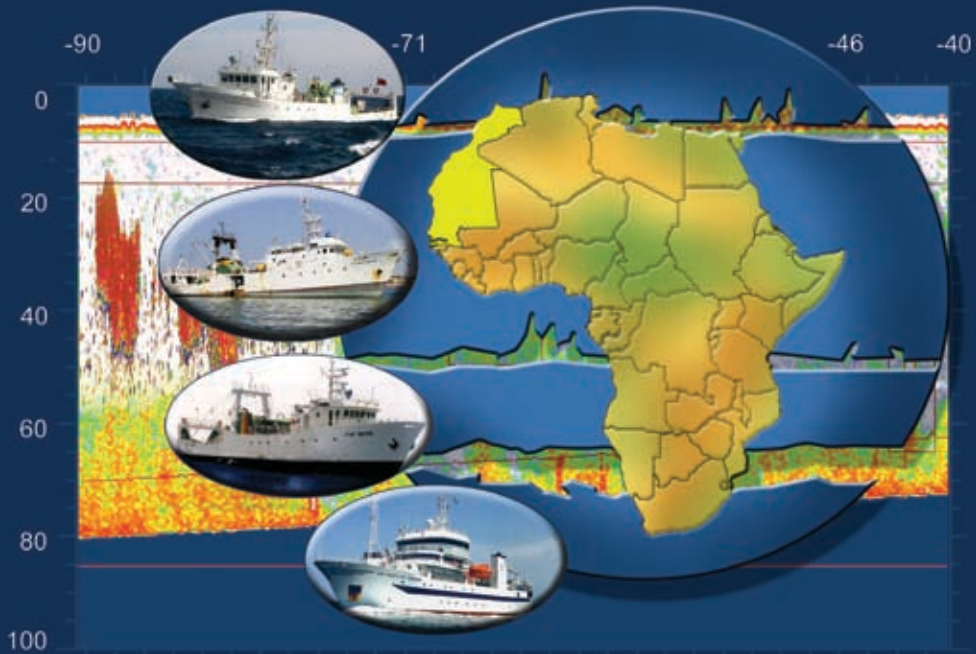


GUIDELINES

for acoustic surveys
in the northwest African region

DIRECTIVES

pour les campagnes acoustiques
dans la région de l'Afrique du Nord-Ouest



Cover by Emanuela D'Antoni

Photographs from top:

R/V AL AMIR MOULAY ABDALLAH (courtesy of Najib Charouki)

R/V AL-AWAM (courtesy of Ad Corten)

R/V ITAF DEME (courtesy of Djiby Thiam)

R/V DR. FRIDTJOF NANSEN (courtesy of Oddgeir Alvheim)

GUIDELINES

for acoustic surveys
in the northwest African region

DIRECTIVES

pour les campagnes acoustiques
dans la région de l'Afrique du Nord-Ouest

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

Rome, 2009

The designations employed and the presentation of material in this information product do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) concerning the legal or development status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. The mention of specific companies or products of manufacturers, whether or not these have been patented, does not imply that these have been endorsed or recommended by FAO in preference to others of a similar nature that are not mentioned. The views expressed in this information product are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of FAO.

ISBN 978-92-5-006233-4

All rights reserved. Reproduction and dissemination of material in this information product for educational or other non-commercial purposes are authorized without any prior written permission from the copyright holders provided the source is fully acknowledged. Reproduction of material in this information product for resale or other commercial purposes is prohibited without written permission of the copyright holders. Applications for such permission should be addressed to:

Chief
Electronic Publishing Policy and Support Branch
Communication Division
FAO
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy
or by e-mail to:
copyright@fao.org

© FAO 2009

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement celles de la FAO.

ISBN 978-92-5-006233-4

Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce produit d'information peuvent être reproduites ou diffusées à des fins éducatives et non commerciales sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source des informations soit clairement indiquée. Ces informations ne peuvent toutefois pas être reproduites pour la revente ou d'autres fins commerciales sans l'autorisation écrite du détenteur des droits d'auteur. Les demandes d'autorisation devront être adressées au:

Chef de la
Sous-division des politiques et de l'appui en matière de publications électroniques
Division de la communication,
FAO
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie
ou, par courrier électronique, à:
copyright@fao.org

© FAO 2009

Preparation of this document

This document was initiated at the Workshop on the Review of the Pelagic Surveys off Northwest Africa in the 1990s held in Bergen, Norway, from 28 September to 2 October 1998, where it was recognized that acoustic surveys using the national research vessels of the countries in this region (Mauritania, Morocco, Senegal) require a regional approach, should these be useful for management and science. As a first step towards this harmonization, an ad hoc working group to produce guidelines for standard survey practice in the northern area of the eastern Central Atlantic Fisheries (CECAF) area was established during this meeting.

The preparation of the guidelines started during the “Workshop to plan the 1999 R/V DR. FRIDTJOF NANSEN surveys in the northern CECAF area and the standardization of acoustic surveys in the region (Northwest Africa)”, where a first version was provided. The guidelines were subsequently updated and finalized during the 2001–2007 meetings of the “Planning Group for the coordination of acoustic surveys off Northwest Africa”, established by the 2001 meeting of the “FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa”.

This work was supported by Project GCP/INT/730/NOR: “International cooperation with the Nansen Programme: Fisheries Management and Marine Environment”.

Many people have made valuable contributions and comments to this document. All of the participants at the above mentioned workshops, the members of the original Working Group for the development of the guidelines (Salah Ben Cherifi, Cheick Inejih, Ousmann Maas Jobe, Birane Samb, Vladimir Severin, Tore Strømme, Ana Maria Caramelo and Merete Tandstad) are particularly acknowledged as well as all the more recent members of the Planning Group for the coordination of acoustic surveys off Northwest Africa. The contributions of Egil Ona, Ingvald Svellingen, Reidar Thoresen, Oddgeir Alvheim, Jens Otto Krakstad, Ad Corten and the late Guillermo Burgos are also gratefully acknowledged. A special thanks is also due to all the survey participants.

Préparation de ce document

Ce document a été commencé au cours de l'Atelier sur la revue des prospections acoustiques de la côte nord-ouest africaine dans les années 1990 tenu à Bergen, Norvège, du 28 septembre au 2 octobre 1998; durant cet Atelier, il a été reconnu que les campagnes acoustiques utilisant les navires nationaux de recherche des pays de la région (Maroc, Mauritanie, Sénégal) nécessitent une approche régionale, dans la mesure où elles seraient utiles pour l'aménagement et la science. Comme première étape vers cette harmonisation, un groupe de travail ad hoc devant fournir des directives de campagnes dans la région nord des pêcheries de l'Atlantique centre-est (COPACE) a été établi au cours de cette réunion.

La préparation des directives a débuté au cours de l'Atelier pour la planification des prospections du N/R DR. FRIDTJOF NANSEN dans la zone nord du COPACE en 1990 et la standardisation des campagnes acoustiques de la région (Afrique du Nord-Ouest), à l'issue duquel une première version a été fournie. Les directives ont été mises à jour et finalisées au cours des réunions des années 2001-2007 du Groupe de planification pour la coordination des études acoustiques au large de l'Afrique du nord-ouest, créé au cours de la réunion de 2001 du Groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits poissons pélagiques au large de l'Afrique du Nord-Ouest.

Ce travail a été appuyé par le projet GCP/INT/730/NOR: «Coopération internationale avec le Programme Nansen: aménagement des pêches et environnement marin».

De nombreuses personnes ont apporté leurs précieuses contributions et commentaires à ce document. Il convient de remercier en particulier tous les participants aux ateliers mentionnés ci-dessus, les membres du premier Groupe de travail pour l'élaboration des directives (Salah Ben Cherifi, Cheick Inejih, Ousmann Maas Jobe, Birane Samb, Vladimir Severin, Tore Strømme, Ana Maria Caramelo et Merete Tandstad) ainsi que tous les membres les plus récents du Groupe de planification pour la coordination des études acoustiques au large de l'Afrique du Nord-Ouest. De même, nous remercions pour leurs contributions Egil Ona, Ingvald Svellingen, Reidar Thoresen, Oddgeir Alvheim, Jens Otto Krakstad, Ad Corten et Guillermo Burgos, maintenant décédé. Nous tenons également à remercier l'ensemble des participants aux campagnes.

Abstract

The R/V DR FRIDTJOF NANSEN has a long tradition of carrying out acoustic surveys in the northwest African region. In recent years, Mauritania, Morocco and Senegal have acquired research vessels capable of conducting routine acoustic assessment surveys. It has therefore been a long-term goal that these vessels should perform their own acoustic surveys, with the aim of assessing the pelagic fish stocks of the entire region, without the assistance from the R/V DR. FRIDTJOF NANSEN.

To achieve this goal it became apparent that it was necessary to standardize all survey routines in the region. Only then could one get comparable results of the shared stocks from the different vessels. It was thus decided to produce a standard survey protocol for all acoustic assessment surveys in the region.

This manual describes the standardized survey routines that should be followed during hydroacoustic fish abundance surveys in the northwest African region; nevertheless it should also be useful for other regions with similar sea conditions and fish species of concern. The principles explained have mainly been adopted from the survey strategy followed during surveys with the R/V DR. FRIDTJOF NANSEN.

The manual covers topics such as survey design, calibration of hydroacoustic equipment, instrument settings, echo identification, biomass estimation, statistical analysis, standard format for data storage, environmental sampling and presentation of survey results.

Résumé

Le N/R DR. FRIDTJOF NANSEN a une longue tradition pour la réalisation de campagnes acoustiques dans la région de l'Afrique du nord-ouest. Récemment, le Maroc, la Mauritanie et le Sénégal ont acquis des navires de recherche capables de conduire des campagnes d'évaluation acoustique de routine. Le but à long terme a donc été que ces navires puissent réaliser leurs propres prospections acoustiques pour évaluer les stocks de petits pélagiques de l'ensemble de la région sans l'assistance du N/R DR. FRIDTJOF NANSEN.

Pour atteindre cet objectif, il est apparu qu'il était nécessaire de standardiser toutes les routines des campagnes dans l'ensemble de la région. C'est alors seulement que l'on pourrait obtenir des résultats comparables, sur des stocks partagés, par les différents navires dans la région. Il a donc été décidé de produire un protocole de campagne standard pour toutes les campagnes d'évaluation acoustique dans la région.

Ce manuel a pour but de décrire les routines de prospection standardisées qui devraient être suivies pendant les prospections hydroacoustiques dans la région de l'Afrique du Nord-Ouest. Cependant, il devrait être utile pour les autres régions ayant des conditions marines et des espèces marines similaires. Les principes décrits ont été principalement adoptés à partir de la stratégie de prospection suivie pendant les prospections avec le N/R DR. FRIDTJOF NANSEN.

Le manuel couvre des thèmes tels que la conception de la campagne, le calibrage de l'équipement hydroacoustique, le réglage des instruments, l'identification des échos, l'estimation de la biomasse, l'analyse statistique, le format standard pour le stockage des données, l'échantillonnage environnemental et la présentation des résultats des campagnes.

FAO.

Guidelines for acoustic surveys in the northwest African region/Directives pour les campagnes acoustiques dans la région de l'Afrique du Nord-Ouest.

Rome, FAO. 2009. 49p.

Contents

Preparation of this document	iii
Abstract	v
1. Introduction	1
2. Survey design	3
2.1 Target species	3
2.2 Survey area	3
2.3 Survey timing	5
2.4 Coordination among countries	5
2.5 Survey design, transect spacing and layout	5
2.6 Day and night surveys	6
2.7 Integration interval	6
2.8 Survey speed	6
3. Calibration of the hydroacoustic equipment	7
3.1 When to perform a calibration	7
3.2 Calibration method	7
3.3 Noise measurement	8
3.4 Intership calibration	8
4. Instrument settings	10
5. Echo identification	11
5.1 Fishing method	11
5.2 Frequency of fishing operations	11
5.3 Sampling of catches and biological sampling	12
5.4 Classification of echo traces	12
6. Biomass estimation	14
6.1 Target strength	14
6.2 Estimating species composition of mixed concentrations	15
6.3 Post-stratification and area calculation	15
6.3.1 Contouring and area calculation	15
6.3.2 Nansen method	15
6.3.3 AtlantNIRO method	15
6.4 Obtaining representative length distribution for a region or subregion	16

6.5	Calculation of stock abundance in numbers of fish	16
6.6	Calculation of stock abundance in weight	16
6.7	Biomass estimates by sectors	17
7.	Statistical analysis	18
7.1	Estimating errors of survey estimates	18
8.	Standard format for data storage	19
9.	Environmental sampling	20
10.	Presentation of survey results	21
10.1	Mapping techniques	21
10.2	Charts	21
10.3	Tables	21
10.4	Survey report	21

Table des matières

Préparation de ce document	iv
Résumé	vi
1. Introduction	23
2. Schéma de prospection	25
2.1 Espèces-cibles	25
2.2 Zone de prospection	25
2.3 Période de prospection	27
2.4 Coordination entre les pays	28
2.5 Plan de campagne et espacement des radiales et disposition	28
2.6 Prospections de jour et de nuit	28
2.7 Intervalle d'intégration	29
2.8 Vitesse de prospection	29
3. Calibration de l'équipement hydroacoustique	30
3.1 Quand faire la calibration	30
3.2 Méthode de calibration	30
3.3 Mesure du bruit	31
3.4 Calibration entre navires	31
4. Réglage des instruments	33
5. Identification des échos	35
5.1 Méthode de pêche	35
5.2 Fréquence des opérations de pêche	35
5.3 Échantillonnage des captures et échantillonnage biologique	36
5.4 Classification des détections	36
6. Estimation de la biomasse	38
6.1 Valeurs de l'index de réflexion	38
6.2 Estimation de la composition spécifique des concentrations mélangées	39
6.3 Post-stratification et calcul des surfaces	39
6.3.1 Délimitation des zones et calcul des surfaces	39
6.3.2 La méthode du Nansen	40
6.3.3 La méthode de l'AtlantNIRO	40

6.4	Obtention de distributions de tailles représentatives pour une région ou une sous-région	40
6.5	Calcul d'abondance exprimée en nombre de poissons	40
6.6	Calcul d'abondance pondérale	40
6.7	Estimations de biomasses par secteurs	41
7.	Analyse statistique	42
7.1	Estimations d'erreurs des évaluations	42
8.	Format standard pour le stockage des données	43
9.	Échantillonnage de l'environnement	44
10.	Présentation des résultats de prospection	45
10.1	Techniques cartographiques	45
10.2	Cartes	45
10.3	Tableaux	45
10.4	Rapport de campagne	45

1. Introduction

The northwest African coast is abundant with pelagic fish due to its location in one of the major western upwelling regions of the world. The region has a long history of artisanal and industrial fisheries with total landings between one and four million tonnes/year for the last 30 years. The most important species are sardine (*Sardina pilchardus*), sardinella (*Sardinella aurita* and *S. maderensis*), horse mackerel (*Trachurus trecae* and *T. trachurus*) bonga (*Ethmalosa fimbriata*), anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and mackerel (*Scomber japonicus*) together with a variety of other small pelagic species, all of which are shared stocks between two or more countries in the region.

The first survey with the research vessel R/V DR. FRIDTJOF NANSEN in this region was originally carried out in 1981 under a joint Norwegian Agency for Development Cooperation (NORAD)/United Nations Development Programme (UNDP)/FAO programme (GLO/79/011). This project was followed by a series of agreements and from 1999 to 2006 the NORAD/Institute of Marine Research of Norway (IMR)/FAO cooperation was carried out within the frame of a tripartite agreement and the Project "International cooperation with the Nansen Programme: Fisheries Management and Marine Environment" (GCP/INT/730/NOR) through which FAO has been responsible for amongst others the implementation of Programme activities in Northwest Africa. This project was part of the Nansen Programme, implemented by the IMR of Norway, which aimed to assist developing countries in fisheries research, management and institutional strengthening. The R/V DR.FRIDTJOF NANSEN, operated by IMR and an integral part of the Programme, provided a valuable basis for assessment of resources and scientific information which is basic to fisheries management.

Since 1995 annual surveys have been carried out with R/V DR.FRIDTJOF NANSEN in the northwest African region (Mauritania, Morocco, Senegal and Gambia) during the period November/December. In recent years, Mauritania, Morocco and Senegal have acquired new research vessels capable of conducting routine acoustic assessment surveys and local scientists have, with the support of FAO, received training in acoustic abundance estimation. It has therefore been a long-term goal that Mauritania, Morocco and Senegal in the future should carry out their own acoustic surveys, with the aim of assessing the pelagic fish stocks of the entire region, without the assistance from the R/V DR. FRIDTJOF NANSEN. During the preparations to achieve this goal it became

apparent that it was necessary to standardize all survey routines in the region. Only then could one get comparable results of the shared stocks from the different vessels. It was also decided to produce a standard survey protocol for all acoustic assessment surveys in Northwest Africa.

This manual intends to describe the standardized survey routines that should be followed during hydroacoustic fish abundance surveys in the northwest African region, however the manual should also be useful for other regions. The principles described have mainly been adopted from the survey strategy followed during surveys with the R/V DR. FRIDTJOF NANSEN. This strategy was then adapted to the local situation during several Workshops (e.g. FAO, 1999) and through discussions in the survey planning group meetings held in Dakar, Senegal (FAO, 2005a,b; FAO, 2007b,c) The reader is referred to more general literature (e.g. MacLennan and Simmonds, 1992) for specific information on hydroacoustic surveys.

2. Survey design

Standardized survey designs ensure comparable results among surveys. When several boats, crew and cruise participants are involved in surveys it becomes even more important to standardize the design to ensure comparable results across the region.

2.1 TARGET SPECIES

The target species for each national area should be defined.

A species to be defined as target species should be identifiable on the echogram. If not, it should be pooled with related species into a larger “target group”. For each target species or target group, individual S_A -values should be allocated to each integration interval.

The final survey report should contain separate distribution charts for the species or groups defined as targets.

Typical target groups in northwest African waters are:

- sardine
- sardinella (includes two species)¹
- anchovy
- bonga
- horse mackerel (includes two horse mackerel species and false scad)
- mackerel
- pelagic fish group one (other clupeid fish)
- pelagic fish group two (other carangids and associated pelagic species)
- demersal fish (non-target)
- mesopelagic fish (non-target)
- plankton (non-target)

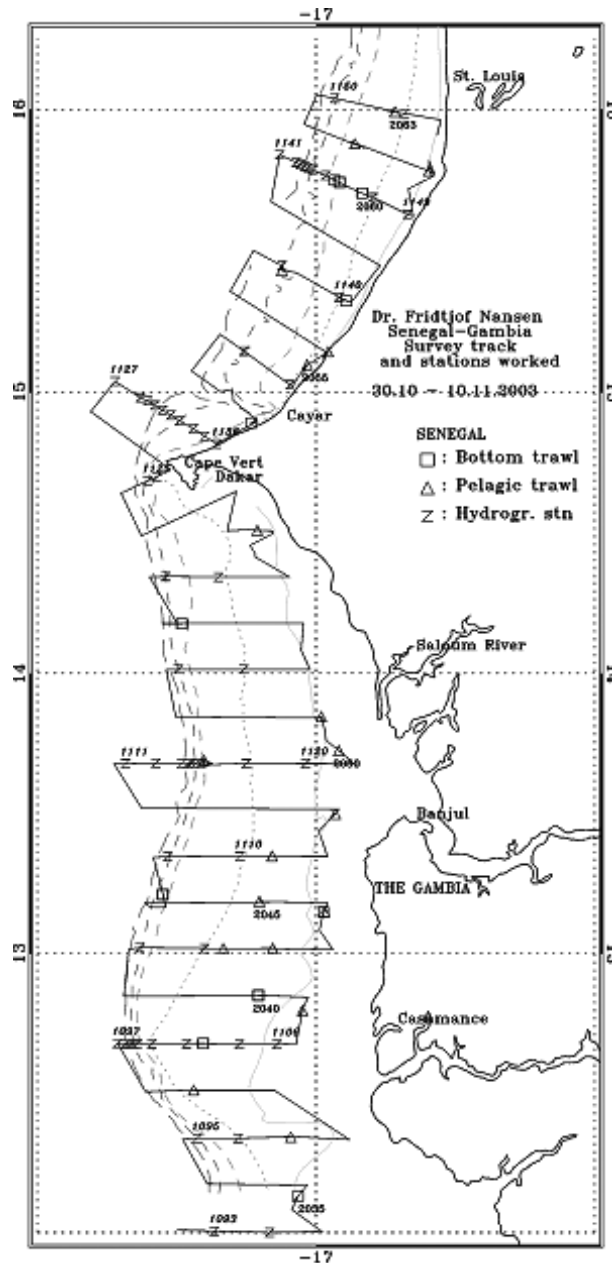
2.2 SURVEY AREA

The extent of the survey area depends on survey objectives and target species. In general, all waters within the national jurisdictions of countries can be surveyed for species distribution and abundance. If a target species is known to concentrate in a certain area, sampling may be concentrated in this area (see Section 2.8).

It is common knowledge in the subregion that the target species are mostly found between the 10–250 m isobaths and only rarely found

¹ Sardinellas are separated in the assessment according to the relative proportion of each species in trawl catches.

FIGURE 1
 Example of a survey outline from a hydroacoustic survey with
 R/V DR. FRIDTJOF NANSEN in Senegal and Gambia (2003) that includes course
 track, fishing stations and conductivity–temperature–depth (CTD) stations.



Spacing between parallel transects are 10 nm. Hydrographical transects extend into deep waters, >1 000 m, approximately every 60 nm
 Source: Toresen *et al.*, 2003.

outside of this area. The sampling effort is therefore concentrated in this area with some transects extending into deeper waters to collect additional environmental data (Figure 1).

2.3 SURVEY TIMING

Ideally, the survey should be conducted at a time of the year when

- sea temperature level reflects enough the season;
- target species can be easily identified on the echogram;
- target species is not mixed with plankton or other species;
- target species' distribution in the water column is accessible to the detection instruments;
- target species is evenly distributed in an area easily accessible to the vessel;
- weather conditions are suitable;
- neighbouring areas are surveyed simultaneously;
- target species migratory pattern is known; and
- target species distribution charts are available as guides.

These conditions are likely to vary between countries and target species and all of them are seldom met at the same time.

The Norwegian research vessel DR. FRIDTJOF NANSEN has surveyed the northern CECAF² area between October–December from 1995 to 2006. In the period 2003–2005, the same areas were also covered between May and June. These surveys were the only ones that have produced estimates of total stock size of the various species in the region. It would be of great interest if the national institutions could organize cooperative surveys at these times of the year to continue the time series of R/V DR. FRIDTJOF NANSEN. In addition to regional, synoptic surveys that are aimed at estimating total stock sizes within the subregion, it is also important to describe seasonal changes in distribution.

2.4 COORDINATION AMONG COUNTRIES

For the purpose of obtaining estimates for the whole stock, it is necessary that surveys are synchronized among countries. A planning group for acoustic surveys off Northwest Africa was established in 2002. This was done for the coordination of vessel time, standardization of methods and to facilitate the production of common results from the regional acoustic surveys.

2.5 SURVEY DESIGN, TRANSECT SPACING AND LAYOUT

It is recommended that transects are placed parallel to each other, preferably perpendicular to the coast. The distance between transects should preferably be 10 nautical miles (nm) and not exceed 15 nm (Figure 1).

² Fishery Committee for the Eastern Central Atlantic (CECAF).

If prior information about fish distribution is available, the interval between transects can be reduced in areas where higher fish densities are expected to occur. Separate estimates will have to be carried out for such areas. This will result in a decrease of total uncertainty for a given amount of sampling effort.

Prior information on fish distribution can be based on:

- historic data showing that fish occur each year in the same area;
- information from the commercial fishery;
- temperature distributions from remote sensing; and
- pilot surveys prior to the main survey.

If, during the survey, an area of particularly high density is located, it may be surveyed again with a denser transect grid. For example, an inshore concentration of sardines, once located during the normal survey, can be covered a second time by a more dense survey grid.

2.6 DAY AND NIGHT SURVEYS

There is evidence for day/night differences in acoustic estimates of certain species. At present, however, these differences have not yet been quantified in such a way that correction factors can be applied.

For the moment, no recommendations are given as to the time of the day when the survey should be conducted, or for correction factors that should be applied to compare day and night estimates.

2.7 INTEGRATION INTERVAL

It is recommended to use a standard integration interval of 5 nm. In dense fish concentrations an integration interval of 1 nm could be used. A change in integration interval while surveying would have to be taken into consideration when making the estimations.

2.8 SURVEY SPEED

It is not possible to standardize survey speed, since the optimum speed will be different for each vessel. The optimum survey speed for each vessel will depend on the relation between vessel speed and noise level (see Chapter 3). The noise level will increase sharply when the vessel approaches its maximum speed.

Optimum survey speed will normally be somewhere between 8 and 12 knots.

3. Calibration of the hydroacoustic equipment

3.1 WHEN TO PERFORM A CALIBRATION

Calibration of the hydroacoustic equipment should be carried out regularly to check the performance of the echosounder and ensure comparable results between surveys. In general, it is better to do the calibration before the start of an acoustic survey, and at least once a year.

The correction factor obtained from the calibration can be applied to all data, even if the calibration is done at the end of the survey. However, if serious equipment failure or errors are detected it may be difficult to adjust for it if the calibration is performed after the survey.

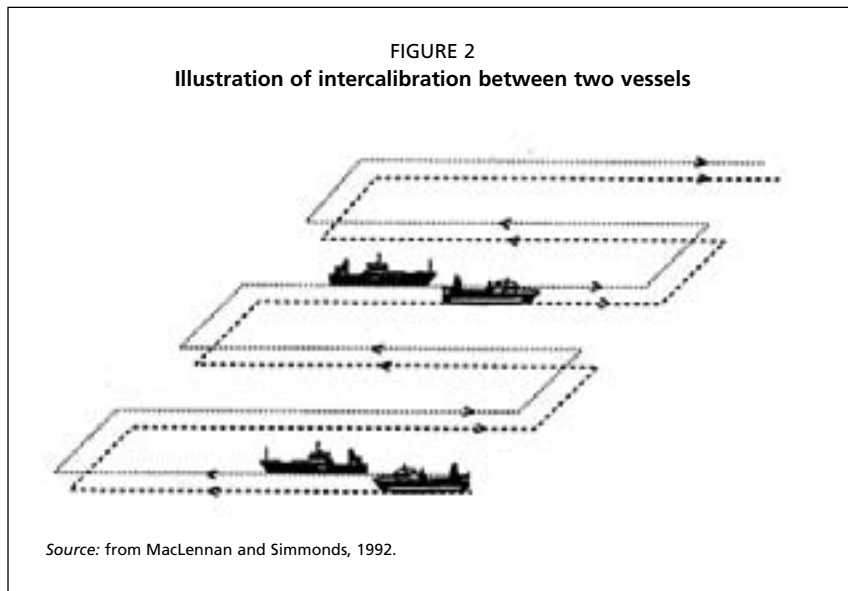
It is important to note that a calibration is only valid for the echosounder instrument settings used during calibration. That is, if you change for instance the transducer power, pulse length or bandwidth, a new calibration is required. These settings should therefore not be changed during a survey.

3.2 CALIBRATION METHOD

When using the EK500 echosounder, equipment calibration is best executed with the LOBE calibration software and a standard CU60 copper sphere. The operator can move the calibration sphere within the beam pattern and monitor the Target Strength (TS) values measured at different points within the beam. If the LOBE calibration software is not available, the copper sphere has to be centred in the axis of the transducer beam and the TS of the sphere is measured with the echosounder. The correction factor is calculated and inserted into the calibration parameter tables of the echosounder. The next step is to check the calibration of S_A calculation. Place the sphere in the centre of the beam, and read the measured S_A -value. Calculate the theoretical S_A -value and compare with the value measured. Both methods are described in detail in the EK500 operator's manual.

For other types of echosounders, it is recommended to use the same method of calibration, and to use a standard sphere matching the echosounder working frequency as supplied by the manufacturers.

For the Simrad EK60, or ER60, both calibrations are conducted during mapping of the acoustic beam with the calibration sphere. The TS transducer gain, both half power beam angles and their offsets are calibrated in the same manner as for EK500, but with this equipment a new version



of the LOBE program is run internally on the same computer running the EK60. The SV transducer gain is now estimated directly from the data points closest to acoustic axis, and is further named S_A -correction, given in dB. In effect, this is the difference between the older EK500 TS transducer gain and the SV transducer gain. When calibrating an EK60, therefore, be sure to collect data close to the acoustic axis during LOBE calibration. The procedure is described in the EK60 manual, available under the help menu system. When finished, store the calibration file, and copy the estimated parameters to the sounder, and reinstall the transducer once more. Note that on EK60, the pulse duration used during the calibration is the only pulse duration calibrated in one operation like this.

3.3 NOISE MEASUREMENT

After calibration of the echosounder with a sphere has been completed, it is recommended to measure the noise level in order to define the minimum signal level that can be recorded. For the EK500, this procedure is described in the instrument manual and also in Foote (1987). For EK60, the complete procedure for this is described in the manual under the help menu. The background noise level usually has little effect on acoustic abundance estimates of fish, but may introduce a bias in specific situations.

3.4 INTERSHIP CALIBRATION

When acoustic surveys are carried out by more than one ship, it is recommended to compare the performance of the acoustic systems of the different ships by making an intercalibration. In order to make the intercalibration, all vessels steam in the same direction, at the same speed,

at a fixed distance between the vessels, and with the same settings on the echosounder (output power, pulse duration, ping rates, ships draft, layer setting). See illustration in Figure 2. The logs of the vessels must be synchronized so that the integrators reset, not at the same time, but at the same position. The leading vessel gives signals when the integrator resets and the following vessel resets when reaching the same position. During the calibration, the vessels continuously collect echo integration data over intervals of one nautical mile. In order to obtain sufficient number of data for comparison, the vessels must cover a distance of at least 40 nm (giving at least 40 pairs of comparative integrator values). The intercalibration should be done in an area with dispersed fish concentrations and with different densities in successive intervals, and ideally in shallow and deep waters.

4. Instrument settings

During calibration and survey, the actual setting used should be reported in the standard reports from the survey. An example of typical setting for EK500/ EK60 to be reported is shown below.

TRANSCEIVER MENU/Transceiver-# Menu

Mode	Active
Transducer type	Select the transducer type connected to the system
Transducer sequence	OFF
Transducer depth	Depth of the transducer below surface
Absorption coefficient	Is set automatically
Pulse length	Medium
Bandwidth	Auto
Maximum power	Is set automatically
2-way beam angle	Given by the manufacturer for the actual transducer. If not available, use the default value
Sv Transducer Gain	IMPORTANT setting when measuring the backscattering coefficient, S_A (integration). Set according to the result from sphere calibration
TS Transducer Gain	Only important for Target Strength measurements. Set according to sphere calibration. The TS Transducer gain is automatically calculated by using the LOBE program
S_A -correction (EK60)	For EK60, this parameter is given, instead of Sv transducer gain
Angle sensitivity	Is set automatically when you select the transducer connected
3 dB beam width	Found from sphere calibration (LOBE) OffsetsFound from sphere calibration (LOBE)

SOUND VELOCITY MENU

Change profile	Set All. Set in the mean sound velocity in m/sec. Found from CTD profile
----------------	--

5. Echo identification

5.1 FISHING METHOD

Trawl hauls have to be carried out both during day and night in order to identify the echo traces observed on the echogram. It is not recommended to define the position of a trawling station in advance; in acoustic surveys trawling is normally done on registrations. However, extra hauls in areas with low concentrations should also be carried out. It is recommended that the fishing gear be equipped with a net-sonde (headline transducer) in order to validate that the sampling of schools is at the depth where echo traces were observed. In contrast to commercial fishing gears, the sampling net should be fine-meshed to reduce selection.

When trawling to identify echo traces, the swimming speed of the fish has to be taken into consideration. Sardinella, mackerel and horse mackerel have very high swimming speed. The vessel should use the maximum “possibilities” available (trawling speed, gear size) to obtain a sample of the observed fish schools. As the engine power and optimum fishing methods will differ between vessels, it is not possible to recommend a standard gear, speed, or duration of hauls.

Fishing with a pelagic trawl requires a lot of skill from the crew. It is therefore very important that the crew of the ship have sufficient experience in this fishing technique.

5.2 FREQUENCY OF FISHING OPERATIONS

When planning a survey, allocate 20 percent of available time for fishing operations. The time allocated for fishing partly depends on the average duration of a trawl haul, which may differ between ships. Normally fishing should be at least every 30 nm, in order to allow a correct allocation of S_A values between different species.

It is recommended that during the planning of a survey, sufficient time should be allocated to allow an average fishing frequency of at least six trawl hauls per day.

Depending on target species, it is strongly recommended that the distribution of trawl stations cover both the coastal zone (less than 50 m) and the deeper waters (more than 50 m).

Sampling effort should be increased in high density areas of fish.

5.3 SAMPLING OF CATCHES AND BIOLOGICAL SAMPLING

Fishing should provide samples from the sea in order to have the species composition and the length distributions of the fish observed on the echogram (Strømme, 1992). If the catch is large, it is necessary to take a subsample from the catches. If possible, length frequencies of not less than 100 individuals of each target species should be sampled from each trawl in order to convert recorded S_A -values of different species or groups to number of fish per length class.

Otoliths of the target species should be taken and preferably be read onboard as soon as possible. If this is not possible, the otoliths should be prepared and mounted in accordance with the Guidelines elaborated by FAO (FAO, 2002; Santamaria, 2006; FAO, 2007a,b,c) and read immediately after the end of the survey.

Biological data, minimum total length and weight for ten fish of each length group for each target species per station should be measured individually to find the length–weight relationship for use in abundance estimation. It is also recommended to collect additional data on maturity stage, sex and other biological information (stomach content, etc.). This will contribute in defining spawning areas, spawning period and other ecological parameters that could support management of the stocks.

In order to standardize the sampling of catches, it is proposed to use a standard record form for sampling of trawl catches.

5.4 CLASSIFICATION OF ECHO TRACES

Classification of echo traces is to some extent subjective and care should be taken so that all operators scrutinize echograms in the same way. This is particularly important in situations where operators on several vessels are involved in the classifications. Allocation of S_A -values of echo traces to different species (or groups of species) can be done in two ways:

1. Directly on the basis of the shape and other characteristics of the school on the echogram; the classification is verified occasionally by fishing directly on a specific type of school that is observed on the echogram. This is the recommended method in most situations. However, when large scattering layers of fish exist and no typical patterns that can be used in species identification exist, the indirect method must be applied.
2. Indirectly on the basis of the species composition of trawl catches; in this case the trawling is not aimed at a specific type of school but on scattering layers of varying densities in which no single schools can be identified (often during night when many fish species are dispersed).

Both methods of classification are frequently applied in the northern CECAF area. Small pelagic fish normally occur in well-defined schools, and the various schools on the echogram are classified into species on

the basis of shape, depth, density, etc. However, at night the schools may disperse and the indirect method of allocation often has to be applied. In order to increase the reliability of the S_A -allocation, it is recommended that the echograms should be comparable from year to year. The comparability of echograms can be increased by:

- conducting the surveys in the same season every year (the behaviour and distribution of the fish in a particular season will often be the same from year to year); and
- standardizing vessel speed and printer settings, so that the same fish school will always produce the same traces on the echograms.

The reliability of the S_A -allocation, or scrutinizing, can also be improved by increasing the operator's experience. This can be achieved by:

- making the same scientists responsible for the scrutinizing of the echograms every year;
- preparing for each area and season a collection of echograms of fish schools that have been identified by trawling; this reference collection should be kept on board and consulted during the scrutinizing sessions;
- exchanging echograms of fish schools that have been identified between countries;
- organizing workshops where scientists can exchange their experience in identifying echo recordings; and
- compare scrutinizing results in the planning group for acoustic surveys.

The indirect method of species separation (based on the composition of trawl catches) is less accurate than the direct method. See 6.2 on how to split S_A -values between species.

6. Biomass estimation

6.1 TARGET STRENGTH

The actual mean Target Strength (TS) applied differ between surveys conducted by all countries in Northwest Africa, R/V DR. FRIDTJOF NANSEN and AtlantNIRO³ (FAO, 1998). The range of TS values used in the different surveys introduces up to a factor of two between biomass estimates from the same survey results.

Until further studies have been undertaken it is recommended to use the simple theory that predicts a 20* logL relation (Foote, 1993), for the calculation of abundance estimates of all surveys.

To transform integrator data into number of fish groups and weight, a length dependent TS is calculated based on the herring model where TS is derived from Foote's equation (Foote, 1987):

$$TS = 20 \log L - 71.9 \text{ dB}$$

Where: L is the total length (in cm) of the fish as determined from fish sampling. The TS for individual fish is expressed in dB.

Most countries use fork length instead of total length for routine measurements. In this case, the length distribution of the fish should first be converted into total length, before the above equation is applied.

Taking into consideration the multi-species nature of the fisheries and their behaviour in the northern CECAF pelagic ecosystem, it seems appropriate to carry out *in situ* measurements (TS of target species, i.e. sardine and sardinella) in order to determine a TS equation by species.

It should be noted that the suggested target strength equation will give high biomass estimates for most fish species, in particularly if recorded at shallow depths. There are new indications that the herring target strength is depth or pressure dependent due to the lacking gas production capacity of the swimming bladder. A similar relation is also to be expected in other clupeoid fishes, and it is therefore strongly recommended to perform target strength measurements on these stocks. The procedures to be followed are described in detail in the International Council for the Exploration of the Sea (ICES) Cooperative Research Report 235; "Methodology for target strength measurements" (Ona, 1999).

³ AtlantNIRO refers to the "Atlantic Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography" of the State Fisheries Committee of the Russian Federation.

6.2 ESTIMATING SPECIES COMPOSITION OF MIXED CONCENTRATIONS

Sometimes several species are found in mixed concentrations so that traces on the echogram belonging to each species cannot be distinguished. In this case, the S_A -values for each integration interval cannot be partitioned into species on the basis of a visual inspection of the echogram, but has to be based on trawl catch composition. It is assumed that trawl catches are representative for the species and size composition of the fish, or in other words that the trawl is not species and size selective. However, this assumption can easily be violated when adult size sardinella, horse mackerel or mackerel are targets.

In order to apply the trawl catch composition to partition the S_A -values it can be split either by applying the weight ratio of the various species in the catch, or split according to the target strength distribution of the various species in the catch. For each species in the catch, the total, expected area backscattering coefficient is calculated on the basis of abundance and length composition, applying the standard length/TS relationship for that species. This will allow the calculation of the percentage contribution of each species to the total S_A for the entire catch. For a further description of the method, see Nakken and Dommasnes, 1975.

6.3 POST-STRATIFICATION AND AREA CALCULATION

6.3.1 Contouring and area calculation

The method consists of drawing strata boundaries according to the distribution of one or more parameters that are considered to describe the population in the best possible way.

If the survey grid is regular with a constant distance between transects, there is no need for post-stratification according to fish density. However, if the biological samples reveal subareas with certain size groups of fish (for instance inshore concentrations of juvenile fish), there is a need for post-stratification according to these areas and to perform separate estimates accordingly.

6.3.2 Nansen method

The integrator values are plotted on working maps and aggregations of fish are contoured. The mean integrator value of each aggregation is calculated and the areas are digitized and measured by computer software (Atlas Draw for digitizing, mapping by IDL) or simply by the use of a planimeter. If necessary, separate estimates are made for subareas with similar sized fish.

6.3.3 AtlantNIRO method

The integrator values are plotted in maps and aggregations of fish are contoured by computer software, and the areas are determined by computer.

6.4 OBTAINING REPRESENTATIVE LENGTH DISTRIBUTION FOR A REGION OR SUBREGION

When converting the S_A -values into number of fish it is necessary to take species length distribution into account. One seeks to estimate representative length distributions from an area on the basis of samples from the catches. This is obtained by pooling the length samples. In areas with similar length distributions the length samples can be pooled together giving equal importance to each sample. When the size composition varies from sample to sample in the same area, separate estimates are made from subareas with similar length distribution. The samples within the subareas are usually given equal weight.

6.5 CALCULATION OF STOCK ABUNDANCE IN NUMBERS OF FISH

The mean S_A -value from an area is combined with the representative length distribution for the same area to obtain number of fish in each length class. In other words, the relative length distribution combined with the TS equation show the distribution by length of the total S_A -value. Density in numbers in each length class can be calculated from these relationships. The total number of fish is obtained by summing the number of all length classes.

The procedure of estimating fish abundance is described in the Nansen reports for Northwest Africa and in Toresen, Gjørseter and Barros (1998).

6.6 CALCULATION OF STOCK ABUNDANCE IN WEIGHT

To relate to commercial fishing, it is useful to express stock abundance in terms of weight or biomass. Both density and total abundance estimates can be converted. The conversion can be based on a known length/weight relationship for the species, expressed as a condition factor or as an exponential growth equation. The length/weight relationship can also be obtained from empirical studies during the survey. This is the preferred method if time permits, provided that accurate weighing can be done during the survey.

Although stock abundance estimates are expressed as number of individuals and biomass in tonnes, it must be stressed that these values are not absolute and rather express an index of abundance. New instrumentation, calibration methods and improved understanding of the behaviour of pelagic fish during a survey lead us closer to absolute abundance estimates, but in order to reach this goal, it is necessary to consider and correct for problems like fish avoidance, variable target strength and noise. See, for example, Axelsen, Krakstad and D'Almeida (2004) for a review of survey errors.

6.7 BIOMASS ESTIMATES BY SECTORS

For the purpose of fisheries management, countries within the region may define subdivisions for stock estimation. These subdivisions normally coincide with the main fishing zones, or with the main ecological subdivision. The subdivisions for which countries prefer to have separate stock estimates are defined below:

Morocco: *Sardina pilchardus*: 21–26°N, 26–32.5°N and 32.5–36°N

Mauritania: North of Cape Timiris and South of Cape Timiris

Senegal: North of Cape Verde, South of Cape Verde and Casamance

The Gambia: One sector covering the national EEZ

In addition to the sectoral biomass estimates, the regional surveys will produce an overall estimate for each stock within the whole region.

7. Statistical analysis

7.1 ESTIMATING ERRORS OF SURVEY ESTIMATES

A number of different methods are currently in use for the estimation of variance and confidence limits of survey estimates. The most important among these are the bootstrapping technique and geostatistical methods. Details of these methods are given in the report of the 1998 Bergen meeting (FAO, 1998) and in ICES cooperative report No. 189 on acoustic surveys design and analysis (Karp, 1990).

At the moment, there is no consensus on which method is best for acoustic surveys. It is not possible, therefore, to recommend a standard procedure to use for surveys in the northern CECAF area.

An estimate of the precision of the survey results can also be obtained by making a number of repeated surveys in the same area. Such an exercise will provide an estimate of the error related to the limited spatial sampling.

In addition to the error introduced by limited spatial sampling, there are a number of other sources of errors. Some affect the estimate of relative abundance and others the estimate of absolute abundance. In general, these errors are minimized by using standard procedures as described in these guidelines. An estimation of the magnitude of these errors is outside the scope of this manual.

8. Standard format for data storage

It is desirable that all countries record their biological data in a standard format so that data can be exchanged and compared among different countries. It is recommended that the format used on the R/V DR. FRIDTJOF NANSEN, the NAN-SIS program (Strømme, 1992), is used also for national surveys within the area.

For the purpose of data exchange and storage, the large amount of data collected during the survey should be reduced to a number of key parameters for each integration interval. The most important of these are:

- date and time
- position (coordinates at start and end)
- total S_A -value and S_A -values allocated to target species.

To link acoustic data to environmental parameters, a new data base system is being developed for the R/V DR. FRIDTJOF NANSEN surveys. In the future this system could possibly be adopted by national vessels.

The most complete way of storing data is to record each ping with the BI500/ BI60 software and to transfer the data to CD-ROM or DVD-ROM. This will allow a redefinition of S_A -values at any time after the survey. In general, however, the best time to analyse the data will be during or immediately after the survey.

9. Environmental sampling

During each survey, the surface temperature (SST) should be measured as often as possible for the presentation of the horizontal SST distribution. In addition, temperature, density and conductivity (for the estimation of salinity) should be measured at a number of selected stations. To obtain a good picture of the vertical temperature structure throughout the survey area, it is recommended to position hydrographic transects at each degree latitude. At these transects, vertical temperature profiles should be collected at the 20, 50, 100, 200, and 500 m isobaths.

The acoustic surveys will often provide a good opportunity to conduct additional hydrographic sampling for environmental monitoring. The amount of time spent on this type of work will depend on resources made available by other departments or programmes.

10. Presentation of survey results

10.1 MAPPING TECHNIQUES

Mapping should be used as a standard tool in the following three areas of analysis of the survey data:

- quality control of the survey data;
- data exploration; and
- visualization of the distribution of the stocks.

In order to present the results in a uniform way, it will be preferable if countries within the subregion use a standard program for mapping survey results. At this moment, however, no standard mapping program can be recommended. However, drawing of the geographical distribution on maps can of course also be used for this purpose.

10.2 CHARTS

The survey report should, as a minimum, contain the following charts:

- course track and trawl stations;
- distribution of fish density by species in tonnes per square nautical mile;
- distribution of surface temperature; and
- vertical temperature profiles at standard and hydrographic transects.

10.3 TABLES

The report should contain, as a minimum, the following tables:

- biomass by sector;
- numbers of fish by sector and by length group;
- mean weight of fish by sector and length group; and
- summary of trawl catches.

10.4 SURVEY REPORT

The countries have agreed to a standard format reporting as shown below.

Standard format (from NANSEN reports):

CONTENTS

1. INTRODUCTION

1.1 Survey objectives

1.2 Participation

1.3 Narrative

Figure: Cruise track and stations

2. METHODS

2.1 Environmental Data

2.2 Biological Sampling

2.3 Acoustic Sampling

3. SURVEY RESULTS

3.1 Weather conditions and hydrography

Figures: Distribution of surface temperature, wind etc.

Figures: Vertical temperature, salinity and oxygen profiles from standard hydrographical transects

3.2 Biomass estimates and Distribution of main species of pelagic fish

Figures: Distribution Maps

Tables: Biomass estimates of main species per region

3.3 Other results, e.g. biological data, length, weight results, maturity, condition factor feeding studies, etc.

Tables and Figures as needed

CHAPTER 4 CONCLUDING REMARKS

APPENDIX I Records of fishing stations

APPENDIX II Instruments and fishing gear used

APPENDIX III Calibration results

APPENDIX IV Biomass and number by length

APPENDIX V Pooled length distribution of the main species

APPENDIX VI Tables: age distribution of the main species (if possible)

1. Introduction

La côte nord-occidentale de l'Afrique est riche en petits pélagiques en raison de sa situation dans une des principales régions du monde dans laquelle se produit l'upwelling¹. La région a une longue histoire de pêcheries artisanales et industrielles avec un total de débarquements compris entre un et quatre millions de tonnes/an au cours des trente dernières années. Les espèces les plus importantes sont la sardine (*Sardina pilchardus*), la sardinelle (*Sardinella aurita* et *S. maderensis*), le chinchard (*Trachurus trecae* et *T. trachurus*), l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata*), l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et le maquereau (*Scomber japonicus*), ainsi qu'une variété d'autres espèces de petits pélagiques dont les stocks sont partagés entre deux ou plus pays de la région.

La première prospection du navire de recherche DR. FRIDTJOF NANSEN dans cette région a été réalisée en 1981 dans le cadre d'un programme commun NORAD/PNUD/FAO (GLO/79/011). Ce projet a été suivi d'une série d'accords et, de 1999 à 2006, la coopération Agence norvégienne de coopération pour le développement (NORAD)/Programme de développement des Nations Unies (PNUD)/FAO a été mise en œuvre dans le cadre d'un accord tripartite et du Projet «Coopération internationale avec le Programme Nansen: aménagement des pêches et environnement marin» (GCP/INT/730/NOR) selon lequel la FAO a été chargée de la mise en œuvre du Programme d'activités en Afrique du nord-ouest. Ce projet faisait partie du Programme Nansen, réalisé par l'Institut de recherche marine de la Norvège (IMR), qui visait à aider les pays en voie de développement dans la recherche, l'aménagement et le renforcement institutionnel des pêches. Le N/R DR. FRIDTJOF NANSEN, exploité par IMR et partie intégrante du Programme, a fourni une base valable pour l'évaluation des ressources et de l'information scientifique qui est associée à l'aménagement des pêches.

Depuis 1995, des prospections annuelles ont été réalisées avec le N/R DR. FRIDTJOF NANSEN dans la région de l'Afrique du Nord-Ouest (Gambie, Maroc, Mauritanie et Sénégal) pendant la période novembre/décembre. Ces dernières années, le Maroc, la Mauritanie et le Sénégal ont acquis de nouveaux navires de recherche en mesure de mener des prospections d'évaluation acoustique de routine et des scientifiques locaux ont été formés, avec le soutien de la FAO, pour l'estimation acoustique de l'abondance. Le but à long terme a donc été que la Mauritanie, le Maroc

¹ Upwelling = résurgence. Courant remontant du fond de la mer.

et le Sénégal puissent dans le futur réaliser leurs propres prospections acoustiques pour évaluer les stocks de petits pélagiques de l'ensemble de la région sans l'assistance du N/R DR. FRIDTJOF NANSEN. Pendant les préparations qui visaient à atteindre ce but, il est apparu qu'il était nécessaire de standardiser l'ensemble des méthodes habituelles de prospection. Seul cela peut permettre d'obtenir des résultats comparables des stocks partagés provenant des différents navires dans la région. Il a été décidé de produire un protocole de prospection standard pour toutes les prospections acoustiques d'évaluation de l'Afrique du Nord-Ouest.

Ce manuel entend décrire les routines de prospection standardisées qui devraient être suivies pendant les prospections hydroacoustiques dans la région de l'Afrique du Nord-Ouest, cependant le manuel devrait être utile pour d'autres régions. Les principes décrits ont été principalement adoptés à partir de la stratégie de prospection suivie pendant les prospections avec le N/R DR. FRIDTJOF NANSEN. Cette stratégie était donc adaptée à la situation locale pendant plusieurs ateliers (FAO, 1999) et dans le cadre de discussions du Groupe de planification des prospections à Dakar, Sénégal (FAO, 2005a,b; FAO, 2007b,c). Le lecteur peut trouver des informations spécifiques relatives aux prospections hydroacoustiques dans la littérature générale (par ex. MacLennan et Simmonds, 1992).

2. Schéma de prospection

Les schémas de prospection garantissent des résultats comparables entre les pays. Quand plusieurs bateaux, équipages et participants sont impliqués dans les prospections, il devient encore plus important de standardiser les résultats des schémas de prospection dans la région.

2.1 ESPÈCES-CIBLES

Les espèces-cibles de chaque zone nationale devraient être définies.

Une espèce, pour être définie comme espèce-cible, doit être identifiable sur les échogrammes. Si elle ne l'est pas, elle peut aussi être groupée avec des espèces associées dans un groupe-cible plus large. Des valeurs individuelles de S_A doivent être attribuées à chaque espèce ou groupe-cible pour chaque intervalle d'intégration.

Le rapport final de prospection doit contenir des cartes de distributions séparées pour les espèces ou groupes définis comme cibles.

Les groupes-cibles dans les eaux d'Afrique du Nord-Ouest sont les suivants:

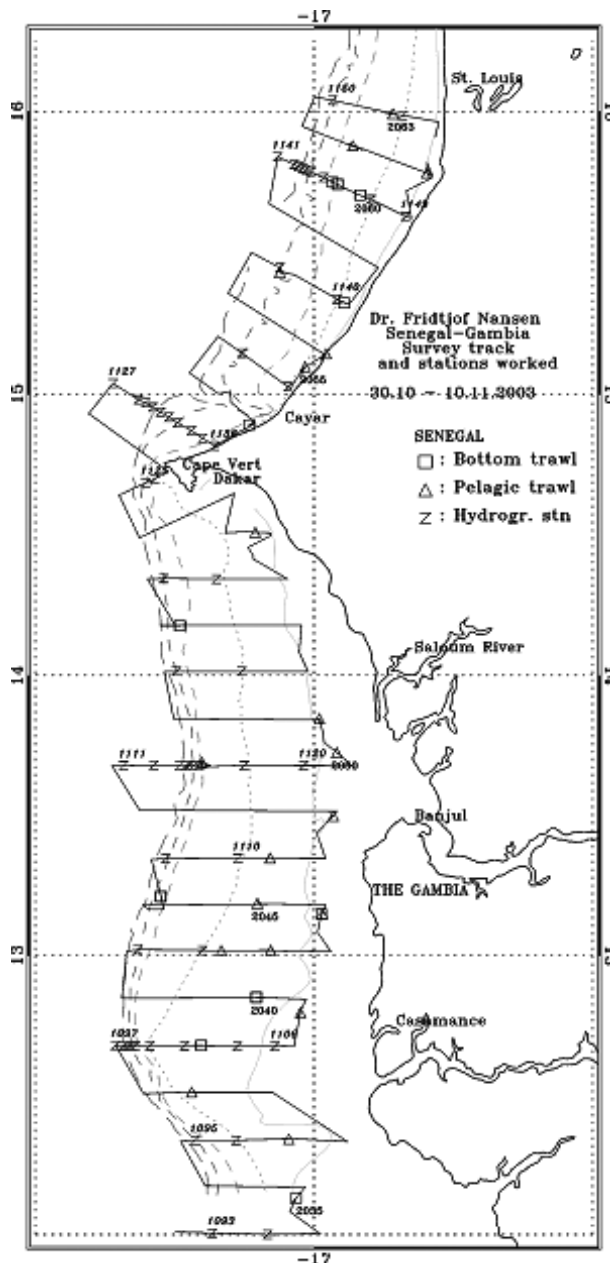
- sardine
- sardinelles (les deux espèces comprises)²
- anchois
- ethmalose
- chinchards (les deux espèces de chinchard comprises ainsi que le chinchard jaune)
- maquereau
- poissons pélagiques groupe 1 (autres poissons clupéidés)
- poissons pélagiques groupe 2 (autres carangidés et espèces pélagiques associés)
- poissons démersaux (non ciblés)
- poissons mésopélagiques (non ciblés)
- plancton (non ciblé)

2.2 ZONE DE PROSPECTION

L'étendue de la zone prospectée dépend des objectifs de la prospection et des espèces-cibles. En général, l'ensemble des eaux situées dans les juridictions nationales des pays peuvent être prospectées pour déterminer

² Les sardinelles sont séparées dans l'évaluation selon la proportion relative de chaque espèce dans les captures du chalut.

FIGURE 1
 Exemple d'un plan de prospection provenant d'une prospection hydroacoustique avec le N/R Dr. Fridtjof Nansen au Sénégal et en Gambie (2003). Route suivie, stations de pêche et stations hydroacoustiques (CTD).



L'espace entre les radiales parallèles est de 10 milles nautiques. Les radiales hydrographiques s'étendent dans les eaux profondes, >1 000 m, approximativement tous les 60 milles nautiques.
 Source: Toresen et al., 2003.

la distribution des espèces et l'abondance. Si l'on sait qu'une espèce-cible est concentrée dans une certaine zone, on concentrera la prospection dans cette zone (voir section 2.8).

Dans la sous-région, on sait que les espèces-cibles se trouvent principalement dans les lignes bathymétriques situées entre 10 et 250 m et sont rarement découvertes au-delà de cette zone. L'effort d'échantillonnage est par conséquent concentré dans cette zone avec quelques prolongements de radiales dans les eaux plus profondes pour collecter des données environnementales supplémentaires (figure 1).

2.3 PÉRIODE DE PROSPECTION

Idéalement, les prospections devraient être effectuées lorsque:

- le niveau de la température de la mer reflète suffisamment la saison;
- les espèces-cibles sont facilement identifiables sur les échogrammes;
- les espèces-cibles ne sont pas mélangées avec le plancton ou d'autres espèces;
- la distribution des espèces-cibles dans la colonne d'eau est accessible par les instruments de détection;
- les espèces-cibles se répartissent dans une zone facile d'accès pour le navire
- les conditions météorologiques sont convenables;
- il est possible de prospector les zones voisines de manière simultanée;
- le modèle migratoire des espèces-cibles est connu; et
- les cartes de distribution des espèces-cibles sont disponibles sous forme de guides.

Ces conditions sont susceptibles de varier d'un pays à l'autre et selon les espèces-cibles. On les trouve rarement réunies ensemble.

À l'heure actuelle, le navire de recherche DR. FRIDTJOF NANSEN a prospecté la zone nord du COPACE³ entre octobre et décembre, de 1995 à 2006. Au cours de la période 2003-2005, la même zone a aussi été couverte entre mai et juin. Ces prospections ont été les seules à fournir des estimations de la totalité de la biomasse des différentes espèces de la région. Il serait très intéressant que les institutions nationales organisent des prospections nationales pendant ces périodes de l'année pour poursuivre les séries chronologiques du N/R DR. FRIDTJOF NANSEN. Outre les prospections synoptiques régionales, dont le but est l'estimation de l'abondance totale des stocks de la sous-région, il est également important de décrire les variations saisonnières de la distribution.

³ Comité des pêches pour l'Atlantique Centre-Est (COPACE).

2.4 COORDINATION ENTRE LES PAYS

Pour obtenir des estimations synoptiques de l'ensemble du stock, il est nécessaire de synchroniser les prospections entre les pays. Un groupe de planification des prospections acoustiques au large de l'Afrique du Nord-Ouest a été créé en 2002 afin de coordonner les horaires des navires, standardiser des méthodes et faciliter la production de résultats communs des prospections régionales acoustiques.

2.5 PLAN DE CAMPAGNE ET ESPACEMENT DES RADIALES ET DISPOSITION

Il est recommandé d'effectuer des radiales parallèles de préférence perpendiculaires à la côte. Leur espacement devrait être de préférence de 10 milles marins et ne pas dépasser 15 milles marins (figure 1).

Si des informations sur la distribution des poissons sont disponibles, l'espacement entre radiales peut être réduit lorsque l'on s'attend à rencontrer des concentrations importantes. Des estimations séparées devront être faites dans ce cas. Cela aura comme conséquence une diminution de l'incertitude totale pour une quantité donnée d'effort d'échantillonnage.

Les informations préalables sur la distribution des poissons peuvent par exemple s'appuyer sur:

- des données historiques montrant que les poissons se trouvent chaque année en un même lieu;
- des informations provenant des pêcheries commerciales;
- des distributions de températures ou des informations de télédétection;
- et
- des prospections pilotes effectuées avant la prospection principale.

Si au cours de la prospection une zone d'abondance particulièrement importante est localisée, il est possible de la prospecter à nouveau avec des radiales plus resserrées. Une concentration côtière de sardines repérée pendant la prospection normale peut par exemple être de nouveau prospectée de façon plus resserrée.

2.6 PROSPECTIONS DE JOUR ET DE NUIT

Il existe dans certaines zones des différences évidentes entre les estimations acoustiques obtenues de jour et de nuit. A l'heure actuelle, ces différences n'ont cependant pas été suffisamment quantifiées pour appliquer des facteurs de correction.

Pour le moment, il ne sera fait aucune recommandation pour effectuer les prospections de jour ou de nuit et pour les corrections qui pourraient éventuellement être appliquées pour comparer des estimations obtenues de jour et de nuit.

2.7 INTERVALLE D'INTÉGRATION

Il est recommandé d'utiliser un intervalle d'intégration standard de 5 milles marins. Pour des concentrations denses de poissons, un intervalle d'intégration de 1 mille marin pourrait être utilisé. Un changement d'intervalle d'intégration au cours de la prospection devrait être pris en compte en faisant les évaluations.

2.8 VITESSE DE PROSPECTION

Il est impossible de standardiser les vitesses de prospection car la vitesse optimum de chaque navire sera différente. Cette vitesse dépendra de la relation entre la vitesse du navire et le niveau de bruit (voir Chapitre 3). Le niveau du bruit augmente de manière importante lorsque le bateau se rapproche de sa vitesse maximum.

La vitesse optimum de prospection se situe normalement entre 8 et 12 nœuds.

3. Calibration de l'équipement hydroacoustique

3.1 QUAND FAIRE LA CALIBRATION

La calibration de l'équipement hydroacoustique doit être réalisée régulièrement de façon à vérifier les performances du sondeur acoustique et d'assurer des résultats comparables entre les prospections. En général, il est préférable de faire une calibration avant le début de la prospection acoustique et au moins une fois par an.

Le facteur de correction obtenu par la calibration peut être appliqué à l'ensemble des données, même si la calibration s'est faite en fin de prospection. Cependant si l'on détecte des défauts importants dans le matériel ou bien des erreurs, il peut être difficile de l'ajuster si la calibration est effectuée après la prospection.

Il est important de souligner que la calibration n'est valable que pour les réglages des instruments du sondeur acoustique utilisés pendant la calibration. Aussi, si l'on change par exemple la puissance du transducteur, la longueur de l'impulsion ou la largeur de bande, une nouvelle calibration est nécessaire. Ces réglages ne doivent donc pas être modifiés au cours de la prospection.

3.2 MÉTHODE DE CALIBRATION

Si l'on utilise le sondeur EK500, la calibration du matériel est mieux réalisée avec le logiciel de calibration LOBE et une sphère de cuivre standard CU60. L'opérateur peut déplacer la sphère dans le faisceau du transducteur et suivre les valeurs de l'index de réflexion (TS) mesurées à différents points dans le faisceau. Si l'on ne dispose pas du logiciel de calibration LOBE, il est nécessaire de centrer la sphère de calibration dans l'axe du faisceau du transducteur et de mesurer le TS de la sphère avec le sondeur. Le facteur de correction est calculé et inséré dans les tableaux de paramètres de calibration du sondeur. La phase suivante est le contrôle de la calibration du calcul de S_A . On place la sphère dans le centre du faisceau et on lit la valeur S_A mesurée. On calcule alors la valeur théorique de S_A et on compare celles-ci avec la valeur mesurée. Les deux méthodes sont décrites en détail dans le manuel du sondeur EK500.

Pour d'autres types de sondeurs, il est recommandé d'utiliser la même méthode de calibration et de se servir d'une sphère standard adaptée à la fréquence du sondeur comme fourni par les fabricants.

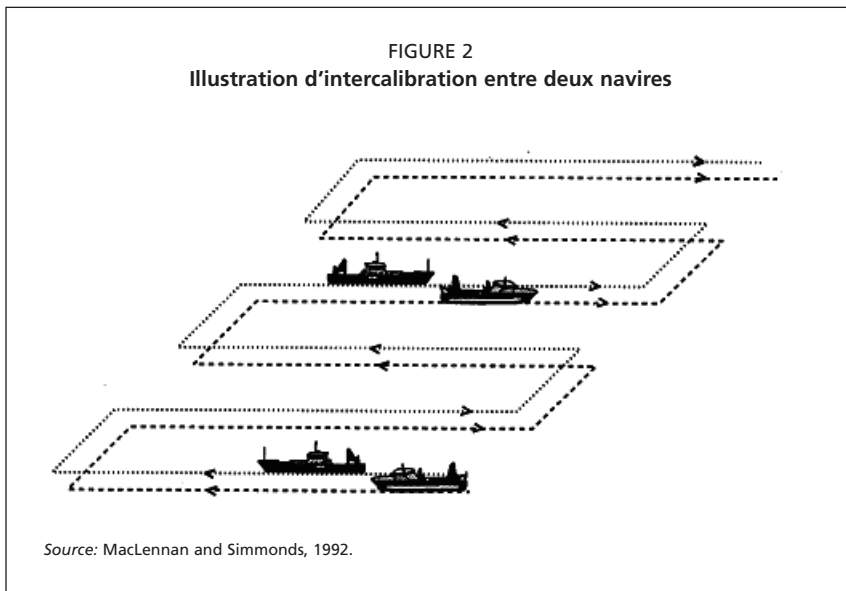
Pour le Simrad EK60 ou le ER60, les deux calibrations sont faites pendant la cartographie du faisceau acoustique avec la sphère de calibration. Le gain du transducteur TS, aussi bien les angles du faisceau à demi-puissance que leurs compensations sont calibrés de la même façon que pour EK500, mais avec cet équipement, la nouvelle version du programme LOBE fonctionne plus à l'intérieur du même ordinateur dans lequel fonctionne l'EK60. Le gain du transducteur SV est maintenant estimé directement à partir des points de données qui sont les plus proches de l'axe acoustique, et est ensuite appelé correction- S_A , donnée en dB. En fait, il s'agit de la différence entre le gain du transducteur EK500 TS plus ancien et le gain du transducteur SV. Au moment de la calibration d'un EK60, par conséquent, il est indispensable de collecter les données proches de l'axe acoustique pendant la calibration du LOBE. La procédure est décrite dans le manuel EK60 disponible dans le système d'aide. Quand vous avez fini, stockez les fichiers de calibration et copiez les paramètres estimés dans le sondeur, et réinstallez le transducteur encore une fois. Notez que sur EK60, la durée d'impulsion utilisée au cours de la calibration est la seule durée d'impulsion calibrée au cours d'une telle opération.

3.3 MESURE DU BRUIT

Après la calibration du sondeur au moyen d'une sphère, il est nécessaire de procéder à la mesure du bruit pour déterminer le plus petit signal utile détectable. Pour l'EK500 cette procédure est décrite dans le manuel et dans Foote (1987). Pour l'EK60, la procédure complète est décrite dans le manuel dans le menu d'aide. Le niveau du bruit de fond n'a généralement qu'un faible effet sur les estimations d'abondance acoustique de poisson, mais un bruit excessif peut introduire une distorsion dans des situations particulières.

3.4 CALIBRATION ENTRE NAVIRES

Lorsque les prospections acoustiques sont effectuées par plusieurs navires, il est recommandé de comparer les performances des systèmes acoustiques des différents navires en procédant à une intercalibration. Pour effectuer une intercalibration, les navires doivent aller dans la même direction et à la même vitesse. Ils doivent être séparés d'une distance fixe et utiliser les mêmes réglages sur leurs sondeurs (puissance de sortie, durée d'impulsion, fréquence de sondage, tirant d'eau, réglages des tranches d'eau). Voir l'illustration de la figure 2. Les feuilles de route des bateaux doivent être synchronisées de telle sorte que la fin de l'intervalle d'intégration intervienne non pas simultanément mais à la même position. Le navire de tête donne le signal à la fin d'un enregistrement, et le bateau qui suit fait sa remise à zéro quand il atteint la même position. Pendant la calibration, les navires effectuent l'intégration des signaux en continu sur un mille marin de distance. Pour obtenir un nombre suffisant d'échantillons pour



la comparaison des données, il est nécessaire que les navires naviguent au moins 40 milles marins (et fournissent ainsi au moins 40 paires de données à comparer). L'intercalibration doit être faite dans une zone où le poisson est dispersé, avec des densités variables d'un mille marin à l'autre, et idéalement en eaux profondes et peu profondes.

4. Réglage des instruments

Pendant la calibration et la prospection, les réglages utilisés devraient être reportés dans les rapports standard de la prospection. Un exemple de réglage typique pour EK500/EK60 à communiquer est indiqué ci-dessous.

MENU DU TRANSMETTEUR/Transmetteur-# Menu

Mode	Actif
Type de transducteur	Sélectionner le type de transducteur connecté au système
Séquence du transducteur	OFF
Profondeur du transducteur	Profondeur du transducteur sous la surface
Coefficient d'absorption	Réglé automatiquement
Durée d'impulsion	Moyenne
Largeur de bande	Auto
Puissance maximum	Réglée automatiquement
Angle du faisceau à double sens	Donné par le fabricant pour le transducteur. S'il n'est pas disponible, utiliser la valeur par défaut.
Gain transducteur Sv	Réglage IMPORTANT quand on mesure le coefficient de rétrodiffusion, S_A (intégration). Régler selon les résultats de la sphère de calibration.
Gain transducteur TS	Important seulement pour les mesures d'intensité TS. Réglé selon la calibration de la sphère. Le gain du transducteur TS est automatiquement calculé en utilisant le programme LOBE.
Correction $-S_A$ (EK60)	Pour EK60, ce paramètre est donné, à la place du gain du transducteur Sv.
Sensibilité de l'angle	Réglée automatiquement quand on sélectionne le transducteur connecté.
Largeur du faisceau 3 dB	À partir de la calibration de la sphère (LOBE).
Décalages	À partir de la calibration de la sphère (LOBE).

MENU DE VITESSE DU SON

Changement

Tout régler. Régler dans la vitesse moyenne du son en m/sec à partir du profil CTD.

5. Identification des échos

5.1 MÉTHODE DE PÊCHE

Les chalutages pour l'identification des détections doivent être effectués aussi bien de jour que de nuit afin d'identifier les traces d'écho observées sur les échogrammes. Il est recommandé de ne pas fixer à l'avance la position des chalutages; dans les prospections acoustiques, les chalutages se font normalement au moment de l'enregistrement. Cependant, des chalutages pour l'identification devraient aussi être effectués dans les zones à faible concentration. Il est recommandé que l'engin de pêche soit équipé d'une net-sonde (transducteur fixé sur la corde de dos) de façon à valider que l'échantillonnage des bancs se situe à la profondeur correspondant exactement à celle de leur détection. Contrairement à la pêche commerciale, le filet d'échantillonnage doit avoir des mailles fines pour réduire la sélection.

Lorsque l'on chalute pour l'identification des détections, il est important de tenir compte de la vitesse de nage des poissons qui est élevée pour la sardinelle, le maquereau et le chinchard. Le navire doit utiliser un maximum de «possibilités» (vitesse, taille de l'engin) pour obtenir des échantillons des concentrations observées. La puissance du moteur et la méthode de pêche différant selon les navires, il est impossible de formuler des recommandations sur l'engin, la vitesse et la durée des coups de chalut standard.

La pêche au chalut pélagique nécessite un équipage qualifié. Il est par conséquent très important que l'équipage et le navire aient une expérience suffisante de cette technique de pêche.

5.2 FRÉQUENCE DES OPÉRATIONS DE PÊCHE

Lors de la planification d'une prospection, on ménagera 20 pour cent du temps aux opérations de pêche. Le temps attribué à la pêche dépend de la durée moyenne du chalutage, qui peut varier d'un bateau à l'autre. Normalement, la pêche doit être faite au moins tous les 30 milles marins, de manière à assurer une bonne répartition des valeurs de S_A entre les espèces.

Pendant la phase de planification de la prospection, un temps suffisant doit être envisagé pour les opérations de pêche afin de permettre une fréquence moyenne d'au moins six chalutages par jour.

Selon les espèces-cibles, il est fortement recommandé que la répartition des opérations de pêche couvre les eaux côtières (moins de 50 m) et le large (plus de 50 m).

L'effort d'échantillonnage devrait être accru dans les zones à haute densité.

5.3 ÉCHANTILLONNAGE DES CAPTURES ET ÉCHANTILLONNAGE BIOLOGIQUE

La pêche doit fournir des échantillons venant de la mer afin d'obtenir la composition spécifique et la distribution de taille des populations observées sur l'échogramme (Strømme, 1992). Si la capture est importante, il est nécessaire de prendre un sous-échantillon dans les captures. Si possible, pas moins de 100 individus devraient être mesurés pour chaque coup de chalut et pour chaque espèce de façon à convertir les valeurs de S_A enregistrées des différents groupes ou espèces en nombre de poissons par classe de longueur.

Des otolithes de l'espèce-cible devraient être apportés et lus à bord dès que possible. Si cela n'est pas possible, les otolithes devraient être préparés et montés en suivant les directives élaborées par la FAO (FAO, 2002; Santamaria, 2006; FAO, 2007a,b,c) puis lus immédiatement après la fin de la prospection.

Les données biologiques ainsi que la longueur et le poids total minimum de dix poissons par station par groupe de longueur pour chaque espèce-cible devraient être mesurés individuellement de façon à trouver une relation longueur-poids pour une utilisation dans l'estimation de l'abondance. Il est également recommandé de collecter des données supplémentaires sur le stade de maturité, le sexe et d'autres informations biologiques (contenu de l'estomac, etc.). Ces données contribueront à définir les zones et les périodes de frai ainsi que d'autres paramètres écologiques qui aideront à la gestion des stocks.

Pour la standardisation des échantillonnages de captures, il est recommandé d'utiliser un imprimé standard pour l'échantillonnage des captures du chalut.

5.4 CLASSIFICATION DES DÉTECTIONS

La classification des détections est dans une certaine mesure subjective et doit être menée de façon à ce que tous les opérateurs examinent les échogrammes de la même manière. Ceci est particulièrement important quand plusieurs opérateurs sont impliqués dans les classifications sur différents navires. L'allocation des valeurs de S_A des traces d'écho (pour les différentes espèces ou groupes d'espèces) peut se faire de deux manières:

1. Directement sur la base de leur forme et des autres caractéristiques des bancs sur l'enregistrement. La classification est alors vérifiée de temps en temps en pêchant le type de banc observé sur l'échogramme. Il s'agit de la méthode recommandée dans la plupart des situations. Cependant, quand de larges strates de poissons dispersées existent et qu'aucun modèle typique ne peut être utilisé dans l'identification des espèces, la méthode indirecte doit être appliquée.

2. Indirectement à partir de la composition spécifique des captures du chalut. Dans ce cas, le chalutage ne vise pas un type particulier de bancs mais des couches de poissons dispersés de densité variable dans lesquelles il n'apparaît pas de bancs individualisés (souvent la nuit quand de nombreuses espèces de poisson sont dispersées).

Les deux méthodes de classification sont souvent utilisées dans la zone nord COPACE. Les petits pélagiques se présentent habituellement en bancs bien définis, et les bancs détectés sur les échogrammes sont identifiés en fonction de leur forme, de leur profondeur, de leur densité, etc. Cependant, pendant la nuit les bancs peuvent se disperser et la méthode indirecte d'allocation doit être appliquée. Pour accroître la fiabilité de cette allocation- S_A , il est recommandé que les échogrammes soient comparés d'une année à l'autre. Il est possible d'augmenter cette comparabilité par :

- la conduite de prospections annuelles à la même saison (le comportement et la distribution des poissons à une saison donnée sera souvent la même d'année en année); et
- la standardisation de la vitesse de prospection de manière à ce que les bancs de poisson produisent des échogrammes semblables.

La fiabilité de l'allocation- S_A , ou observation, peut aussi être améliorée par l'accroissement de l'expérience de l'opérateur. Il est possible de l'obtenir:

- en utilisant les mêmes scientifiques chaque année pour l'observation des échogrammes;
- en constituant pour chaque zone une collection d'échogrammes de référence dont les traces ont été clairement identifiées par chalutage; cette collection devrait être disponible à bord et consultée lors de l'identification des traces;
- en échangeant entre les pays les échogrammes de bancs de poissons identifiés;
- en organisant des ateliers permettant aux scientifiques d'échanger leurs expériences en matière d'identification des détections; et
- en comparant les résultats des observations du Groupe de planification pour les prospections acoustiques.

La méthode indirecte de séparation des espèces (basée sur la composition des captures des chaluts) est moins précise que la méthode directe. Voir le paragraphe 6.2 au sujet de la division des valeurs de S_A entre les espèces.

6. Estimation de la biomasse

6.1 VALEURS DE L'INDEX DE RÉFLEXION

Les valeurs moyennes de l'index de réflexion (TS) utilisées sont différentes selon les prospections menées par les différents pays d'Afrique du Nord-Ouest, à bord du N/R DR. FRIDTJOF NANSEN et de AtlantNIRO⁴ (FAO, 1998). La fourchette des valeurs de TS utilisées dans les différentes prospections introduit dans les résultats d'une même prospection un facteur pouvant aller jusqu'à une valeur de deux.

Avant de disposer de meilleures études, il est recommandé d'utiliser la relation simple de $20^* \log L$ (Foote, 1993) pour le calcul des estimations d'abondance de toutes les prospections.

Les données d'intégration sont transformées en nombre de poissons par classes de tailles ou de poids, des valeurs de TS en fonction de la longueur sont calculées en utilisant le modèle du hareng, où le TS est calculé par l'équation de Foote (Foote, 1987):

$$TS = 20 \log L - 71.9 \text{ dB}$$

Où: L est la longueur totale des poissons (en cm), déterminée par échantillonnage. Le TS des poissons individuels est exprimé en dB.

La plupart des pays utilisent habituellement la longueur à la fourche au lieu de la longueur totale pour les mesures de routine. Dans notre cas, les distributions de tailles doivent être converties en longueur total avant d'utiliser l'équation ci-dessus.

Si l'on considère la nature multi-spécifique des pêcheries et le comportement des espèces de l'écosystème de la zone nord COPACE, il semble justifié d'effectuer des mesures *in situ* (TS des espèces-cibles comme la sardinelle ou la sardine) de manière à déterminer une équation TS par espèce.

Il convient de noter que l'équation de TS suggérée donnera des évaluations élevées de biomasse pour la plupart des poissons, en particulier quand elles sont enregistrées à de faibles profondeurs. Il y a de nouvelles indications que l'index de réflexion du hareng dépend de la profondeur ou

⁴ AtlantNIRO fait référence à l'Institut atlantique de recherches scientifiques de l'industrie des pêches et de l'océanographie du Comité d'état sur les pêches de la Fédération de Russie.

de la pression en raison du manque de capacité de production de gaz de la vessie natatoire. Une relation similaire est également prévisible avec les autres clupéidés et il est donc vivement recommandé de mesurer l'index de réflexion de ces stocks. Les procédures à suivre sont décrites en détail dans le Rapport des recherches collectives 235 du Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM) «Méthodologie de base pour mesurer l'index de réflexion» (Ona, 1999).

6.2 ESTIMATION DE LA COMPOSITION SPÉCIFIQUE DES CONCENTRATIONS MÉLANGÉES

Certaines espèces se rencontrent parfois en concentrations mélangées de telle sorte qu'il est difficile de distinguer les espèces sur les échogrammes. La valeur de S_A de chaque intervalle d'intégration ne peut alors pas être répartie en ses diverses composantes sur la simple analyse de l'échogramme, elle doit se fonder sur la composition spécifique des captures. On admet que les captures au chalut sont représentatives de la taille et de l'espèce du poisson, ou en d'autres termes qu'il n'existe pas de sélectivité du chalut vis-à-vis de l'espèce ou de la taille des poissons. Cependant cette hypothèse peut être facilement exclue surtout quand la sardinelle, le chinchard ou le maquereau de taille adulte sont ciblés.

Pour appliquer la composition spécifique des captures aux valeurs de S_A , il est nécessaire de diviser les valeurs de S_A soit en appliquant le rapport du poids des différentes espèces capturées ou la distribution des index de réflexion des différentes espèces capturées. Pour chaque espèce dans les captures, le coefficient de rétrodiffusion de la zone prévue est calculé sur la base de l'abondance et de la taille en utilisant la relation standard TS/longueur de l'espèce considérée. On calcule ainsi le pourcentage de contribution de chaque espèce à la valeur totale de S_A pour l'ensemble de la capture. Une description plus détaillée de cette méthode a été faite par Nakken et Domasnes, 1975.

6.3 POST-STRATIFICATION ET CALCUL DES SURFACES

6.3.1 Délimitation des zones et calcul des surfaces

La méthode consiste à tracer des limites de strates en fonction de la répartition d'un ou plusieurs paramètres décrivant la population de la meilleure manière possible.

Si les prospections sont régulières avec une distance constante entre les radiales, il n'y a aucun besoin de post-stratification selon la densité de poissons. Cependant, si les échantillons biologiques mettent en évidence des sous-secteurs avec des groupes de poissons d'une certaine taille (par exemple les concentrations de juvéniles près du rivage) la post-stratification par zones devient nécessaire ainsi que des estimations séparées.

6.3.2 La méthode du Nansen

Les valeurs de l'intégrateur sont reportées sur des cartes de travail et les concentrations de poissons sont délimitées. La valeur moyenne est calculée pour chaque concentration, l'aire est numérisée et sa surface mesurée en utilisant deux logiciels (Atlas Draw pour la numérisation et IDL pour la cartographie), ou tout simplement un planimètre. Si nécessaire, des estimations séparées sont faites pour les sous-secteurs avec les poissons ayant la même taille.

6.3.3 La méthode de l'AtlantNIRO

Les valeurs de l'intégrateur sont reportées sur des cartes et les concentrations de poisson délimitées au moyen des logiciels, et les zones sont déterminées par l'ordinateur.

6.4 OBTENTION DE DISTRIBUTIONS DE TAILLES REPRÉSENTATIVES POUR UNE RÉGION OU UNE SOUS-RÉGION

Il est nécessaire de prendre en compte la distribution des fréquences de tailles pour transformer les valeurs de S_A en nombre de poissons. On essaye de déterminer des distributions de tailles représentatives d'une région sur la base d'échantillonnages obtenus par les chalutages et on effectue un regroupement pondéré des échantillons. Dans les zones de fréquences de tailles homogènes, il est possible de regrouper les échantillons par simple addition. Quand la composition de taille varie d'un échantillon à l'autre de la même région, il faut faire des estimations pour les sous-secteurs qui ont la même densité de taille. Les échantillons des sous-secteurs contiennent habituellement un poids égal.

6.5 CALCUL D'ABONDANCE EXPRIMÉE EN NOMBRE DE POISSONS

Pour obtenir le nombre de poissons dans chaque classe de taille, les valeurs moyennes de S_A d'une zone sont combinées avec la distribution de taille représentative de la même zone. En d'autres termes, la distribution relative des tailles combinée à l'équation de TS donne la distribution par taille de la valeur totale de S_A . La densité en nombre de poissons par classes de longueur est obtenue à partir de cette relation. Le nombre total de poissons s'obtient en additionnant le nombre de poissons de chaque classe.

La procédure d'estimation de l'abondance de poisson a été décrite dans les rapports Nansen pour l'Afrique du Nord-Ouest et dans Toresen, Gjøsæter et Barros (1998).

6.6 CALCUL D'ABONDANCE PONDÉRALE

Pour comprendre la pêche commerciale, il est utile d'exprimer l'abondance du stock en termes de poids ou de biomasse. La densité et les estimations d'abondance totales peuvent être converties. Cette conversion se fait sur la

base de la relation taille/poids de l'espèce considérée exprimée en termes de facteur de condition ou comme l'équation exponentielle de croissance. La relation taille/poids peut aussi être obtenue expérimentalement pendant la prospection. C'est la meilleure méthode quand le temps le permet, à condition de peser avec précision pendant la prospection.

Bien que les estimations d'abondance de stock soient exprimées en nombres d'individus et de biomasse en tonnes, il faut attirer l'attention sur le fait que ces valeurs ne sont pas absolues et expriment plutôt un index d'abondance. De nouveaux instruments, des méthodes de calibrage et une meilleure compréhension de la prospection nous rapprochent d'estimations d'abondance absolues, mais, pour atteindre ce but, il est nécessaire de considérer et résoudre des problèmes tels que l'évitement, l'index de réflexion variable et le bruit. Voir, par exemple, Axelsen, Krakstad et D'Almeida (2004) pour un réexamen des erreurs de prospection.

6.7 ESTIMATIONS DE BIOMASSES PAR SECTEURS

Pour les besoins de l'aménagement, les pays de la région devraient définir des subdivisions pour l'évaluation des stocks. Elles devraient normalement coïncider avec les principales zones de pêche ou les principales régions écologiques. Les zones pour lesquelles les pays préfèrent obtenir des estimations de stocks séparées sont les suivantes:

Maroc: *Sardina pilchardus*: 21-26°N, 26-32.5°N et 32.5-36°N

Mauritanie: Nord du Cap Timiris et sud du Cap Timiris

Sénégal: Nord du Cap Vert, sud du Cap Vert et Casamance

Gambie: Un secteur couvrant toute la ZEE nationale

En plus des estimations de biomasse par secteur, les prospections régionales fournissent une estimation globale de chaque stock dans toute la région.

7. Analyse statistique

7.1 ESTIMATIONS D'ERREURS DES ÉVALUATIONS

Un certain nombre de méthodes sont couramment utilisées pour l'estimation de la variance et de l'intervalle de confiance des estimations des prospections. La plus importante est la technique «Bootstrap» et les géostatistiques. Le détail de ces méthodes est décrit dans le rapport de la réunion de Bergen de 1998 (FAO, 1998) et dans le rapport n° 189 du CIEM: Prospections acoustiques, conception et analyse (Karp, 1990).

Il n'existe pas à l'heure actuelle de consensus quant à la meilleure méthode à utiliser pour les prospections acoustiques. Il n'est donc pas possible de proposer de procédure standard pour les prospections de la zone Nord COPACE.

Il est possible d'obtenir une estimation de la précision des résultats en effectuant des prospections répétées dans la même zone. Un tel exercice fournira une estimation de l'erreur liée à un échantillonnage spatial limité.

En plus de l'erreur introduite par un échantillonnage spatial limité, il existe un certain nombre d'autres sources d'erreur. Certaines affectent l'estimation de l'abondance relative, d'autre celle de l'abondance absolue. De manière générale, ces erreurs sont réduites par l'utilisation de procédures standard comme celles décrites dans ce guide. Il n'est pas du propos de ce guide d'estimer l'ordre de grandeur de ces erreurs.

8. Format standard pour le stockage des données

Il est souhaitable que tous les pays enregistrent leurs données biologiques dans un format standard, de telle sorte qu'elles puissent être échangées et comparées entre les différents pays. Il est recommandé que le format utilisé par le N/R DR. FRIDTJOF NANSEN, le Programme NANSIS (Strømme, 1992), soit aussi utilisé pour les prospections nationales dans la région.

Pour les besoins du stockage et des échanges de données, il est nécessaire de réduire la masse de données recueillies à un certain nombre de paramètres essentiels pour chaque intervalle d'intégration. Les plus importants sont:

- date et heure
- position (coordonnées de début et de fin)
- valeur de SA totale et valeur de SA attribuée à chaque espèce-cible.

Afin d'établir un lien entre les données acoustiques et les paramètres environnementaux, un nouveau système de base de données est en cours de préparation pour les prospections du N/R DR. FRIDTJOF NANSEN. Ce système pourrait aussi être adopté prochainement par les navires nationaux.

La façon la plus complète de stocker l'information consiste à stocker chaque transmission du sondeur «ping» avec le logiciel BI500/BI60 et de transférer les données sur CD-ROM ou DVD-ROM. Ceci permettra de redéfinir les valeurs de S_A à tout moment après la prospection. En général cependant, le meilleur moment pour analyser les données est pendant et immédiatement après la prospection.

9. Échantillonnage de l'environnement

Pour chaque prospection, la température de surface de la mer (TSM) devrait être mesurée aussi souvent que possible pour la présentation de la distribution horizontale TSM. De plus, la température, la densité et la conductivité (pour l'estimation de la salinité) devraient être mesurées dans des stations sélectionnées. Pour obtenir une bonne image de la structure verticale des températures dans la zone de prospection, il est recommandé de positionner les radiales hydrologiques à chaque degré de latitude. Des profils de températures seront recueillis sur les isobathes 20, 50, 100, 200 et 500 m.

Les prospections acoustiques fourniront souvent une bonne possibilité d'effectuer des échantillons hydrologiques pour suivre les conditions de l'environnement. Le temps nécessaire dépendra des ressources mises à disposition par les autres départements ou programmes.

10. Présentation des résultats de prospection

10.1 TECHNIQUES CARTOGRAPHIQUES

Les techniques cartographiques doivent être utilisées comme outil standard dans trois domaines d'analyse des données de prospection:

- contrôle de la qualité des données de prospection;
- exploration des données; et
- visualisation de la répartition des stocks.

Il serait préférable, pour obtenir des présentations uniformes, que les pays de la sous-région utilisent un programme standard de cartographie des résultats des prospections. À ce jour, il n'existe pas de programme cartographique standard pouvant être recommandé. Cependant, les dessins de répartition géographique que l'on trouve sur les cartes peuvent également être utilisés dans ce but.

10.2 CARTES

Les rapports de prospections devraient, au minimum, contenir les cartes suivantes:

- parcours du bateau et stations de chalutage;
- distribution des densités de poisson par espèces en tonnes par milles marins carrés;
- distribution des températures de surface; et
- profils verticaux de température et radiales hydrographiques standard.

10.3 TABLEAUX

Le rapport devrait, au minimum, comporter les tableaux suivants:

- biomasse par secteur;
- nombre de poissons par secteur et groupes de longueur;
- poids moyen de poisson par secteur et groupes de longueur; et
- résumé des captures du chalut.

10.4 RAPPORT DE CAMPAGNE

Les pays se sont entendus sur une présentation standard des rapports comme suit.

Présentation standard (des rapports NANSEN):

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION

1.1 Objectifs de campagne

1.2 Participation

1.3 Déroulement

Figure: Itinéraire de la croisière et stations

2. MÉTHODES

2.1 Données environnementales

2.2 Echantillonnage biologique

2.3 Echantillonnage acoustique

3. RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE

3.1 Conditions climatiques et hydrographiques

Figures: Distribution des températures à la surface, du vent, etc.

Figures: Sections hydrographiques verticales standard de température, salinité et oxygène

3.2 Biomasses estimées et distribution des principales espèces pélagiques

Figures: Distribution

Tableaux: Biomasses estimées des principales espèces par région

3.3 Autres résultats, par exemple données biologiques, longueur, poids, maturité, coefficient de condition, études alimentaires, etc.

Tableaux et figures selon les besoins

CHAPTER 4 CONCLUSION

ANNEXE I Résultats des stations de pêche

ANNEXE II Équipements scientifiques et engins de pêche

ANNEXE III Résultats de calibration

ANNEXE IV Biomasses et nombres par taille

ANNEXE V Distribution de taille des principales espèces

ANNEXE VI Tableau: distribution d'âges des principales espèces (si possible)

References/Références

- Axelsen, B.E, Krakstad J.-O. & D’Almeida, G.** 2004. Aggregation dynamics and diel vertical migration in Cape horse mackerel (*Trachurus trachurus capensis*) in the Namibian Benguela. In: Ecological, Economic and Social Aspects of Namibian fisheries. Eds. Sumaila, U.R. Steinshamn, S.I. Skogen, M. D. and D. Boyer.
- Caramelo, A.M., Lamboeuf, M. & Tandstad, M. (eds)** 2001. Report of the Workshop to plan the 1999 R/V DR. FRIDTJOF NANSEN surveys in the northern CECAF area and the standardization of acoustic surveys in the region. Casablanca, Morocco, 18-22 October 1999/Rapport de l’Atelier pour la planification des prospections du N/R DR. FRIDTJOF NANSEN dans la zone nord du COPACE en 1999 et la standardisation des campagnes acoustiques de la région. Casablanca, Maroc, 18-22 octobre 1999. FAO Fisheries Report. No. 636. Rome, FAO. 62p.
- Dawson, J.J. & Karp, W.A.** 1990. *In situ* measures of target-strength variability of individual fish. Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil international pour l’exploration de la mer, 189: 264-273.
- FAO.** 1998. Workshop on the Review of the Pelagic Surveys off Northwest Africa in the 1990s. Bergen, Norway, 28 September-2 October 1998/ Atelier sur la revue des prospections acoustiques de la côte nord-ouest africaine dans les années 90. Bergen, Norvège, 28 septembre-2 octobre 1998. FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches. No. 592. Rome, FAO. 63p.
- FAO.** 2002. Report of the Sardine (*sardina pilchardus*) Otolith Workshop – Kaliningrad, Russian Federation, 28-31 August 2001. Rapport de l’Atelier sur l’otolithe de sardine (*sardina pilchardus*) - Kaliningrad, Fédération de Russie, 28-31 août 2001. FAO Fisheries Report/FAO rapport sur les pêches. N° 685. Rome, FAO. 49p.
- FAO.** 2005a. Report of the second meeting of the Planning Group for the Coordination of Acoustic Surveys off Northwest Africa. Dakar, Senegal, 28-29 October 2003. Rapport de la deuxième réunion du Groupe de planification pour la coordination des campagnes acoustiques au large de l’Afrique du Nord-Ouest. Dakar, Sénégal, 28-29 octobre 2003. FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches. No. 768. Rome, FAO. 58p.
- FAO.** 2005b. Report of the third meeting of the Planning Group for the Coordination of Acoustic Surveys off Northwest Africa. Dakar, Senegal, 22-23 October 2004/Rapport de la troisième réunion du Groupe de planification pour la coordination des campagnes acoustiques au large de l’Afrique du Nord-Ouest. Dakar, Sénégal, 22-23 octobre 2004. FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches. No. 769. Rome, FAO. 61p.

- FAO. 2007a. Report of the Workshop on the age estimation of sardine and sardinella in Northwest Africa. Casablanca, Morocco, 4–9 December 2006/Rapport de l'Atelier sur l'estimation de l'âge de la sardine et de la sardinelle en Afrique du Nord-Ouest. Casablanca, Maroc, 4-9 décembre 2006. FAO Fisheries Report/FAO rapport sur les pêches. No. 848. Rome, FAO. 107p.
- FAO. 2007b. Report of the fourth meeting of the Planning Group for the Coordination of Acoustic Surveys off Northwest Africa. Dakar, Senegal, 27–29 October 2005/Rapport de la quatrième réunion du Groupe de planification pour la coordination des campagnes acoustiques au large de l'Afrique du Nord-Ouest. Dakar, Sénégal, 27-29 octobre 2005. FAO Fisheries Report/FAO, Rapport sur les pêches. No. 813. Rome, FAO. 47p.
- FAO. 2007c. Report of the fifth meeting of the Planning Group for the Coordination of Acoustic Surveys off Northwest Africa. Dakar, Senegal, 29–30 October 2006/Rapport de la cinquième réunion du Groupe de planification pour la coordination des campagnes acoustiques au large de l'Afrique du Nord-Ouest. Dakar, Sénégal, 29-30 octobre 2006. FAO Fisheries Report/FAO Rapport sur les pêches. No. 827. Rome, FAO. 47p.
- Foote, K.G. 1987. Fish target strengths for use in echo integration surveys. *J. Acoust. Soc. Am.*, 82, 981-987.
- Foote, K.G. 1993. Application of acoustics in fisheries, with particular reference to signal processing. In *Acoustic Signal Processing for Ocean Exploration*, Moura, J.M.F., Lourtie, I.M.G., eds. pp. 371–390.
- MacLennan, D.N. & Simmonds, E.J. 1992. *Fisheries Acoustics. Fish and Fisheries, Series 5*. Chapman and Hall, New York.
- Nakken, O. & Dommasnes, A. 1975. The application of an echo integration system in investigations of the stock strength of the Barents Sea capelin 1971–1974. ICES CM 1975/B:25, 20pp.
- Ona, E. (ed.) 1999. Methodology for target strength measurement. ICES Cooperative Research Report, 235:59.
- Santamaria, T.G. 2006. Sampling and age reading of *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita* and *Sardinella maderensis* on board R/V Dr Fridtjof Nansen (13-27 November 2004). International Cooperation with the Nansen Programme GCP/INT/730/NOR. Technical document no. 4. Rome, FAO. 81pp.
- Simmonds, E.J., Williamson, N.J., Gerolotto, F. & Aglen, A. 1992. Acoustic survey design and analysis procedures: a comprehensive review of current practice. *ICES Coop. Res. Rep.*, 187:30.
- Strømme, T. 1992. NAN-SIS: Software for fishery survey data logging and analysis. User's manual. FAO Comp. Ser. (Fish.) 4, 103p.
- Toresen, R., Gjørseter, H. & Barros, P. 1998. The acoustic method as used in the abundance estimation of capelin (*Mallotus villosus* Müller) and herring (*Clupea harengus* Linné) in the Barents Sea. *Fisheries Research*, 34: 27-37.

Toresen, R., Sarre, A. Mbye, E.M. & Olsen, M. 2003. Survey of the pelagic fish resources off Northwest Africa. Part I. Senegal–The Gambia. 27 June–7 July 2003. NORAD/FAO Project GCP/INT/730/NOR. Cruise reports Dr. Fridtjof Nansen. Institute of Marine Research. Bergen, Norway.

This manual provides a guide to the survey routines that should be followed during hydroacoustic fish abundance surveys in the northwest African region for a harmonized coverage. The guidelines could, however, also be useful for other regions with similar environmental characteristics and marine resources. The principles explained have mainly been adopted from the survey strategy followed during surveys with the R/V DR. FRIDTJOF NANSEN.

The manual covers topics such as survey design, calibration of hydroacoustic equipment, instrument settings, echo identification, biomass estimation, statistical analysis, standard format for data storage, environmental sampling and presentation of survey results.

Ce manuel a pour but de présenter des directives pour une approche harmonisée dans la conduite des campagnes acoustiques dans la région de l’Afrique du Nord-Ouest. Cependant, il pourrait également être utile pour les autres régions ayant des caractéristiques environnementales et des ressources marines similaires. Les principes décrits ont été largement adoptés à partir de la stratégie de prospection suivie pendant les campagnes du N/R DR. FRIDTJOF NANSEN.

Le manuel couvre des thèmes tels que la conception de la campagne, la calibration de l’équipement hydroacoustique, le paramétrage des instruments, l’identification des échos, l’estimation de la biomasse, l’analyse statistique, le format standard pour le stockage des données, l’échantillonnage environnemental et la présentation des résultats des campagnes.

ISBN 978-92-5-006233-4



9 7 8 9 2 5 0 1 0 6 2 3 3 4

TC/M/10740Bi/1/4.09/1000