et discrets, celles formées de grandes agrégations d'essaims de krill et celles formées d'importantes couches de krill.

21. La pêche japonaise exploite ces deux derniers types de concentrations. Les données par trait de chalut de la pêche japonaise pourraient être utilisées pour estimer l'abondance à l'intérieur des concentrations. Leur intérêt et la méthode à utiliser dépendent du type de concentration et de la façon dont l'abondance du krill change, c'est-à-dire des changements de taille des essaims, de densité à l'intérieur des essaims ou du nombre d'essaims dans une concentration.

22. Il est impossible de définir convenablement le Temps de recherche primaire (voir paragraphe 62) dans la pêche japonaise, et de ce fait, il n'est pas possible de l'utiliser comme indice d'effort de recherche. Pourtant, les données qui sont recueillies actuellement à bord des navires commerciaux japonais, à savoir les heures de commencement et de fin de pêche, sont utiles parce que l'on peut s'en servir pour en dériver un temps de recherche effectif.

23. Vu que l'abondance du krill et les indices de la CPUE ne changent pas proportionnellement, de la découverte de tout changement d'indice découle un changement sensible d'abondance moyenne dans les zones d'intérêt.

24. Combiner les résultats des deux approches dans un Indice composite d'abondance présente des avantages considérables; les données provenant de l'URSS servent à déterminer le nombre et la taille des concentrations, et les données japonaises à déterminer l'abondance au sein des concentrations. Pourtant l'application de cet Indice composite d'abondance est limitée en raison de l'aire limitée dans laquelle la pêche japonaise mène ses opérations.

25. Il faut évaluer soigneusement un tel Indice composite vu qu'un certain nombre de variables composantes ne changent pas proportionnellement à l'abondance et aussi en raison de nombreuses incertitudes relatives à l'estimation optimale de ces variables.

26. Il est essentiel, afin d'améliorer la qualité de l'Indice composite, que le recueil des données suive les procédures standard.

27. Certains paramètres de composition des concentrations tels que la taille des essaims, le nombre d'essaims par unité de surface de la concentration et la distance entre les essaims, sont essentiels pour contrôler l'abondance. Ceux-ci sont déterminés au mieux par la méthode acoustique.

28. L'Atelier a donc recommandé que :

- i) Les navires de prospection qui opèrent à l'appui d'une flottille de pêche devraient recueillir des données conformément au format du carnet de passerelle discuté au paragraphe 73 et expliqué à l'Appendice 5 du rapport de l'Atelier. Les données de ces navires devraient être analysées afin de fournir des estimations de taille et de type de concentrations de krill comme il est suggéré à l'Appendice 5 et au WS-KCPUE-89/6 Rev. 1.
- ii) Tous les navires de pêche devraient recueillir des données par trait de chalut de la même manière que la pêcherie japonaise actuelle.
- iii) Les données enregistrées par trait de chalut devraient être analysées afin de fournir les indices d'abondance appropriés, basés sur la capture par unité de temps de recherche au sein des concentrations de krill sur une période de déclaration de dix jours. De telles analyses pourraient être entreprises soit par la CCAMLR soit par le pays exploitant qui a recueilli les données, et devraient être effectuées annuellement.
- iv) Les procédures analytiques suggérées ci-dessus devraient être menées à titre d'essai, et révisées au bout de trois ans.
- v) Les données acoustiques devraient être utilisées pour déterminer la taille des essaims, le nombre d'essaims par unité de surface de la concentration et la distance entre les essaims à l'intérieur des concentrations.
- vi) La description précise des données acoustiques nécessaires devrait être adressée au Groupe de travail sur le krill.
- vii) Les activités supplémentaires suivantes devraient être menées :
 - a) Une détermination de la sensibilité de l'Indice composite d'abondance aux variations des valeurs des paramètres. Cependant son utilité dépend de l'aptitude du Groupe de travail sur le krill à déterminer les valeurs des paramètres clés et leurs distributions.

- b) Le modèle de simulation de la pêche japonaise devrait être modifié par le Conseiller afin d'éviter d'avoir à faire la distinction entre les Temps de recherche primaire et secondaire.

RAPPORT DE L'ATELIER

INTRODUCTION

29. L'Atelier s'est tenu au Southwest Fisheries Centre of the National Marine Fisheries Service à la Jolla, Californie, USA, du 7 au 13 juin 1989.

30. Le Président de l'étude, Dr J. Beddington (GB) a présidé la réunion. Un ordre du jour provisoire, distribué avant la réunion, a été amendé pour inclure un nouvel article à la demande du Président du Groupe de travail de la Commission pour le développement d'approches de conservation des ressources marines vivantes de l'Antarctique. L'ordre du jour révisé a ensuite été adopté (Appendice 1).

31. Une liste des participants figure à l'Appendice 2.

32. Le rapport a été préparé par Mlle M. Basson, le Professeur D. Butterworth, les Drs I. Everson et D. Powell.

33. Les documents de réunion reçus au Secrétariat de la CCAMLR ont été distribués aux participants. D'autres documents ont été présentés à la réunion. La liste des documents de réunion figure à l'Appendice 3.

Activités faisant suite à SC-CAMLR-VII

34. Les discussions faisant suite à la présentation des rapports des Conseillers de SC-CAMLR-VII ont indiqué que des modifications sur les simulations de base étaient nécessaires, basées sur une compréhension plus approfondie des pêcheries de krill japonaises et soviétiques.

35. Les Drs J. Beddington (Président) et M. Mangel (Conseiller) ont tous deux écrit au représentant soviétique du Comité scientifique pour une information similaire, mais ni l'un

ni l'autre n'a reçu de réponse. Aucune information supplémentaire sur les pêcheries de l'URSS n'était disponible à la réunion.

Informatique

36. Un ordinateur central VAX 11/780 a été mis à la disposition de la réunion et les analyses entreprises ont été traitées par lots.

Principales tâches de l'Atelier

37. Les principales tâches de l'Atelier ont été définies par le Comité scientifique (SC-CAMLR-VII, paragraphe 2.41) :

- (i) permettre les discussions approfondies et finales sur les modèles développés par les Conseillers, ainsi que leurs effets sur l'utilisation potentielle de la CPUE pour mesurer l'abondance du krill;
- (ii) examiner les raffinements du modèle de la répartition du krill utilisé dans les études des Conseillers, à la lumière d'analyses complémentaires sur les données existantes des prospections de recherche sur le krill devant être présentées à l'Atelier et considérer si ces raffinements modifient les conclusions tirées des études existantes;
- (iii) considérer l'aspect pratique de la collecte régulière des différents types d'information sur le temps de recherche, à la lumière des analyses devant être présentées à la collecte expérimentale de ces données : données qui ont été recueillies sur les navires japonais, et sur quelques navires de recherche soviétiques; et
- (iv) faire des recommandations au Comité scientifique en ce qui concerne l'utilité possible de la CPUE pour mesurer la biomasse du krill, l'indice ou les indices les plus efficaces et les plus pratiques à utiliser, et les impératifs qui en découlent pour la collecte régulière des données dans la pêche du krill.

EXAMEN DES RAPPORTS DES CONSEILLERS

Pêcherie japonaise

38. Le Professeur Butterworth a présenté son document "A Simulation Study of Krill Fishing by an Individual Japanese Trawler" (WS-KCPUE-89/4). Celui-ci a été remis à SC-CAMLR-VII. L'étude tente de reproduire la pêche de krill japonaise pendant janvier et février, période de pointe des activités de pêche.

39. Le modèle distributionnel du krill utilisé dans l'étude est celui de "regroupements au sein de regroupements". A l'échelle la plus précise, le krill est présent en "essaims". Les regroupements de ces essaims sont nommés "concentrations". Les données japonaises indiquent que les essaims d'une même concentration ont tendance à avoir les mêmes caractéristiques de taille et de conditions alimentaires ("teinte verte").

40. Le modèle simule la stratégie de recherche initiale d'une concentration de la manière indiquée ci-après. Il est présumé qu'un navire de pêche commence sa recherche dans une position située à environ 100 milles nautiques au nord de la bordure glaciaire à l'extrémité occidentale d'une zone de 600 milles x 600 milles donnée, et qu'il se dirige vers le centre de la limite sud. Cette recherche initiale s'effectue en ligne droite. La pêche est présumée commencer une fois que le trajet du navire coupe la limite d'une concentration de krill. L'Atelier a été informé qu'en pratique les navires de pêche se déplacent en une ligne droite en direction de la limite glaciaire, mais que s'ils rencontrent la moindre indication de krill, ils effectuent un mouvement de recherche localisé et intensif pour déterminer si la concentration trouvée est exploitable. Les essaims et par conséquent les concentrations sont découverts par méthode acoustique.

41. La recherche de concentrations aux abords de la limite sud ou en quittant la dernière concentration découverte n'est plus modélisée par simulation du trajet du navire. Au lieu de cela, la formule de recherche aléatoire est utilisée, ce qui a l'avantage de permettre une marge de mouvement des concentrations dans le temps. Les estimations sur le terrain de vitesse de déplacement des agrégations de krill (Kanda et al., 1982; Everson et Murphy, 1987) ne sont pas en contradiction avec la valeur de 15 cm/sec utilisée dans le modèle. Des observations japonaises indiquent que dans la région de la pente du plateau, les concentrations ont tendance à rester plus ou moins dans la même position.

42. La formule de recherche aléatoire utilisée dans la simulation est :

$$\text{Prob (détection de concentration dans un temps } t) = 1 - \exp(-wdvt) \quad (1)$$

dans laquelle d est la densité des concentrations (nombre par unité de surface) et v la vitesse de recherche du navire. Comme les aires de recherche des écho-sondeurs et sonars sont étroites par rapport aux dimensions d'une concentration, w est censé représenter la médiane des diamètres d'une concentration simulée. Produire un nombre aléatoire à partir d'une distribution uniforme sur $[0,1]$ et résoudre la formule ci-dessus pour t , donne le temps utilisé pour trouver la concentration exploitable suivante (Temps de recherche de concentration, CST). Si le nombre ou la taille type des concentrations décroît, le CST aura tendance à augmenter en raison des valeurs inférieures obtenues pour d ou w respectivement.

43. Le navire peut arrêter la pêche d'une concentration pour l'une des trois raisons suivantes: la nécessité de retourner au cargo pour décharger, l'intervention de mauvais temps, ou un taux de capture trop faible. Il est présumé que le mauvais temps fait toujours perdre le contact d'un navire avec la concentration et que le navire est déplacé de 50 milles nautiques dans n'importe quelle direction. En réalité, cependant, le navire peut souvent maintenir le contact avec une bonne concentration même si les opérations de pêche doivent être interrompues. Dans le modèle, les fluctuations aléatoires des temps de recherche peuvent conduire à des temps de recherche exceptionnellement longs entre essais exploitables et par là même, à des taux de capture faibles. Les biomasses de concentration sont beaucoup plus importantes que la capture type effectuée par un chalutier sur une période simulée de deux semaines, afin que la capture effectuée ait un effet négligeable sur le taux de capture. En réalité, les taux de capture vont vraisemblablement baisser en conséquence des changements dans le comportement grégaire du krill avec le temps; cette caractéristique n'est pas incorporée dans le modèle en raison de l'absence de données quantitatives sur ce comportement.

44. La recherche d'essaims dans une concentration est aussi modélisée sur un procédé de recherche aléatoire comme suit :

$$\text{Prob (détection d'essaim en un nombre } t \text{ d'heures)} = 1 - \exp(-\lambda t) \quad (2)$$

dans lequel $\lambda = 4(\text{heures})^{-1}$. La formule est ajustée quand le nombre d'essaims par unité de surface d'une concentration diminue, et donc que le Temps de recherche primaire (PST) pour trouver le prochain essaim augmente. Des diminutions du rayon de l'essaim (r) et de densité

de krill dans un essaim (δ) causent aussi un accroissement du PST en raison d'un déclin dans la proportion d'essaims considérés assez grands pour valoir la peine d'être pêchés (voir plus bas, paragraphe 48).

45. La valeur de t dans l'équation 2 a été choisie pour donner un temps de recherche moyen (λ^{-1}) d'environ 15 minutes, correspondant aux données d'utilisation du temps recueillies par un chalutier japonais pendant la saison 1986/87. M. Ichii a expliqué que dans de bonnes concentrations, il ne faut que 5 minutes environ aux navires japonais pour trouver un essaim; le reste des 15 minutes est consacré à la mise en position pour commencer le trait. Les résultats de l'étude par simulation reflètent donc une surestimation de la proportion de temps passé en recherche primaire. Un temps moyen de recherche de 5 minutes correspond à $\lambda = 12$. Ceci est davantage compatible avec les estimations des paramètres w , d et v (voir paragraphe 43) pour la recherche d'essaims, qui indiquent que $\lambda = wdv$ serait compris entre 14 et 60.

46. L'équation 2 présume que la pêche est dirigée sur des essaims discrets. Si la pêche a lieu dans des concentrations composées de couches importantes, le temps de recherche est pratiquement nul. L'Atelier a noté qu'une part considérable de l'effort de pêche de krill japonais peut être dirigée sur des concentrations de ce type, et que les résultats de l'étude par simulation ne seraient pas appropriés à de telles activités.

47. En général, la pêche ne commence pas immédiatement après la découverte d'un bon essaim. Auparavant, un certain temps est requis pour compléter le traitement d'une proportion appropriée de la capture du trait précédent; et cela parce que la qualité du krill se détériore rapidement. En conséquence, la capture par trait est en général maintenue à un niveau d'environ 10 tonnes ou moins, afin d'être traitée suffisamment rapidement. Cette période d'attente pendant laquelle la recherche continue, est appelée Temps de recherche secondaire (SST).

48. Les paramètres de taille des essaims de krill et de répartition de densité ont été choisis selon l'information obtenue pendant l'étude FIBEX et les données de Kalinowski et Witek (1983). Les captures par traits non sélectifs de tels essaims atteindraient en moyenne 1,5 tonne, par comparaison avec les captures de 6 à 8 tonnes réalisées par trait sur un seul essaim par les pêcheries japonaises. Ceci est attribué, dans l'étude par simulation, à une sélection délibérée de la part du capitaine du navire, qui ne chalute que des essaims considérés de taille et de densité suffisante, donc exploitables.

Pêcherie soviétique

49. Le Dr Mangel a présenté son document "Analysis and Modelling of the Soviet Southern Ocean Krill Fleet" (WS-KCPUE-89/5), qui a été remis à SC-CAMLR-VII.

50. Le mode d'opération des flottilles de pêche de l'URSS est tout à fait différent de celui des navires japonais qui opèrent individuellement. Les flottilles de pêche de l'URSS opèrent de concert avec des navires de prospection. Ces derniers sont continuellement à la recherche de nouvelles concentrations et informent les navires de pêche quand ils ont découvert de nouvelles concentrations valant la peine d'être pêchées. Les navires de pêche ne vont pas à toutes les concentrations découvertes. Les flottilles de pêche de l'URSS ont tendance à travailler en groupes se déplaçant plus ou moins d'ouest en est. Les navires se déplacent ensemble, parcourant souvent jusqu'à 100 milles nautiques avant de revenir dans la même région.

51. Pour ces raisons, il semble improbable que les données des navires de pêche de l'URSS sur le temps de recherche procurent des estimations valables des changements d'abondance du krill: leur stratégie est la coopération et ne se rapproche pas de la recherche aléatoire. Cependant, les enregistrements d'écho-sondeurs sur de telles activités peuvent procurer des informations sur les paramètres des essaims (voir paragraphes 64 et 65).

52. Le Dr Mangel a ensuite présenté son document WS-KCPUE-89/6 qui faisait un exposé sur une analyse d'un échantillon de données de navires de prospection accompagnant la flottille de pêche soviétique. Cette analyse montre que de telles données peuvent être utilisées pour déterminer la taille et l'emplacement des concentrations. Les concentrations découvertes de la sorte sont similaires en taille et emplacement à celles indiquées dans les analyses de données japonaises. Il est manifeste, à l'examen des données soviétiques, que les navires de prospection de l'URSS restent dans une concentration particulière pendant un certain temps et, à l'occasion, y retournent après avoir opéré dans une zone voisine.

53. Le document suggère que ces données de navires de prospection puissent être utilisées pour procurer des estimations sur le nombre (N_c) et la taille de concentrations dans une région. Dans le premier cas, la formule suggérée est :

$$N_c = n_c/[1-\exp(-wvt/A)] \quad (3)$$

dans laquelle n_c est le nombre de concentrations rencontrées, w est la largeur de détection, v est la vitesse de recherche du navire, t est le temps de recherche et A est la surface de

la région prospectée. Les estimations de N_c par cette formule varient avec les valeurs utilisées pour les paramètres w , t et A . Une importante discussion a eu lieu sur la meilleure manière de redéfinir leur estimation; les résultats de ce débat figurent aux paragraphes 66 et 67.

Autres analyses présentées

54. M. Ichii et le Dr Endo (WS-KCPUE-89/7) ont soulevé trois problèmes concernant l'étude par simulation du Professeur Butterworth (WS-KCPUE-89/4) sur les pêcheries de krill japonaises. Tout d'abord, ils ont expliqué que les navires japonais opèrent souvent sur des couches plutôt que des essaims pendant la pleine saison de pêche. Les dimensions de ces couches sont beaucoup plus importantes que les essaims détectés pendant les études FIBEX, tandis que l'étude par simulation s'est servie des valeurs du paramètre de distribution du krill basées sur les résultats FIBEX. Le temps de recherche consacré aux concentrations comprenant de telles couches est très limité. Par conséquent, ils ont demandé si les indices de la CPUE basés sur les résultats FIBEX sont aussi utiles que l'indique l'étude par simulation. Deuxièmement, ils ont mis en question l'utilité d'indices basés sur la somme des Temps de recherche primaire et secondaire (PST + SST), parce que les impératifs du temps de traitement reflétés par le Temps de recherche secondaire (SST) dépendent nettement du produit et sa composition varie de manière significative d'une saison à l'autre. Pour finir, ils ont mentionné le comportement irréaliste du modèle de simulation en ce qui concerne les valeurs utilisées pour le taux de capture minimal requis pour rester dans une concentration. Ils ont enfin émis des doutes sur le modèle de distribution utilisé pour la simulation qui ne reflétait pas de manière adéquate la situation réelle de quelques concentrations de krill exploitables parmi d'autres qui ne le sont pas.

55. Les auteurs ont suggéré d'entreprendre des expériences pour vérifier la viabilité de la collecte des données sur le PST ainsi que des essais modèles de robustesse aux erreurs d'enregistrement, avant de considérer la mise en application d'une routine de collecte de données de temps de recherche. Ils ont également suggéré l'amélioration du modèle de distribution du krill comme étant nécessaire avant que l'on puisse considérer que l'étude a démontré que la collecte régulière de telles données était justifiée.

56. Dans la discussion, il a été suggéré de garder, dans le carnet de pêche, un relevé du produit en cours de production à un moment donné, afin d'aider à résoudre le second problème mentionné en détail au paragraphe 54.

57. Les Drs Endo et Shimadzu (WS-KCPUE-89/9) ont relaté une information sur les agrégations de krill pêchées par un chalutier japonais en janvier 1988 dans la région située au nord de l'île Livingston (au nord de la péninsule antarctique). Le chalutier pêchait pendant une étude en coopération avec le navire de recherche *Kaiyo Maru* sur une période de quatre jours. Les agrégations pêchées étaient des couches plutôt que des essaims, et 88% des traits n'avaient pêché qu'une seule couche. La longueur moyenne chalutée pendant la pêche était de 3,25 km, l'épaisseur moyenne de la couche (soit la dimension de profondeur) détectée par la méthode acoustique était de 13,30 m et la densité moyenne de surface estimée d'après les données de capture était de 228 g/m². Ainsi ces couches étaient 44,5 fois plus longues, 2,7 fois plus épaisses, mais 25% moins denses que les dimensions d'essaims types calculés d'après les études FIBEX. La plus grande couche mentionnée dans le document était longue de 18,5 km, et la longueur de la concentration dépassait 52 km.

58. Le Dr Endo et M. Ichii (WS-KCPUE-89/8) ont comparé les données de CPUE avec les informations sur la taille et la condition du krill provenant de sept chalutiers de la région située au nord de l'île Livingston de janvier à mars 1988. La nature des agrégations pêchées était telle que le Temps de recherche primaire était pratiquement nul. Les données de capture par trait semblent dépendre du résultat final de la capture, et non de l'abondance du krill et ne font pas état de variations avec le temps. Les indices de capture par temps de capture n'indiquent pas de différences significatives selon le temps, bien que certains navires montrent des pics dans ces indices à plusieurs reprises. La capture totale pêchée dans la région ne représente que 7% environ de la biomasse estimée de krill. Il n'existe pas de différence notable de longueur moyenne du corps du krill pendant la saison. La proportion de krill vert déclaré varie considérablement parmi les chalutiers; les auteurs doutent que la collecte de routine de données de "teinte verte" améliore les indices d'abondance.

59. M. Ichii et le Dr Shimadzu (WS-KCPUE-89/9) ont fait part d'exemples de données sur l'allocation de temps, enregistrées par un chalutier japonais pendant la saison 1986/87. Les proportions moyennes de temps passé sur le transfert de la cargaison, la manœuvre du filet, la pêche, la confirmation des tailles des essaims et la recherche d'essaims sont présentées pour différentes périodes de novembre à mars, et d'autres paramètres de distribution de quelques unes de ces statistiques sont aussi déclarés. Les temps de recherche sont plus longs et les temps de pêche plus courts en novembre et début décembre, mais ensuite, on note peu de variation dans les statistiques déclarées sur le reste de la saison de pêche.

Aspect pratique des collectes des données

60. L'étude par simulation des pêcheries japonaises du krill (WS-KCPUE-89/4) indique que les indices de la CPUE qui utilisent le Temps de recherche primaire (PST) sont beaucoup plus efficaces pour détecter des changements dans l'abondance du krill au sein des concentrations que ceux combinant les Temps de recherche primaire et secondaire (PST + SST). Ces dernières statistiques pourraient probablement être relevées régulièrement; elles peuvent être obtenues en soustrayant le temps passé à d'autres activités clairement définies telles que le transfert des cargaisons, la manœuvre des filets et la pêche. Cependant, l'intérêt de différencier le PST du SST a été mis en doute et minutieusement discuté.

61. M. Ichii a précisé que, pour la plupart des concentrations faisant l'objet d'importantes activités de pêche, ce sont principalement les impératifs du traitement qui déterminent le temps passé entre la fin d'un chalutage et le début du suivant. Une certaine recherche a eu lieu durant cette période mais la détection du prochain essaim exploitable à capturer s'effectue facilement et rapidement. Il est effectivement impossible, cependant, d'identifier exactement quelle proportion de cette période devrait être considérée comme "Temps de recherche primaire".

62. L'Atelier a convenu que le concept du temps de recherche primaire tel qu'il est utilisé dans l'étude par simulation était inapplicable vue l'impossibilité d'une définition opérationnelle. En conséquence, toute tentative d'utilisation des données de temps de recherche de cette pêcherie dans les indices de la CPUE nécessiterait l'utilisation des PST + SST ou quelque adaptation de ceux-ci.

63. Malheureusement, aucun scientifique soviétique n'a été présent à l'Atelier, il n'a pas été possible de débattre l'utilité des collectes de données des pêcheries soviétiques du krill. Pour une raison similaire, aucun commentaire n'a pu être offert à ce sujet pour les flottilles des autres nations participant à la pêche du krill.

QUESTIONS SURVENANT DE L'EXAMEN DE DOCUMENTS ET ANALYSES QUI EN DECOULENT

Types de concentrations

64. Les conseils de M. Ichii ont servi à souligner que toutes les concentrations de krill ne sont pas exploitables. La majorité des concentrations, qu'elles consistent en essaims ou en

couches, est trop "pauvre" pour être pêchée. En général, les navires de pêche japonais ne gardent pas de relevés des concentrations "pauvres" qu'ils rencontrent. Seules les "bonnes" concentrations sont pêchées, et l'interprétation des statistiques de pêche recueillies dépendrait de ce que telle concentration consiste en essaims ou en couches. En conséquence, il a été considéré comme important de fournir des définitions plus précises sur ce qui constitue les concentrations perçues par les pêcheurs comme "pauvres" ou "bonnes". Des définitions larges d'une "pauvre" concentration (consistant soit en essaims soit en couches), d'une concentration en "bonnes couches" et d'une concentration en "bonnes agrégations" ont été convenues et sont définies à l'Appendice 4.

65. Comme l'interprétation des statistiques de pêche déclarée varie selon qu'une bonne couche ou une bonne concentration a été pêchée, il devient important d'établir si une telle caractérisation pourrait être accomplie à bord d'un navire de pêche pour l'utilité d'enregistrement de routine. L'Atelier a convenu que ceci pourrait être rendu possible par l'examen des courbes acoustiques. La question du développement d'une définition opérationnelle qui caractériserait les concentrations (et incluerait des exemples typiques de courbes acoustiques) a été soumis au Groupe de travail sur le krill.

Estimation du nombre de concentrations (N_c)

66. Les données obtenues par les navires de pêche japonais ne peuvent pas être utilisées dans l'estimation du nombre des concentrations pour trois raisons. Premièrement, les navires ne recherchent pas de manière aléatoire. Deuxièmement, les navires opèrent dans une région relativement limitée. Troisièmement, les navires n'opèrent que dans quelques concentrations par an (retournant souvent à la même concentration après déchargement).

67. Le Dr Mangel a suggéré une formule qui pourrait être utilisée pour fournir une estimation de N_c à partir des données des navires de prospection soviétiques (équation 3). L'application de cette équation nécessite des estimations pour w , v , t et A . La valeur de la vitesse de vitesse v est connue et des enregistrements pourraient facilement être conservés du temps de recherche t entre les concentrations, si des définitions appropriées étaient fournies. Une estimation de A est dépendante des limites perçues de distribution du krill, mais peut aussi être redéfinie par référence aux caractéristiques océanographiques et à la topographie du fond. Il y a évidence que les navires de prospection tendent à restreindre leurs activités aux zones frontales et aux caractéristiques topographiques. Ceci a des chances de mener à un biais à la hausse dans l'estimation de N_c car la densité (nombre par unité de surface) des concentrations sur de la zone entière (A) risque de ne pas être aussi élevée

que celle de l'intérieur de la zone où se concentre la pêche. La largeur de la recherche effective w est équivalente au diamètre des concentrations (en supposant qu'elles sont circulaires). L'estimation d'un rayon de concentration moyen et d'un biais qui découle de ce processus sont discutés dans les paragraphes 68 à 72 ci-dessous. De plus amples détails sur l'estimation de N_c effectuée de cette manière figurent à l'appendice 5.

Estimation de la taille des concentrations (Rayon effectif L_c du cercle)

68. La taille des concentrations exploitables pourrait être déterminée par le tracé des positions des différents traits réalisés dans cette concentration. Cette information pourrait être obtenue par des navires soviétiques et japonais. Par exemple, le centroïde des positions des chalutages pourrait être calculé et la distance quadratique moyenne des positions individuelles évaluée à partir de ce centroïde. L'analyse mathématique de différentes formes pourrait donner une valeur appropriée pour une constante qui, multipliée par cette distance quadratique moyenne, donnerait une estimation du rayon effectif L_c . Celle-ci à son tour, fournirait l'estimation de w requise dans le paragraphe précédent. Même si le résultat de l'estimation était biaisé, la valeur de N_c obtenue pourrait donner un indice relatif sinon absolu, d'abondance du krill.

69. Quelques indications de formes probables de concentrations sont nécessaires pour accomplir l'analyse suggérée dans le paragraphe précédent. Les graphiques de position des chalutages à partir des données de pêche (tels que ceux examinés par le Dr Mangel à l'Appendice 5) devraient aider à cet égard. Les concentrations peuvent être associées à des caractéristiques hydrographiques qui pourraient produire des formes particulières. Il a été suggéré qu'une connaissance plus approfondie des conditions dans lesquelles les concentrations se forment aiderait à déterminer les genres de formes prévues.

70. Il a été noté qu'une estimation de L_c à partir de concentrations observées ou rencontrées risque de présenter un biais positif parce que les concentrations les plus grandes sont probablement plus faciles à détecter que les plus petites. Une tentative a été faite pour déterminer la magnitude de ce biais pour le modèle de recherche utilisé dans les études par simulation. Ces études présument que les concentrations sont circulaires avec des rayons distribués uniformément dans l'intervalle (5,6 à 11,3) milles nautiques. Les résultats analytiques et de simulation estimés au cours de l'Atelier ont montré que pour les paramètres utilisés dans le modèle de recherche, le biais dans l'estimation de L_c est de l'ordre de $\pm 10\%$. Ce biais n'affecte pas seulement l'estimation de L_c en soi, mais aussi l'estimation de N_c qui est fonction de cette valeur (voir les paragraphes 53 et 67).

71. L'importance du biais examinée au paragraphe précédent est déterminée par la distribution statistique des rayons des concentrations, ainsi que la largeur réelle de détection du navire de recherche (c'est-à-dire largeur à partir de l'aire dans laquelle son sonar et échosondeur peuvent localiser le krill). Il a été suggéré que les caractéristiques des concentrations observées soient résumées en termes d'histogramme de fréquence de tailles afin de donner une meilleure estimation de cette distribution. Il a été noté, cependant, que cette distribution empirique serait biaisée en faveur des plus grandes concentrations. L'Atelier a convenu que, pour effectuer d'autres analyses mathématiques qui estimeraient la magnitude du biais dans L_c et N_c il faudrait attendre qu'une image plus détaillée des distributions de taille des concentrations ait été développée à partir des données des pêcheries et des campagnes d'évaluation.

72. Le problème d'un éventuel comptage en double de concentrations dans les analyses des données des navires de recherche soviétiques a été soulevé par le Dr Mangel dans WS-KCPUE-89/6. Ceci n'est pas un problème si la recherche est vraiment aléatoire, mais crée des difficultés dans les circonstances d'une recherche dirigée (c'est-à-dire des tentatives intentionnelles pour relocaliser une concentration trouvée précédemment). Il a été reconnu que l'objectif premier des opérations des navires de prospection soviétiques n'est pas d'obtenir une estimation non biaisée de N_c . Il a été noté, cependant, qu'une composante de recherche dirigée peut ne pas être importante si seul un indice relatif d'abondance pour une sous-zone bien définie est requis.

73. L'Atelier a jugé que l'échelle la plus précise à laquelle les données de capture sont actuellement déclarées à la CCAMLR (sur un quadrillage d'environ 30 milles nautiques x 30 milles nautiques) était encore trop grossière pour être adéquate à estimer les tailles de concentrations. La question des données additionnelles qui devraient être collectées par les navires de prospection pour permettre les estimations N_c et L_c , selon la description ci-dessus, a été discutée en détail, et des suggestions de mise en place d'un carnet de passerelle figurent à l'Appendice 5.

ESTIMATION DES PARAMETRES DE DISTRIBUTION DU KRILL AU SEIN DE BONNES CONCENTRATIONS A PARTIR DES DONNEES DE CPUE

Bonnes Concentrations

74. Après avoir pris en compte certaines modifications apportées à l'étude du Conseiller (WS-KCPUE-89/4) dont les détails figurent à l'Appendice 6, l'Atelier a convenu que, malgré

quelques incertitudes persistant sur un certain nombre de données des modèles de simulation, les résultats obtenus indiquent que les indices de CPUE basés sur une modification du temps passé entre les chalutages, appelée Pseudo Temps de recherche primaire, PPST, pourraient procurer des informations sur les changements dans la biomasse au sein d'une concentration formée de bonnes agrégations. De tels indices peuvent détecter des changements qui risqueraient de ne pas être détectés par des indices n'utilisant que les données de temps de pêche. Il a été noté que les laboratoires nationaux pourraient en principe élaborer un tel indice en utilisant les données d'heures de commencement et de fin de la pêche pour chaque trait. Ceci est déjà enregistré d'office par quelques nations. Quelques annotations supplémentaires mineures seraient nécessaires dans les carnets de pêche existants pour indiquer des changements dans le produit en cours de production, et si les activités normales de recherche et de pêche étaient interrompues par d'autres circonstances telles que le mauvais temps.

Bonnes Couches

75. Pour des raisons d'ordre pratique, on a accepté que la répartition spatiale du krill est de fait ininterrompue au sein des concentrations formées de bonnes couches. Par conséquent, le seul paramètre de distribution au sein des concentrations pour lequel une estimation est requise est la densité du krill à la surface (δ). Celui-ci est indexé par la capture par temps de pêche, pour laquelle les données sont déjà collectées systématiquement.

ELABORATION D'UN INDICE COMPOSITE D'ABONDANCE

76. Les résultats figurant aux tableaux de l'Appendice 6 indiquent que pour de bonnes agrégations même les meilleurs indices de CPUE pour lesquels des données ont pu être recueillies n'ont en fait qu'une aptitude médiocre à déceler une diminution de rayon d'un essaim (r). Les diminutions de densité de surface du krill (δ) sont bien détectées par des indices basés sur le temps de pêche. Il semble que les indices utilisant le Pseudo temps de recherche primaire puissent détecter les diminutions dans le nombre d'essaims par unité de surface à l'intérieur de la concentration (D_c). En général les indices de la CPUE ont la propriété, à la baisse de la biomasse, de faire tomber la valeur de l'indice dans une moindre proportion (ceci est désigné comportement non-linéaire).

77. Les bandes d'erreur sur la figure de l'Appendice 6 donnent une indication de la précision avec laquelle les changements d'abondance pourraient être décelés par l'indice

donné, d'une année à l'autre, par une pêcherie similaire à l'échelle de la pêcherie japonaise actuelle (approximativement 10 navires pêchant pendant deux à trois mois). Ces résultats suggèrent que la détection de changements statistiquement importants dans les indices de CPUE sera difficile. Considéré avec le comportement non linéaire de ces indices de CPUE discuté au paragraphe précédent, cela signifie que la détection d'une réduction statistique significative d'un indice de CPUE indique une réduction substantielle probable de la biomasse du krill.

78. Compte tenu du manque d'aptitude des indices de la CPUE à détecter des changements dans le rayon de l'essaim r , il a été envisagé que la réunion du Groupe de travail sur le krill discute avec profit les possibilités d'utilisation des données acoustiques (des navires de pêche ou de recherche scientifique ou des deux) pour détecter ces changements.

79. Les composantes de l'Indice composite d'abondance et les sources de données nécessaires au contrôle de leurs changements sont détaillées à l'Appendice 7. Une étude de la précision probable avec laquelle un tel indice d'abondance composite pourrait estimer la biomasse du krill et plus particulièrement les changements relatifs dans la biomasse du krill dans une région, a été recommandée. La marche à suivre pour cet exercice est aussi donnée à l'Appendice 7.

80. Il a été noté que les méthodes proposées pour déterminer N_c tiendraient compte de la possibilité d'une diminution dans la biomasse du krill associée à une contraction de l'étendue de surface de la distribution totale du krill, bien que l'abondance locale du krill dans la zone de pêche soit peu affectée. Cependant, on a également remarqué que l'Indice composite proposé ne tenait pas compte de la quantité de krill dans les concentrations pauvres; celle-ci pourrait ne pas varier proportionnellement à celle des bonnes concentrations quand l'abondance totale du krill change. Les données des navires de recherche soviétiques pourraient fournir des informations à ce sujet.

81. L'Atelier a noté que des informations spécialement utiles pour redéfinir cette approche pourraient être obtenues si les données étaient disponibles pour une zone dans laquelle les chalutiers japonais, les navires de prospection soviétiques et les navires de recherche scientifique (effectuant des recherches systématiques) opéraient simultanément.

ANALYSES NECESSAIRES ULTERIEUREMENT

82. La variance probable de l'Indice composite suggéré au paragraphe 79 pourrait être évaluée par des estimations de la précision avec laquelle les paramètres correspondants pourraient être mesurés (voir l'Appendice 7).

83. L'ajustement des analyses existantes des données de distribution du krill de recherches scientifiques (telles que FIBEX) n'a pas été considéré comme prioritaire en ce moment. Il a plutôt été jugé que davantage de données de la pêcherie sur les paramètres distributionnels des agrégations pêchées (comme fournies par exemple par les Drs Endo et Shimadzu dans WS-KCPUE-89/9) devraient être obtenues et analysées.

84. Des informations sur les tendances temporelles des paramètres de distribution du krill (c'est-à-dire les proportions dans lesquelles de bonnes agrégations sont formées et dispersées) n'étaient pas regardées non plus comme une priorité immédiate. Bien que de telles informations soient souhaitables pour modéliser au plus près le procédé des chalutiers japonais décidant de quitter les concentrations quand les taux de captures tombent à un niveau jugé trop bas, ceci n'entre en compte que pour l'estimation de N_c et L_c à partir du temps de recherche des concentrations. Cependant, ceci ne semble pas être réalisable à partir des données de pêche japonaises pour d'autres raisons.

85. Une modification du modèle de simulation de la pêcherie japonaise a été suggérée, qui évite la distinction entre les temps de recherche primaire et secondaire. Ceci pourrait être accompli en fixant le temps de recherche total entre les traits sur la base du temps de traitement nécessaire. Le nombre d'essaims détectés dans cette période pourrait être produit de manière stochastique et le meilleur de ces essaims pourrait être choisi pour le trait suivant. Il a été recommandé que cette possibilité soit étudiée.

IMPLICATIONS DES RESULTATS POUR UNE STRATEGIE DE CONSERVATION

86. Deux résultats généraux de l'Atelier avaient trait à cette question à l'ordre du jour :

- a) l'aptitude à déceler des diminutions dans l'abondance du krill à partir des données de la CPUE est relativement limitée; et

- b) au cas où une diminution statistiquement importante dans un indice composite de l'abondance du krill serait détectée, ceci impliquerait qu'une chute substantielle s'est déjà produite dans la biomasse du krill .

Les implications de ces résultats, pour une stratégie de conservation, doivent être étudiées par le Groupe de travail sur le krill en tout premier lieu.

CLOTURE DE LA REUNION

87. L'Atelier a convenu d'adopter le rapport de ses activités. Le Responsable a remercié les participants et le personnel du Southwest Fisheries Centre pour avoir accueilli la réunion et aidé aux activités qui y sont liées, particulièrement les Drs R. Hewitt et R. Holt pour l'organisation générale, Mesdames Gaye Holder pour la frappe et Susie Jacobson pour l'assistance lors des passages du modèle de simulation sur l'ordinateur. Les participants de l'Atelier ont remercié le Responsable pour la manière compétente et efficace dont il a mené la réunion.

ORDRE DU JOUR

Atelier sur l'Etude par simulation de la CPUE du krill
(La Jolla, USA, 7 - 13 juin 1989)

1. Ouverture: remarques du Responsable
2. Adoption de l'ordre du jour
3. Nomination des rapporteurs
4. Examen des documents et des facilités informatiques
5. Examen des rapports des Conseillers
 - a) Analyses
 - (i) Pêcherie japonaise
 - (ii) Pêcherie soviétique
 - b) Recommandations
 - (i) Pêcherie japonaise
 - (ii) Pêcherie soviétique
6. Mise au point du modèle de distribution du krill
 - a) Effet probable sur les résultats de la simulation
 - b) Aspects spatiaux
 - c) Aspects temporels
7. Détails pratiques de la collecte des données
 - a) Temps de recherche de la pêche japonaise
 - b) Navires de prospection soviétiques
 - c) Flottes d'autres nations
8. Autres analyses requises
 - a) Utilisation pour fournir l'indice d'abondance composite
 - b) Données de distribution
 - c) Etudes par simulation

9. Requête du Président du Groupe de travail pour le développement d'approches de conservation des ressources marines vivantes de l'Antarctique.

10. Recommandations
 - a) Utilité des mesures de CPUE pour fournir un indice d'abondance du krill
 - b) Collecte des données
 - c) Analyses supplémentaires

11. Adoption du rapport

12. Clôture de la réunion

LISTE DES PARTICIPANTS

Atelier sur l'Etude par simulation de la CPUE du krill
(La Jolla, USA, 7-13 juin 1989)

M. BASSON	Renewable Resources Assessment Group Imperial College 8 Prince's Gardens London SW7 1NA UK
J. BEDDINGTON	Renewable Resources Assessment Group Imperial College 8 Prince's Gardens London SW7 1NA UK
D. BUTTERWORTH (Conseiller)	Department of Applied Mathematics University of Cape Town Rondebosch 7700 South Africa
Y. ENDO	Far Seas Fisheries Research Laboratory 7-1, 5-chome Orido Shimizu 424 Japan
I. EVERSON	British Antarctic Survey Madingley Road Cambridge CB3 0ET UK
R. HEWITT	Antarctic Ecosystem Research Group Southwest Fisheries Centre PO Box 271 La Jolla, California 92038 USA
R. HOLT	Antarctic Ecosystem Research Group Southwest Fisheries Centre PO Box 271 La Jolla, California 92038 USA
T. ICHII	Far Seas Fisheries Research Laboratory 7-1, 5-chome Orido Shimizu 424 Japan

M. MANGEL
(Conseiller)

Department of Zoology
University of California
Davis, CA 95616
USA

D.G.M. MILLER

Sea Fisheries Research Institute
Private Bag X2
Roggebaai 8012
South Africa

E. MURPHY

British Antarctic Survey
Madingley Road
Cambridge CB3 0ET
UK

S. NICOL

Antarctic Division
Channel Highway
Kingston, Tasmania 7050
Australia

D.L. POWELL

Executive Secretary
CCAMLR
25 Old Wharf
Hobart, Tasmania 7000
Australia

V. SIEGEL

Sea Fisheries Research Institute
Palmaille 9
200 Hamburg 50
Federal Republic of Germany

LISTE DES DOCUMENTS DE REUNION

Atelier sur l'Etude par simulation de la CPUE du krill
(La Jolla, USA, 7-13 juin 1989)

Documents reçus avant la réunion :

- | | |
|---------------|---|
| WS-KCPUE-89/1 | Ordre du jour de l'Atelier sur la CPUE du krill |
| WS-KCPUE-89/2 | Ordre du jour annoté |
| WS-KCPUE-89/3 | Some aspects of the relation between Antarctic krill abundance and CPUE measures in the Japanese krill fishery (component of SC-CAMLR-BG/4)
(D. S. Butterworth) |
| WS-KCPUE-89/4 | A simulation study of krill fishing by an individual Japanese trawler (SC-CAMLR-VII/BG/37)
(D.S. Butterworth) |
| WS-KCPUE-89/5 | Analysis and modelling of the Soviet Southern Ocean krill fleet (SC-CAMLR-VII/BG/12)
(M. Mangel) |
| WS-KCPUE-89/6 | Analysis and modelling of the Soviet Southern Ocean krill fleet, II : Estimating the number of concentrations and analytical justification for search data
(M. Mangel) |
| WS-KCPUE-89/7 | Brief comments on the simulation study made by Dr Butterworth on krill fishing by an individual Japanese trawler (T. Ichii and Y. Endo) |
| WS-KCPUE-89/8 | CPUE's, body length and greenness of Antarctic krill during 1987/88 season in the fishing ground north of Livingston Island
(T. Ichii and Y. Endo) |

Les documents suivants ont été présentés lors de la réunion :

- | | |
|----------------|---|
| WS-KCPUE-89/9 | Some examples of time budget data recorded by a Japanese trawler <i>Ehiko Maru</i> in 1986/87 season
(T. Ichii and Y. Shimadzu) |
| WS-KCPUE-89/10 | Size and density of krill layers fished by a Japanese trawler in the waters north of Livingston Island in January 1988
(Y. Endo and Y. Shimadzu) |

- WS-KCPUE-89/11 Krill aggregation characteristics : spatial distribution patterns from hydroacoustic observations. Polar Biology (in press)
(D.G.M. Miller and I. Hampton)
- WS-KCPUE-89/12 Some examples of time budget data recorded by a Japanese trawler, *Ehiko Maru* in 1986/87 season
(Anon., Far Seas Fisheries Laboratory, Shimizu, Japan)

Autres références :

Everson, I. and Murphy, E. 1987. Mesoscale variability in the distribution of krill *Euphausia superba*. Marine Ecology, Progress Series, 40, No. 1; 53-60.

Kalinowski, K. and Witek, Z. 1983. Elementy biologii, formy grupowego występowania i zasoby antarktycznego kryla *Euphausia superba* (Dana/Crustacea). Sea Fisheries Institute, Gdynia, 207 pp.

Kanda, K., Takagi, K. and Seki, Y. (1982). Movement of larger swarms of Antarctic krill *Euphausia superba* population off Enderby Land during 1976-1977 season. J. Tokyo Univ. Fish 68: 25-42.

DEFINITION DES CONCENTRATIONS DE KRILL

Type	Nom	Description qualitative	Distance entre agrégations	Diamètre de l'agrégation	Commentaire
1	Pauvre	Essaims très espacés Agrégations diffuses	De quelques km à des dizaines de km	De quelques m à des dizaines de m	
2	Bonne Couche	Couche dense continue	0	De quelques km à des dizaines de km	Séparation horizontale ou verticale possible
3	Bonne agrégation	Groupes rapprochés d'essaims denses	Des dizaines de m	De 10 m à des centaines de m	

ESTIMATION DU NOMBRE DE CONCENTRATIONS DANS UNE ZONE

Cet appendice aborde un certain nombre de questions soulevées lors de l'Atelier, utilisant des données de la campagne d'étude de 1980-81 d'un navire de recherche *Mys Tihiy* à titre d'exemple.

2. La "carte des concentrations" de cette campagne d'étude, copiée sur la Figure 5 de WS-KCPUE-89/6, est exposée à la Figure 1. Les traits individuels mêmes sont exposés à la Figure 2. Sur cette figure, les traits sont séparés selon leur taille (plus ou moins de 1 000 kg de krill). Les Figures 3 et 4 montrent la distribution de traits à l'intérieur des concentrations individuelles 4 et 8. De ces figures, on voit qu'il est difficile de regrouper les traits pour former des concentrations. WS-KCPUE-89/6 a utilisé une règle des "50 milles nautiques" pour définir une concentration, mais cela a été un choix improvisé basé sur les considérations des simulations. Ou alors, on pourrait essayer de définir les concentrations sous la forme géométriquement la plus réduite (par exemple, en définissant les concentrations comme ellipses plutôt que cercles).

3. Quelques unes des difficultés sont illustrées au mieux à la Figure 4. Ici, la majorité des traits ont eu lieu dans la zone autour du 64.5° S et 140° E, avec quelques traits au 65.5° S et 138° E. Vues les données sur la pêche provenant du carnet de pêche, il est difficile de déterminer si la discontinuité apparaissant à la Figure 4 correspond à une région sans krill, ou bien dans laquelle le krill est présent, mais n'a tout simplement pas été échantillonné par le navire.

4. Un projet à envisager devrait être une nouvelle définition opérationnelle des concentrations pour leur utilisation dans l'analyse statistique et l'estimation d'abondance du krill.

5. Etant donné ce genre de difficulté, un sous-groupe des participants de l'Atelier a examiné le développement de carnets de passerelle pour l'utilisation de navires de prospection.

Voici un exemple d'un tel carnet :

NOM DU NAVIRE : _____

DATE : _____

Heure	Position		Trajet	Concentration			Trait
	S	E		Type	Même/Différent	Exploitable ou non	
01							
02							
...							
24							

Les entrées dans ce carnet sont les suivantes :

Position : Latitude et longitude habituelles

Vitesse : Cette entrée est la vitesse du navire pendant la période de déclaration

Trajet : Cette entrée décrit le genre de trajet du navire pendant la période de déclaration :

- 1 - Trajet droit
- 2 - Trajet très variable
- 3 - A la cape (mauvais temps)
- 4 - Stationnaire
- 5 - En transit, mais sans enregistrement sur l'échosondeur

Concentration :

Type : Cette entrée est le type de concentration comme défini à l'Appendice 4 :

- 0 - Pas dans une concentration de krill
- 1 - Concentration médiocre
- 2 - Bonne concentration en couches
- 3 - Bonne concentration en agrégations

Même/Différent :

Cette entrée décrit si le navire est dans la même concentration que dans la période de déclaration précédente :

- 1 - Même concentration
- 0 - Concentration différente

Exploitable ou non :

Cette entrée décrit si le navire de prospection a considéré la concentration

comme étant exploitable :

- 1 - Navires de pêche présents ou ayant été appelés au sujet de cette concentration
- 2 - Autrement

Cette variable est importante, parce qu'elle fournit une définition opérationnelle des concentrations exploitables.

Trait : Cette entrée décrit si le chalutage a eu lieu pendant le période de déclaration :

- 1 - Le chalutage a eu lieu
- 2 - Pas de chalutage

6. Il est proposé que les navires de prospection remplissent de telles fiches de bord tous les jours à partir du moment où ils entrent dans la Zone de la Convention jusqu'au moment où ils la quittent. Les jours où le navire est au mouillage, où le temps est mauvais, ou bien où le navire ne fait pas de prospections pour d'autres raisons, l'en-tête de la fiche de bord doit être rempli avec une annotation indiquant pourquoi aucune activité de prospection n'a été menée ce jour-là.

7. Même avec le peu de données disponibles dans les carnets de pêche de la campagne du *Mys Tihiy*, il est possible de répondre à certaines questions sur l'estimation du nombre de concentrations.

Les concentrations peuvent-elles être divisées en de bonnes et médiocres concentrations?

8. Il est à supposer que la prise par unité de temps de pêche dans la concentration sera utilisée comme mesure de la qualité de la concentration. Pour les 14 concentrations étudiées par le *Mys Tihiy*, la prise par temps de pêche (défini comme allant du commencement à la

fin de la pêche, selon l'indication du carnet de pêche) figure ci-dessous :

Concentration	Prise/Temps de pêche (kg/h)
1	41
2	1530
3	359
4	879
5	907
6	184
7	531
8	629
9	918
10	395
11	1250
12	578
13	6
14	136

9. Si l'on adopte la définition qu'une concentration est médiocre si la prise est inférieure à environ 500 kg/h, il semble que les concentrations 1, 3, 6, 10, 13 et 14 (presque la moitié des concentrations) sont des concentrations médiocres.

Dans quelle mesure les rayons des concentrations sont-ils variables?

10. En utilisant les étendues est-ouest et nord-est données dans WS-KCPUE-89/6, il est possible de convertir le rectangle effectif dans un rayon équivalent. Les résultats d'un tel calcul figurent ci-dessous :

Concentration	Rayon effectif (milles nautiques)
1	8.95
2	3.91
3	5.52
4	34.2
5	14.5
6	62.9
7	31.2
8	35.1
9	1.2
10	13.3
11	12.7
12	2.68
13	.85
14	24.3

11. En examinant ces chiffres, il est important de considérer les questions suivantes :

- La "règle des 50 milles" est utilisée pour définir les concentrations, et ceci influencera la taille des concentrations.
- Il y aura un biais en faveur des rayons des concentrations détectées, parce que les concentrations les plus grandes risquent davantage d'être détectées. Le passage de la partie prospection du modèle développé dans WS-KCPUE-89/5 pour les activités de prospection soviétiques a montré que le rayon moyen des concentrations détectées était d'environ 8,9 milles nautiques, tandis que le rayon moyen de toutes les concentrations était d'environ 8,4 milles nautiques, ce qui est un biais relativement peu important. Pour un problème plus simple uni-dimensionnel, il est possible de démontrer que le ratio des rayons attendus des concentrations détectées aux rayons attendus de toutes les concentrations est de $1 + CV^2$, dans lequel CV est le coefficient de variation de distribution des rayons des concentrations.

12. Pour les données figurant ci-dessus, la fourchette des rayons des concentrations est de 0,85 milles nautiques à 62,9 milles nautiques, la moyenne est de 17,9 milles nautiques et l'erreur standard est de 17,1 milles nautiques. Ceci donne un coefficient de variation de 0,95. La Figure 5 montre un histogramme de la distribution des rayons des concentrations.

Comment la formule d'estimation dépend-t-elle des paramètres?

13. Basé sur la formule de recherche aléatoire, le nombre estimé de concentrations N_c dans un secteur de taille A est donné par

$$N_c = \text{int} \left[\frac{n_c}{1 - \exp(-wvt/A)} \right] \quad (1)$$

14. Dans cette équation, $\text{int}[Z]$ indique l'entier le plus grand qui est inférieur à z et

- N_c = nombre estimé de concentrations dans la région
- n_c = nombre de concentrations rencontrées
- w = largeur de détection des concentrations
- v = vitesse de recherche du navire
- t = temps de recherche total entre concentrations

Dépendance de la surface du secteur

15. La Figure 6 montre les résultats de l'application de l'Eqn(1) aux données recueillies par *Mys Tihy*, utilisant w = deux fois le rayon moyen des concentrations, v = 10 nœuds, et le temps de recherche déclaré dans WS-KCPUE-89/6. Comme la surface du secteur s'échelonne de 90 000 milles nautiques carrés à 45 000 milles nautiques carrés, la valeur de N_c varie de 14 à 24.

Dépendance de w , v et t

16. De l'Eqn(1), il est évident que la valeur de N_c dépend du produit wvt , ce qui aggrave les changements de valeurs individuels des paramètres. Le résultat général prouve que si w , v , ou t augmente, l'estimation de N_c diminuera. De façon semblable, si A diminue, alors l'estimation de N_c diminuera. Ceci peut être vu à la dépendance de N de la valeur de wvt/A .

17. La vitesse de recherche v et le temps de recherche entre les concentrations t peuvent être estimés avec précision, puisque ce sont des paramètres opérationnels. L'effet général d'une variation de v ou t sera analogue à l'effet d'une variation de $1/A$; en conséquence, la Figure 6 peut être interprétée comme ayant l'effet d'augmenter v ou t lorsque A diminue.

18. La dépendance de w est plus problématique, puisque w est en toute probabilité une variable aléatoire et, de plus, n'est pas pleinement observée. Il existe deux biais qui auront tendance à faire augmenter w (ce qui fera diminuer le nombre de concentrations N_c) :

- Les concentrations les plus grandes ont davantage de chance d'être détectées que les concentrations les plus petites, faisant ainsi augmenter la valeur estimée de w .
- Si les concentrations se déplacent et le(s) navire(s) sui(ven)t le mouvement de la concentration, l'effet net sera une augmentation de la valeur estimée de w .

19. On devrait donc considérer le nombre estimé de concentrations N_c comme fonction de w , de sorte que $N_c = N_c(w)$, dans lequel w est une variable aléatoire. Puisque $N_c(w)$ est, par l'Eqn(1), fonction non linéaire de w , il y aura un biais dans l'estimation de N_c . Ce biais peut être calculé comme suit. Considérer la différence entre $N_c(\langle w \rangle)$, la valeur

estimée de N_c utilisant la valeur moyenne de w , et $\langle N_c(w) \rangle$, la valeur moyenne de $N_c(w)$, dans laquelle la moyenne est prise sur la distribution (inconnue) de w . Les méthodes standard montrent que

$$\langle N_c(w) \rangle = N_c(\langle w \rangle) + (1/2)N_{c,ww}(\langle w \rangle)\text{Var}(w) \quad (2)$$

dans lesquelles $N_{c,ww}$ est la deuxième dérivée de $N_c(w)$ par rapport à w et $\text{Var}(w)$ est la variance de w .

20. La Figure 6 montre aussi le nombre estimé corrigé des concentrations, utilisant Eqn(2) comme fonction de la surface évaluée du secteur. Pour appliquer cette correction, il faut estimer la variance des rayons des concentrations. Compte tenu des résultats de la simulation de prospection, qui ont montré un biais relativement faible dans les rayons détectés par rapport à tous les rayons, la valeur observée de $\text{Var}(W)$, pour les données du *Mys Tihy*, a été utilisée pour établir la Figure 6. L'effet net est relativement petit, entre 0 pour les valeurs de A les plus petites, et 3 pour la valeur la plus grande de A .

Data from "Mis Tihiy 1980-81", Concentration 8

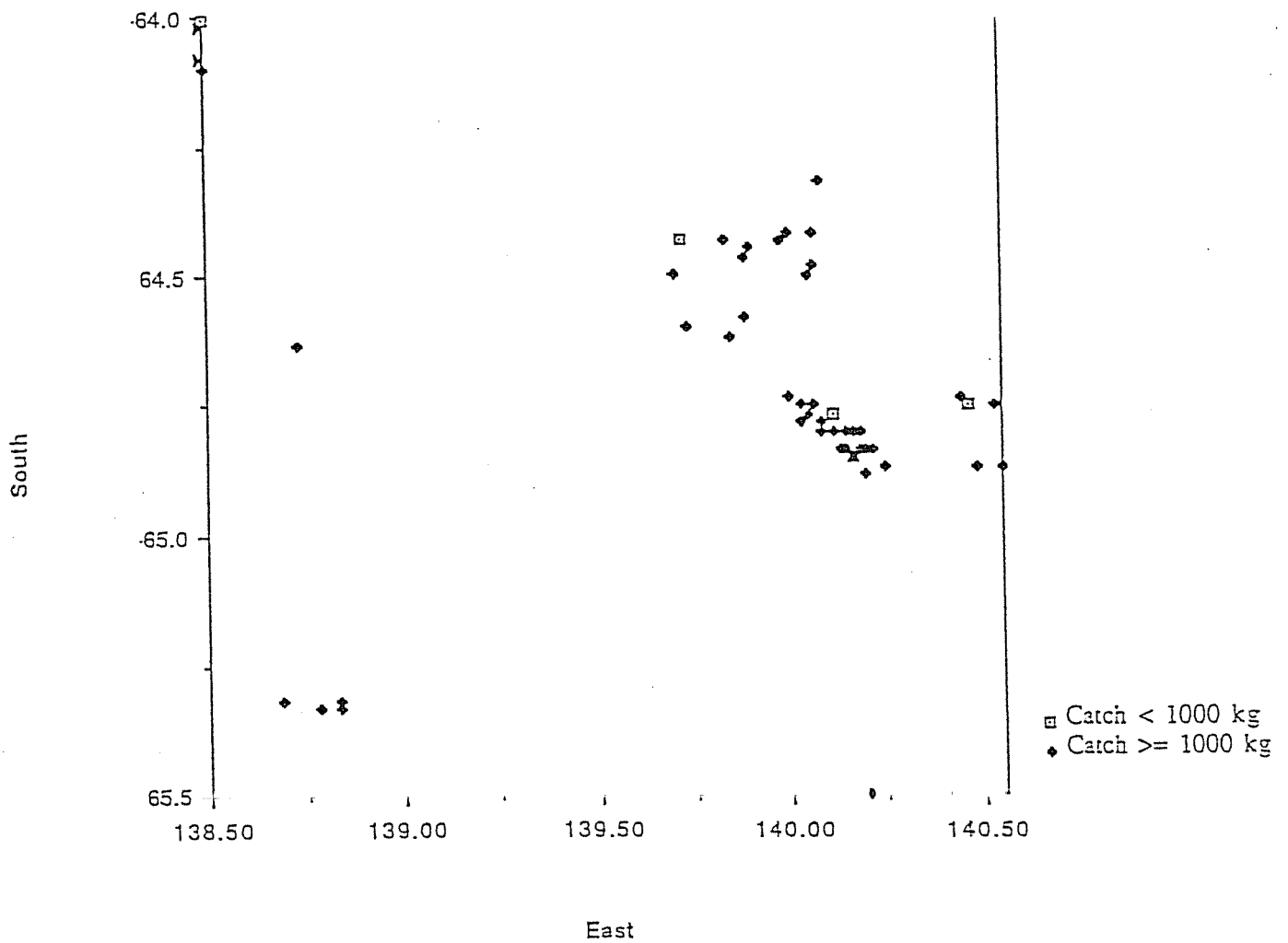


Figure 4 : Graphe chalut par chalut des données de la concentration 8

Data from "Mis Tihy Conc Radii"

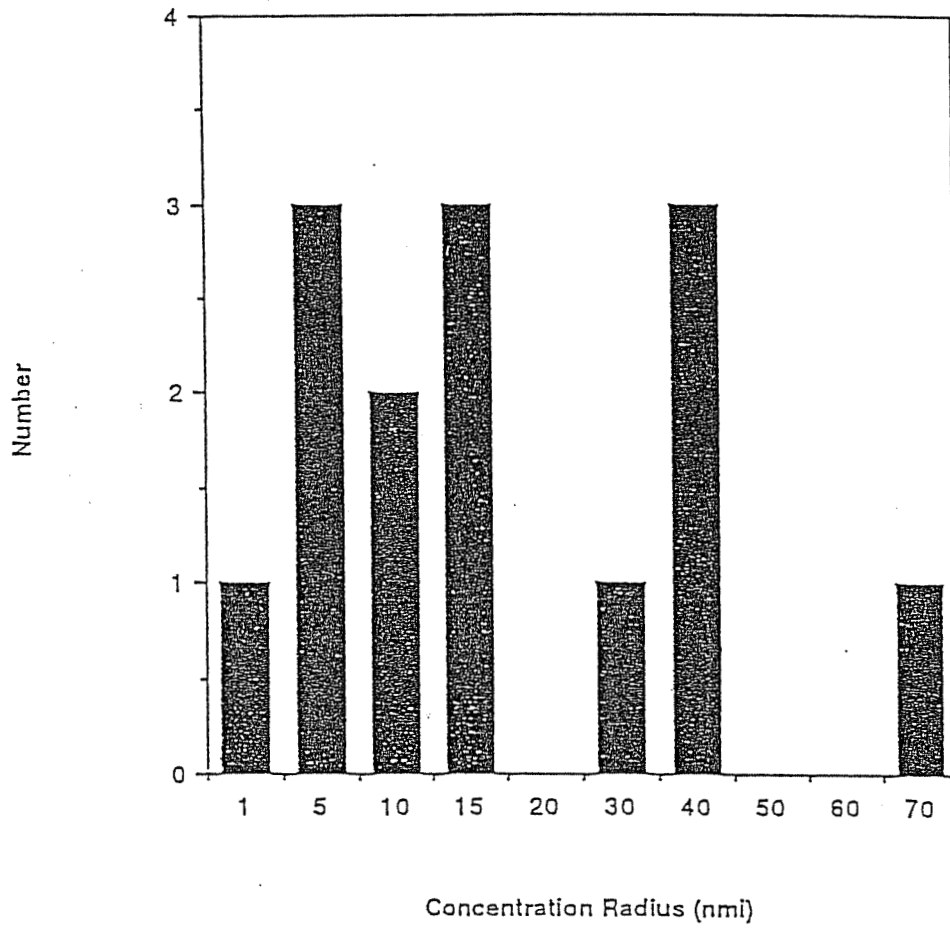


Figure 5 : Histogramme des rayons des concentrations

Data from "Mis Tihy Estimation"

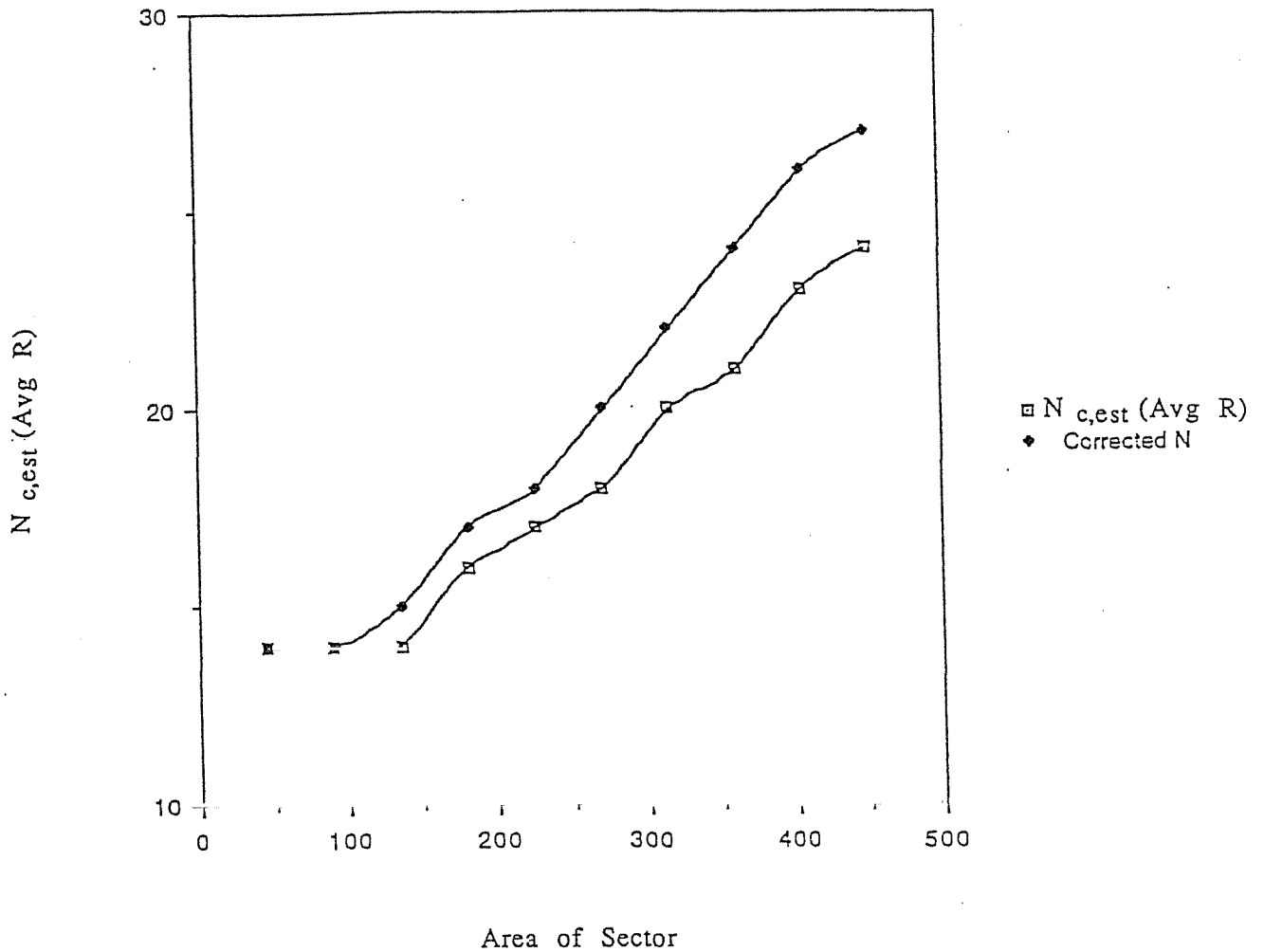


Figure 6 : Nombre estimé de concentrations dans le secteur, $N_{c,est} (Avg R)$, utilisant le rayon moyen de concentration, comme fonction de la surface du secteur. La courbe la plus basse correspond aux résultats de l'Eqn(1) et la plus haute correspond aux résultats de l'Eqn(2), corrigeant le biais causé par une distribution des rayons des concentrations.

**DETAILS DE MODIFICATIONS ET DE RESULTATS
DU MODELE DE SIMULATION DE LA PECHERIE DE KRILL JAPONAISE
ENTREPRIS LORS DE L'ATELIER**

INTRODUCTION

Un problème particulier qui s'est présenté dans l'étude par simulation de la pêcherie japonaise de krill (WS-KCPUE-89/4) était que le temps de pêche simulé typique nécessaire pour faire une prise d'un seul essaim était d'environ 15 minutes en comparaison à la période d'une heure en moyenne généralement déclarée pour les opérations japonaises. Deux raisons ont été proposées pendant l'Atelier pour expliquer cette anomalie. Premièrement, les statistiques japonaises déclarées étaient grandement influencées par les résultats de pêche en de bonnes couches qui nécessitent de longs traits, alors que les temps de pêche d'essaims dans de bonnes agrégations sont en général de moins d'une heure. Deuxièmement, les essaims ne sont pas répartis au hasard dans ces concentrations, mais ont tendance à se regrouper, c'est à dire qu'il y a une corrélation spatiale positive d'essaims dans de bonnes agrégations. Un groupe d'essaims rapprochés serait déclaré par le navire de pêche n'être qu'un seul essaim aux dimensions spatiales beaucoup plus grandes que celles déclarées dans les études scientifiques et utilisées dans les études par simulation. L'Atelier a donc adressé les questions de savoir comment cette manifestation de regroupement serait prise en compte par une modification du modèle, et si cela changerait certaines conclusions sur l'utilité potentielle de certains indices de la CPUE.

MODIFICATIONS DU MODELE

2. La modification principale effectuée consistait à augmenter de 50 m le rayon médian de l'essaim (r) utilisé pour décrire la distribution du krill dans les études par simulation. Des passages ont ensuite été pratiqués pour les valeurs de la médiane r de 100, 150 et 300 m. La motivation de ce changement provenait de ce qu'un groupe d'essaims considérés comme des unités particulières serait plus grand que les essaims individuels, et ainsi, augmenter la valeur de la médiane r de cette manière serait une façon simple (bien qu'approximative) de prendre ceci en compte dans le modèle.

3. Cependant, l'augmentation de la valeur de la médiane r seule est inappropriée, car cela conduit rapidement à une couverture proportionnelle d'une concentration par des essaims de krill de plus de 100% si d'autres paramètres de distribution ne sont pas changés. C'est pourquoi, comme la médiane r a été augmentée, le nombre d'essaims par unité de surface (D_c) a été diminué de telle sorte que le produit $D_c r^2$ reste constant. Ainsi la biomasse de krill dans la concentration et la proportion de la concentration couverte par des essaims restent identiques, tandis que r augmente. Cette procédure a été choisie parce que l'objectif de changer r n'était pas autre que de représenter le regroupement d'essaims dans une concentration d'une manière telle que le modèle de simulation correspondrait à la perception des pêcheurs des "essaims" dans une concentration de bonne agrégation. Les valeurs de r et de D_c utilisées dans les analyses sont indiquées au Tableau 1.

4. La base de la formule originelle de recherche pour calculer le temps de recherche primaire par ordinateur (voir paragraphes 44 et 45) a été retenue, bien que les valeurs du paramètre ait été ajustées selon la description ci-dessous. L'hypothèse d'une recherche au hasard en soi est questionable, car la recherche dans ces concentrations peut avoir le caractère de pêche dirigée. Cependant, même si la recherche est dirigée, le temps de déplacement d'un groupe d'essaims à un autre va augmenter si la biomasse de krill baisse en raison d'une baisse de D_c et par là même d'une augmentation de distance entre les groupes d'essaims. La formule de recherche au hasard donne des résultats semblables dans ces circonstances, et l'approximation peut donc être considérée une approximation adéquate.

5. La formule utilisée pour déterminer le temps de recherche primaire était donc :

$$\text{Prob (détection d'essaim en un temps } t) = 1 - \exp(-wdvt)$$

avec v = vitesse de recherche (10 nœuds)
 d = nombre d'essaims exploitables par unité de surface
 w = $w_{\text{sonar}} + 2 \bar{r}_{fs}$
 $w_{\text{sonar}} = 2000 \text{ m}$
 r_{fs} = rayon moyen d'essaims exploitables

Si un trait est répété sur le même essaim, un temps de "recherche primaire" fixe de 10 minutes est utilisé.

6. La largeur effective de recherche a été formulée comme ci-dessus pour prendre en compte le fait que les essaims les plus grands sont plus susceptibles d'être détectés. Si la

médiane r augmente, la taille type des essais considérés exploitables augmente et fait augmenter w . Les valeurs utilisées pour \bar{T}_{fs} ont été prises dans le modèle de simulation, bien que ce paramètre puisse être estimé à partir de données réelles du rayon de chaque essaim qui est pêché. Le paramètre d est le produit de deux termes : le nombre d'essais par unité de surface (D_c) et la proportion de ceux (S) considérés exploitables. Lorsque la médiane r croît, le premier de ces termes décroît, mais le second augmente. L'effet net en résultant est démontré au Tableau 1 qui explique aussi comment le temps de recherche primaire moyen ($w dv$)⁻¹ change si la médiane r varie.

7. Un seul autre changement aux paramètres du modèle de distribution du krill utilisé dans les études des conseillers (équation 11 de WS-KCPUE-89/4) a été effectué. Il concernait la valeur choisie pour le nombre d'essais par unité de surface (D_c). La couverture proportionnelle de la surface d'une concentration par des essais de krill pour les paramètres utilisés dans cette étude (50%) était considérée excessivement haute. Le problème a été résolu en utilisant la moyenne plutôt que le rayon médian de l'essaim pour le calcul de D_c . Dans le cas d'une médiane r de 50 m, le rayon moyen est plus grand (90 m) parce que la distribution des rayons est inégale. La valeur moyenne donne une estimation d'environ 10 essais par mille n^2 si elle est remplacée dans l'équation 10 de WS-KCPUE-89/4, par comparaison avec les 20 essais par mille n^2 utilisé dans les calculs de WS-KCPUE-89/4. Cette nouvelle valeur de D_c implique une valeur un peu plus réaliste de 25% pour la couverture proportionnelle de la surface de la concentration par le krill.

8. Le modèle particulier de la pêcherie pour lequel des calculs ont été effectués pendant l'Atelier est la version "un essaim par trait - pas d'élongation" décrite dans le document WS-KCPUE-89/4). La valeur du paramètre de l'opération de pêche (à la fois fixe et partiellement ajusté) sont celles de la première colonne du Tableau 2 de WS-KCPUE-89/4 avec les deux exceptions suivantes. Le taux de prise minimal pour rester dans une concentration a été fixé à une valeur basse qui ne serait pas atteinte pendant les simulations. Ceci parce que seules les statistiques sur l'intérieur des concentrations étaient d'intérêt, et qu'il n'y avait donc pas de nécessité à formuler des statistiques de recherche entre concentrations. Le critère répété trait-par-essaim a été changé de 50 tonnes/heure à 40 tonnes/heure pour mieux refléter l'estimation enregistrée d'un taux d'essai de répétition de traits de 40% (voir Tableau 3, WS-KCPUE-89/4) pour la gamme de paramètres de distribution considérée. 50, au lieu de 100 simulations ont été effectuées pour chaque scénario dans le but d'économiser sur le coût d'utilisation de l'ordinateur. Ceci fournit cependant une précision adéquate pour les estimations de statistiques sur l'intérieur des concentrations.

RESULTATS

9. Les résultats des expériences du modèle de simulation de la pêche japonaise modifié selon les explications ci-dessus, en termes de comportement d'indices de CPUE sont exposés au Tableau 2. Quand la médiane r est augmentée de 50 m à 300 m, la longueur moyenne d'un essaim dans lequel un trait est effectué, croît d'environ 0,3 milles n à 0,6 milles n et le temps moyen de pêche par trait (le temps où le filet est à la profondeur voulue, à l'exclusion des temps de baisse et de remontée) augmente d'environ 13 minutes à 23 minutes. Le Dr Ichii a fait remarquer que bien que les traits sur de bonnes couches prenaient un temps de pêche moyen d'une heure, des temps de pêche d'environ 20 minutes étaient typiques de traits sur de bonnes agrégations.

10. Il semble donc qu'augmenter la valeur de la médiane r produisait des estimations du modèle de temps de pêche qui étaient comparables à la réalité dans des concentrations de bonne agrégation.

11. Le Tableau 2 montre que l'efficacité des indices de la CPUE enregistrés pour détecter les réductions de biomasse aussi durement affectés que la valeur de la médiane r est augmentée. Il est évident que la performance des indices n'utilisant que le Temps de Recherche Primaire (PST) est bien supérieure à ceux qui se servent d'une combinaison des Temps de Recherche Primaire et Secondaire (PST + SST). Ces derniers ne sont d'aucune utilité sauf pour une possibilité très réduite de détecter des baisses de D_c . Malheureusement (voir paragraphe 62 du Rapport de l'Atelier), seule la dernière combinaison peut être collectée régulièrement, car la composante de PST ne peut pas être distinguée dans la pratique.

12. Ainsi, bien que les indices se servant des temps de pêche pourraient être utiles à contrôler les réductions de biomasse qui proviennent d'une baisse de δ , l'utilisation d'indices basés sur un temps de recherche total (PST + SST) à l'intérieur d'une concentration semble ne pas être adéquate à détecter des changements de r ou D_c .

INDICES BASES SUR UNE MODIFICATION DU TEMPS DE RECHERCHE TOTAL

13. Les résultats donnés au Tableau 11 de WS-KCPUE-89/4 ont montré que les indices basés sur PST étaient d'assez bonne performance même si PST était estimé avec une erreur considérable, à condition que l'estimation soit impartiale.

14. Cela suggère qu'un moyen approximatif de déduire la composante de PST à partir de données sur PST + SST pourrait fournir des indices dont la performance à détecter des réductions de biomasse pourrait ne pas être considérablement dégradée par rapport aux indices peu pratiques basés sur PST.

15. Ce qui est requis est de soustraire une certaine estimation de SST de la combinaison PST + SST qui peut être mesurée. Le SST requis dépend de la taille de la capture du trait précédent en raison des impératifs du temps de traitement, de sorte qu'une estimation approximative de SST peut être fournie par un multiplicateur (μ) de cette prise. Ainsi, le Pseudo Temps de Recherche Primaire (PPST) a été défini comme temps entre la fin d'un trait et le début du suivant, moins μ fois la capture précédente (C). La formule spécifique utilisée était :

$$PPST = \max \begin{cases} PST + SST - \mu (C - 0.75 \times 5) \\ 3 \text{ minutes} \end{cases}$$

La raison pour laquelle C est réduit de 3,75 tonnes provient de ce que le modèle de simulation commence le trait suivant (c.- à - d. finit SST) 0,75 heure avant que le traitement de la dernière prise (à un taux de 5 tonnes par heure) ne soit terminé. Le facteur de multiplication μ a été empiriquement défini à 0,17 pour fournir une bonne performance des indices de la CPUE en résultant. La valeur minimale de PPST pour chaque trait de 3 minutes a été introduite pour éviter des valeurs excessivement petites (ou négatives) de PPST. Il a été reconnu qu'une analyse de cette sorte ne constituait qu'un examen pour évaluer si une telle approche pouvait être applicable en principe. Lors d'une application pratique, le multiplicateur devrait être changé selon le produit en cours de production.

16. Les résultats des expériences performées pour les indices basés sur PPST sont aussi exposés au Tableau 2. Bien que ces indices ne soient pas aussi efficaces que ceux utilisant PST pour détecter des changements dans D_c , ils se comportent considérablement mieux que ceux qui utilisaient PST + SST. De plus, l'efficacité de ces indices s'améliore lorsque la médiane r est augmentée au-dessus de 50 m, ce qui est considéré être une représentation plus réaliste de répartition du krill dans une concentration de bonne agrégation. Des commentaires similaires s'appliquent à l'aptitude d'indices basés sur PPST à détecter des changements dans r , mis à part le fait que la sensibilité n'est pas aussi accrue que pour D_c .

17. La valeur de μ choisie pour les calculs effectués a été sélectionnée pour essayer d'obtenir les meilleurs résultats en termes de sensibilité des indices de PPST aux réductions

de biomasse pour le modèle particulier de simulation utilisé pour représenter la pêcherie. En réalité, les paramètres de ce modèle ne sont pas connus avec précision, et ainsi la valeur de μ utilisée peut ne pas être optimale. C'est pourquoi, la sensibilité des résultats ayant trait à la détection de changements de D_c , a été étudiée pour différentes valeurs de μ .

18. Les calculs ont été répétés pour un certain nombre de valeurs moindres de μ . Les résultats de ces calculs sont exposés au Tableau 3. Dans la simulation, le taux de traitement inverse était de 0,20 heure par tonne. La valeur maximale de μ est limitée par ce taux inverse, et les résultats prouvent que les indices ayant trait à PPST réagissent relativement bien aux changements de D_c , pour des valeurs minimales de μ d'au plus 0,10, ce qui est la moitié de la limite supérieure. Cette fourchette étendue suggère que les indices basés sur PPST seraient encore utiles même si une valeur de μ qui n'était pas idéale était employée.

19. Ainsi, il semble qu'il y a des possibilités d'utilisation d'informations sur le temps de recherche pour détecter les changements de D_c et de r . Les données sur le temps de recherche vont nécessiter un peu plus de collecte de données que pratiqué à l'heure actuelle dans la pêcherie japonaise. Ces opérations enregistrent régulièrement l'heure à laquelle la pêche se termine pour un trait et l'heure à laquelle elle commence pour le suivant. La différence entre ces heures est (PST + SST + le temps nécessaire pour relever puis baisser le filet). Ces derniers temps de manœuvre de filet sont relativement constant d'un trait à l'autre. Ainsi, PPST pourrait être calculé simplement à partir de ces données, à condition que les informations soient aussi enregistrées sur les changements du taux de traitement et les interruptions des activités normales de prospection et de pêche. Des valeurs différentes de μ devraient être utilisées quand le taux de traitement change parce qu'un nouveau produit est en cours de production. Des interruptions peuvent se produire, par exemple en cas de mauvais temps.

EXAMEN DE LA PRECISION PLAUSIBLE DES INDICES DE LA CPUE

20. La Figure 1 ci-dessus montre la relation entre l'indice TC/TFISHT de la CPUE et la biomasse lorsque la biomasse change en raison uniquement d'un changement de densité de surface δ de krill à l'intérieur d'une concentration. La non-linéarité de la relation est apparente sur le tracé. Le changement de TC/TFISHT ne reflète pas l'étendue d'une réduction de biomasse.

21. Les barres d'erreur, correspondant à des intervalles de confiance de 95%, sont aussi exposées sur la Figure 1. Elles ont été dérivées d'estimations de l'erreur standard de la

moyenne de l'indice sur 50 expériences de simulation du modèle, chacune correspondant à une période de 15 jours. Ceci équivaut 25 mois-navire, soit approximativement l'effort consacré actuellement par la flottille de pêche au krill antarctique japonaise.

22. Les intervalles de confiance spécifiques illustrés sur le tracé correspondent au ratio de l'indice de la CPUE sur deux ans. Ainsi, si δ baisse de 50% d'une année à l'autre, ces résultats indiquent que pour le niveau de capture pris par la flottille japonaise, l'indice de TC/TFISHT serait à 95% sûr de baisser d'entre 31% et 41%.

Tableau 1 : Paramètres utilisés dans la formule de recherche aléatoire d'essaims si le r médian est augmenté. La vitesse de recherche v est de 10 nœuds en permanence. La sélectivité est fixe pour tout l'exercice, avec les essaims exploitables étant ceux dont la biomasse dépasse 50 tonnes, constituant une fraction S du nombre total d'essaims. Le Temps de Recherche Primaire moyen est \bar{t} .

r médian m	\bar{r}_{fs} m	$w=2000+2\bar{r}_{fs}$ m	D_c milles n^{-2}	S	$d=D_c S$ miles n^{-2}	$\bar{t}=(wdv)^{-1}$ min
50	372	2744	10	0,076	0,760	5,3
100	515	3030	2,5	0,183	0,458	8,0
150	628	3256	1,11	0,277	0,307	11,1
300	936	3872	0,278	0,475	0,132	21,7

Tableau 2 Sensibilité s de différents indices I de CPUE dans différents cas de changement de biomasse. Si $I(1)$ est la valeur de l'indice pour les paramètres de distribution du cas de base, et $I(0,5)$ correspond à une baisse de biomasse de 50% due à un changement de paramètre indiqué, alors:

$$s = 2(1 - I(0.5)/I(1))$$

Ainsi $s=0$ démontre que l'indice ne change pas quand la biomasse est réduite de la sorte, alors que $s=1$ prouve que la valeur de l'indice baisse proportionnellement à la biomasse (ainsi que pour un rapport linéaire CPUE-biomasse). La signification des composantes de l'indice de la CPUE est la suivante:

TC	= Capture totale	TSST	= Temps total de recherche secondaire
TFISHT	= Temps de pêche total	\overline{PST}	= Temps moyen de recherche primaire par trait
TPST	= Temps total de recherche primaire*	TPPST	= Pseudo temps de recherche primaire total ($\mu = 0.17$ h/tonne)

a) Réduction de biomasse selon le rayon de l'essaim $r \rightarrow r/\sqrt{2}$

r médian (m)	50	100	150	300
Indice				
TC/TFISHT	-.19	-.30	-.27	-.26
TC/TPST*	.57	.50	.57	.45
TC/(TPST+TSST)	.05	.07	.11	.14
TC/(TFISHT* \overline{PST}) *	.43	.29	.38	.23
TC/(TFISHT* $\overline{PST+SSST}$)	-.14	-.19	-.13	-.13
TC/TPPST	.20	.28	.37	.43
TC/(TFISHT* \overline{PPST})	.02	.03	.16	.20

* Collecte difficile

b) Réduction de biomasse selon la densité spatiale de krill par surface pour $\delta \rightarrow \delta/2$ à l'intérieur d'essaims

r médian (m)	50	100	150	300
Indice				
TC/TFISHT	.61	.72	.79	.67
TC/TPST*	.77	.89	.84	.64
TC/(TPST+TSST)	-.05	-.02	.08	.16
TC/(TFISHT* \overline{PST}) *	1.02	1.11	1.12	.90
TC/(TFISHT* $\overline{PST+SS\bar{T}}$)	.35	.38	.53	.53
TC/TPPST	.47	.72	.78	.68
TC/(TFISHT* \overline{PPST})	.77	.97	1.07	.94

c) Réduction de biomasse selon le nombre d'essaims par unité de surface $D_c \rightarrow D_c/2$

r médian (m)	50	100	150	300
Indice				
TC/TFISHT	.06	.07	-.20	-.10
TC/TPST*	.78	.83	.90	.87
TC/(TPST+TSST)	.10	.13	.30	.41
TC/(TFISHT* \overline{PST}) *	.80	.83	.82	.80
TC/(TFISHT* $\overline{PST+SS\bar{T}}$)	.13	.12	.20	.35
TC/TPPST	.40	.57	.67	.81
TC/(TFISHT* \overline{PPST})	.42	.56	.57	.74

* Collecte difficile

Tableau 3: Sensibilité s des indices de la CPUE basé sur le PPST à une réduction de D_c à $D_c/2$ pour différentes valeurs du multiplicateur μ de la capture déduite du temps de recherche total.

Indice μ (h/tonne)	TC/TPPST		TC/(TFISHT*PPST)	
	r médian = 50 m	r médian = 300 m	r médian = 50 m	r médian = 300 m
0.17	.40	.81	.42	.74
0.15	.29	.71	.32	.65
0.10	.18	.56	.20	.50
0.05	.13	.47	.15	.41

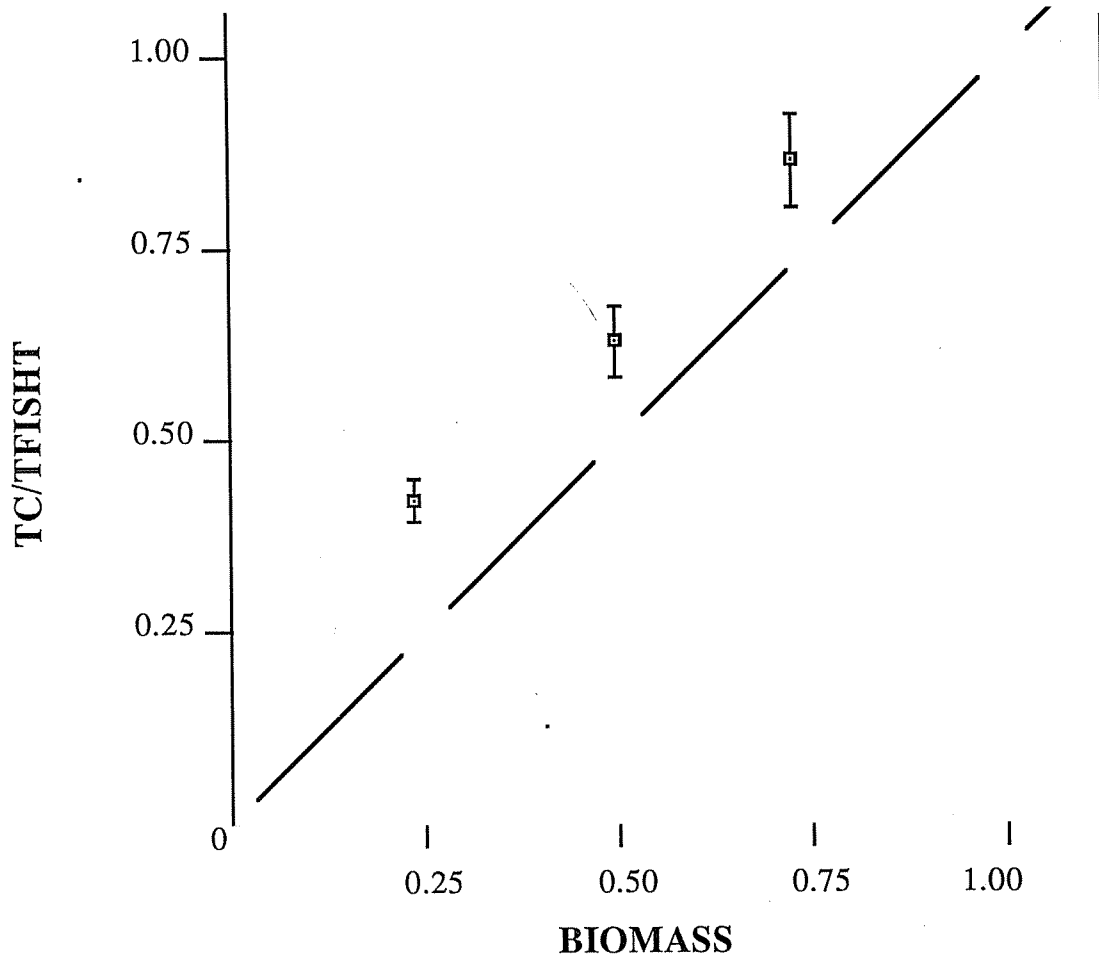


Figure 1 : Tracé de l'indice TC/TFISHT comme fonction de biomasse quand la réduction de biomasse résulte d'une baisse de la densité spatiale de krill δ . Les variables des deux axes sont indiquées en fractions de niveaux de leur cas de base pour la médiane $r=100$ m.

**STRUCTURE POUR UNE ETUDE DE SIMULATION D'UN
INDICE COMPOSITE DE L'ABONDANCE DU KRILL**

La plus grande partie de la discussion dans cet appendice concerne l'Indice composite d'abondance du krill dans des concentrations de bonnes agrégations. Un indice d'abondance du krill dans des concentrations de bonnes couches est décrit à la fin de cette partie.

2. Un Indice composite d'abondance du krill pourrait être constitué seulement sur une base de zone par zone. La zone sélectionnée devrait avoir quelques propriétés:

- Elle devrait être relativement homogène, afin qu'elle puisse justifier une augmentation de la quantité des données recueillies dans cette zone;
- Des navires de pêche et de prospection opéreraient dans cette zone.

3. L'Indice composite sera une mesure relative de la biomasse, et de là il pourrait être constitué dans des zones sensibles du point de vue écologique. Un exemple d'une telle région est la limite du plateau.

4. L'Indice composite est donné par

$$CI = N_c L_c^2 D_c r^2 \delta \quad (1)$$

Dans cette équation, **CI** indique l'Indice composite et

N_c = nombre de concentrations dans la zone d'intérêt

L_c = caractéristiques des rayons des concentrations

D_c = nombre d'essaims par unité de surface dans une concentration

r = rayon caractéristique des essaims dans les concentrations

δ = densité spatiale du krill à l'intérieur des essaims. (2)

5. L'objet de l'étude par simulation d'un Indice composite est de déterminer si un tel indice peut contrôler effectivement la biomasse du krill. Il est probable que l'Indice composite sera une fonction non linéaire de la biomasse du krill. Il est très probable que la non linéarité soit telle que si l'indice montre un changement statistiquement significatif,

alors la biomasse est changée par une somme encore plus élevée que l'indice de sorte que l'abondance du krill sera modifiée de façon marquée.

6. Puisque la variance de l'Indice composite dépendra de la variance des variables fondamentales, il est crucial de comprendre comment ces deux paramètres varient et peuvent être estimés et comment des erreurs dans les estimations affectent l'Indice composite. C'est à dire que, l'Indice composite réel n'est pas donné par l'Eqn(1), mais est exprimé par

$$CI = N_{c,est} L_{c,est}^2 D_{c,est} r_{est}^2 \delta_{est} \quad (3)$$

où l'annotation inférieure "est" à droite de chacune des variables indique que ces variables sont estimées.

7. L'Indice composite d'abondance du krill quand le krill est en couches est donné par

$$CI_{layer} = N_{cl} L_{cl}^2 \delta \quad (1')$$

où N_{cl} est le nombre des concentrations dans lesquelles le krill est en couches, L_{cl} est la longueur caractéristique de telles concentrations et δ est la densité du krill dans de telles concentrations. Les principes généraux décrits ci-dessous s'appliquent au krill en couches, avec les modifications appropriées.

CONNAISSANCE COURANTE SUR LES PARAMETRES SOUS-JACENTS, DES SOURCES D'INCERTITUDE ET ESTIMATION

Nombre des concentrations

8. Les données des navires de prospection peuvent, avec des analyses mathématiques appropriées, être utilisées pour estimer le nombre de concentrations dans une région. Pour adapter les méthodes décrites dans Mangel et Beder (1985) à la situation dans laquelle l'extinction n'a pas lieu, on peut calculer la distribution de probabilités de $N_{c,est}$ comme fonction du nombre de découvertes par les navires de prospection.

9. Les inconvénients de l'estimation de N_c incluent :

- i) le comptage en double des concentrations pendant le processus de prospection;

- ii) la détermination exacte de la vitesse des navires de recherche et du temps de recherche;
- iii) la détermination exacte et sûre de la largeur de détection effective des concentrations; et
- iv) la distribution non aléatoire des concentrations et la stratification associée de l'effort de recherche.

10. Actuellement, on connaît peu de choses au sujet de la distribution des concentrations dans des zones sensibles du point de vue écologique. Pour améliorer la connaissance de cette variable, les concentrations devraient être définies pendant l'utilisation en mer de graphe acoustique, plutôt qu'après coup dans une analyse statistique.

Longueur caractéristique des concentrations

11. L'utilisation d'une longueur caractéristique unique pour les concentrations suppose soit que les concentrations sont symétriques (c'est-à-dire circulaires et carrées), ou soit qu'elles sont asymétriques (c'est-à-dire en ellipses) mais que si l'abondance change, tous les axes de l'ellipse changeront dans la même proportion. On ignore si cette hypothèse est valable et si cette question mérite davantage d'attention.

12. La longueur caractéristique des concentrations peut être déterminée par l'utilisation des données détaillées sur les emplacements des activités de pêche soviétiques et japonaises. En particulier, de tels navires pourraient tenter de déterminer :

- la forme des concentrations;
- la longueur caractéristique des concentrations.

13. A présent, peu de chose est connu au sujet de la distribution des tailles et des formes des concentrations. Dans leurs modèles de simulation, les Conseillers ont supposé que les rayons seraient uniformément distribués dans un intervalle approximatif de 11 milles nautiques à 22 milles nautiques. Les discussions lors de l'Atelier suggèrent quelques modifications:

- Les bonnes concentrations ont un diamètre minimum de 25 milles nautiques;

- Les rayons des concentrations ont une distribution biaisée, plutôt qu'une distribution uniforme;
- Dans une région telle que le bord du plateau, la variable appropriée est la profondeur de la concentration en travers du plateau, plutôt que la longueur le long du plateau.

Densité des essais à l'intérieur des concentrations

14. La densité des essais à l'intérieur des concentrations (c'est à dire le nombre d'essais par unité de surface) peut être estimée en utilisant les données provenant des carnets de pêche japonais ou en utilisant les données acoustiques recueillies par des navires de recherche scientifique. Dans les concentrations pauvres, la distance entre les essais peut suivre une loi exponentielle négative (par exemple Miller and Hampton, 1989). Dans les bonnes agrégations, la loi binomiale négative, une distribution typique des agrégations, pourrait être utilisée pour modéliser D_c .

15. Les Conseillers ont présumé que $D_c = 20 \exp(X_{c1})$ essaim/ milles nautiques², où X_c est une variable aléatoire de loi normale avec une moyenne 0 et une variance σ^2 . L'impression suivante régnait à l'Atelier :

- La distribution de densités des essais à l'intérieur des concentrations devrait être déterminée assez facilement à partir d'enregistrements acoustiques.

16. En outre, il ne devrait y avoir qu'une légère variation de densité d'essais à l'intérieur de concentrations. Si le krill est en effet en essais (par opposition aux couches), la densité ne peut pas être trop faible, puisque dans ce cas le krill ne serait pas dans une "bonne" concentration (c.- à- d. exploitable). De même, si la valeur de la densité est très haute, alors le krill n'est pas en essais, mais essentiellement en couches. Ces effets contraindront la variance.

Rayon caractéristique des essais à l'intérieur de concentrations

17. Cette variable serait déterminée au mieux en utilisant l'information acoustique rassemblée par les navires de prospection, bien que les données recueillies par les navires de pêche puissent également être utilisées. Une discussion approfondie des propriétés

distributionnelles de r a été renvoyée au Groupe de travail sur le krill; mais les questions suivantes ont déjà été soulevées.

18. Les Conseillers ont présumé que $r = 50 \exp(X_{1,1})$ m, ce qui mène à un biais considérable dans la valeur de r . Six exemples de distributions de taille d'essaims chalutés sont pourvus par Ichii (1987). Dans une région d'environ 60 milles nautiques d'étendue nord-sud et 60 milles nautiques d'étendue est-ouest, les données d'Ichii (Figure 1) suggèrent quatre cas où les rayons des essaims suivent une loi exponentielle apparemment négative, un cas où les rayons des essaims suivent une loi à peu près uniforme et un cas où les rayons des essaims suivent une loi très biaisée d'une taille minimum de 3 000 m. Ce genre de résultats suggère que les rayons des essaims peuvent varier considérablement sur des surfaces géographiques relativement petites et que la détermination précise de cette variabilité est importante.

Densité du krill à l'intérieur des essaims

19. La densité par surface du krill à l'intérieur d'essaims (c'est à dire g/m^2) peut être déterminée à partir des navires de pêche soviétiques aussi bien que japonais, utilisant la prise par temps de pêche comme indice. Les données acoustiques pourraient aussi être utilisées, mais **seulement si le volume moyen de l'intensité de rétrodiffusion est déclaré**. Ceci est nécessaire, même pour un indice d'abondance relative, pour étalonner les données d'un navire à l'autre.

20. Les Conseillers ont présumé que $\delta = 150 \exp(X_{1,4})$ g/m^2 , ce qui mène à un biais considérable dans la distribution de densités. Dans les concentrations qui sont pêchées, cependant, la densité pourrait être moins variable, puisque les pêcheurs sélectionnent les concentrations afin d'atteindre un taux de capture suffisamment élevé.

CONSIDERATIONS GENERALES SUR L'INDICE COMPOSITE

21. Puisque L_c et r sont élevés au carré dans l'Indice composite, des incertitudes sur l'une ou l'autre de ces valeurs produiront proportionnellement plus d'effet que des incertitudes sur N_c , D_c or δ .

22. Actuellement, l'on sait peu de choses sur la corrélation entre les paramètres. Par exemple, il se peut que la biologie du krill force le produit $D_c r^2$ à être plus ou moins constant.

23. On a aussi peu de connaissances actuelles sur la manière dont des changements d'abondance pourraient se manifester. C'est à dire que chacune des cinq variables fondamentales peut changer indépendamment, ou qu'il peut y avoir une covariation considérable entre elles.

24. Comme l'Indice composite sera probablement une fonction non linéaire d'abondance, les propriétés de variance de l'indice deviennent extrêmement importantes s'il doit servir à contrôler l'abondance.

UN PROTOCOLE POUR UNE ETUDE PAR SIMULATION DE L'INDICE COMPOSITE

25. Un protocole possible pour une étude par simulation de l'Indice composite entraîne les démarches suivantes :

- a) Choisir des valeurs de base pour les paramètres fondamentaux de distribution;
- b) Pour chaque itération de la simulation, utiliser les propriétés distributionnelles que l'on vient de décrire pour déterminer les valeurs particulières de chacun des paramètres fondamentaux dans cette itération. L'indice de biomasse **BI** pour ce passage particulier de la simulation sera alors donné par l'Eqn(1). Il faut noter que **BI** est le "vrai" indice d'abondance, à la différence du **CI** qui est une estimation de cet indice;
- c) Pour chaque itération de la simulation, utiliser les propriétés distributionnelles des variables estimées et les modèles développés par les Conseillers pour déterminer les valeurs estimées des variables fondamentales, étant donné les valeurs réelles des variables fondamentales. Une fois ces variables estimées constituées, l'Indice composite "observé" sera donné par l'Eqn(3); et
- d) Etudier les propriétés de **CI/BI** comme fonction de **BI** et en variant les paramètres. De cette manière, il est possible de considérer le caractère non linéaire ainsi que la variance de l'Indice composite.

REFERENCES

- Ichij, T. 1987. Observations of fishing operations on a krill trawler and distributional behaviour of krill off Wilkes Land during the 1985/86 season. SC-CAMLR-VI/BG/35.
- Mangel, M. et Beder, J.H. 1985. Search and stock depletion : theory and applications. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42:150-163.
- Miller, D.G.M. et Hampton, I. 1989. Krill aggregation characteristics : spatial distribution patterns from hydroacoustic observations. Polar Biology, sous presse.

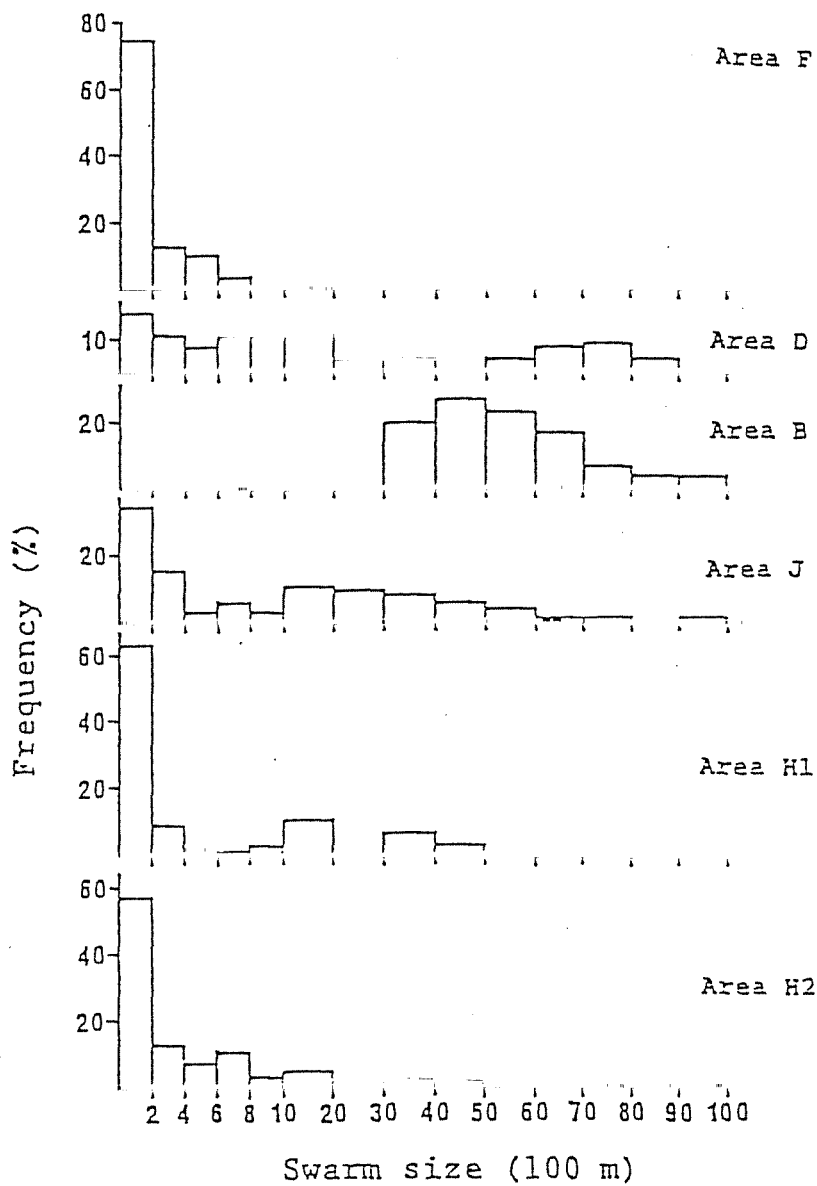


Figure 1 : Distributions de fréquence de tailles d'essaims chalutés dans chaque zone de pêche (Ichii, 1987)