

**UNIVERSITE DE LA MEDITERRANEE (ex-Marseille II)
CENTRE D'OCEANOLOGIE DE MARSEILLE
(Observatoire des Sciences de l'Univers)**

**MEMOIRE DE STAGE
DEA EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT MARIN**

CARACTERISATION DU PEUPEMENT PELAGIQUE DE LA ZEE
MAURITANIENNE A TRAVERS LES CAMPAGNES ACOUSTIQUES

PRÉSENTÉ PAR EBAYE OULD MOHAMED MAHMOUD



Institut de recherche
pour le développement

INTRODUCTION

Les côtes Mauritaniennes s'étendent sur l'océan Atlantique entre 16°04'N et 20°36'N sur près de 720 Km. La ZEE mauritanienne couvre près de 230 000 Km² avec un plateau continental de 39 000 Km². Elle constitue une zone de transition entre les deux systèmes du courant des Canaries (eaux froides) et du courant tropical (eaux chaudes). Elle se caractérise par une grande biodiversité et une productivité biologique importante traduisant une abondance des ressources halieutiques.

Parmi ces ressources, les espèces pélagiques représentent plus de 85 % du potentiel halieutique. Ces espèces sont grégaires, d'une longévité relativement courte et ont une mortalité naturelle élevée. Elles effectuent des migrations trophique et génésique liées aux variations des conditions du milieu marin.

Les stocks pélagiques sont caractérisés par des niveaux de biomasse importants mais présentent des fluctuations d'abondance importantes liées d'une part aux conditions environnementales et d'autre part à l'effort de pêche. Celui-ci a considérablement augmenté durant la seconde moitié de la décennie 1990 avec l'entrée dans la pêche d'une nouvelle flottille de bateaux neufs, d'une puissance élevée, ciblant principalement les sardinelles (Groupe de travail FAO, 2002).

La gestion durable de ces ressources requiert un suivi régulier de leur niveau d'abondance. Les campagnes acoustiques sont parmi les meilleures méthodes d'évaluation des stocks adaptés à ces ressources.

Depuis 1970, la ZEE mauritanienne a fait l'objet d'une cinquantaine de campagnes de prospections acoustiques à des périodes et selon des stratégies d'échantillonnage différentes (Ebaye, 1999). La série la plus longue et la plus régulière est celle du navire océanographique norvégien "Dr Fridtjof Nansen". Depuis 1995, ce navire effectue annuellement à la même période (octobre –novembre) une campagne hydroacoustique couvrant la principale aire de distribution des stocks pélagiques côtiers de la région nord ouest africaine (Sénégal, Gambie, Mauritanie et Maroc) allant de 12°20'N à 34°N. Cet effort de prospection s'est intensifié depuis 2001 à raison de deux campagnes annuelles. Les pays côtiers ayant en commun ces ressources partagées devront à terme, dans la perspective de l'arrêt des campagnes du Nansen, démarrer les campagnes acoustiques selon des stratégies d'échantillonnage à définir.

Des campagnes expérimentales ont été menées à bord du N/O Al-Awam¹ pour mettre au point le système échosondage couplé aux chalutages en 2001 et 2002. Par la suite, une campagne d'évaluation a été réalisée en mars 2003. Les résultats de cette campagne sont traités et analysés dans le cadre de ce mémoire de DEA qui s'intitule "Caractérisation des peuplements pélagiques dans la ZEE mauritanienne à travers les campagnes acoustiques".

Ce travail a pour objectif d'identifier la meilleure stratégie d'échantillonnage lors des campagnes acoustiques futures dans la ZEE mauritanienne visant à diminuer les biais liés aux estimations de biomasse des stocks pélagiques côtiers.

¹ Navire océanographique de recherche mauritanien

1. CADRE PHYSIQUE ET BIOLOGIQUE

1.1. Upwelling et Hydroclimat

Les eaux profondes de remontée sont l'une des principales sources d'enrichissement du milieu marin sur les côtes nord ouest africaine. Le déplacement saisonnier de l'anticyclone des Açores, de la dépression saharienne et de la zone intertropicale de convergence (ZITC) déterminent le balancement des alizés et donc la position et l'intensité des upwellings le long de la côte ouest africaine (Wooster et al, 1976 in Binet, 1991).

Ainsi, les variations hydroclimatiques dans la ZEE mauritanienne sont conditionnées par les facteurs hydro-météorologiques de la sous région nord ouest africaine. La Mauritanie se situe dans la zone de balancement du front inter-tropical au nord duquel est établi un régime d'alizés de secteur nord. La zone d'action de ces vents s'étend jusque vers 10°N en hiver et remonte jusqu'à 21°N en été suivant l'oscillation des systèmes anticycloniques de l'Atlantique.

La circulation au niveau du plateau continental est déterminée par la résultante de deux systèmes de grands courants aux caractéristiques très différentes:

- Venant du Nord, le courant des Canaries est un courant froid, permanent, dont une branche bifurque vers l'ouest au niveau du Cap Blanc pour former le Courant Nord-Equatorial. En saison froide une branche suit, vers le sud, les côtes de la Mauritanie et du Sénégal et forme une dérive littorale d'une largeur équivalente à celle du plateau continental. Sous ce courant côtier se trouve un contre-courant dirigé vers le Nord au niveau du talus continental entre le Cap Vert et le Cap Blanc.
- Venant de l'Ouest, le contre-courant Nord-Equatorial est un courant chaud qui transporte sur le plateau continental les eaux chaudes et salées. Il s'infléchit vers le sud-est pour former le courant de Guinée.

Les masses d'eau transportées par ces deux grands courants, ont des caractéristiques bien distinctes:

- Les eaux canariennes, froides et salées ($T < 24^{\circ}\text{C}$, $S > 35^{\circ}/00$) apparaissent dès le mois d'octobre dans le Nord de la zone et couvrent la totalité du plateau continental en janvier. Ces eaux se mélangent avec les eaux profondes de l'upwelling côtier.
- Les eaux tropicales du contre-courant Nord Equatorial chaudes et salées ($T > 24^{\circ}\text{C}$, $S > 35^{\circ}/00$) qui envahissent le plateau continental au sud de 16°N dès le mois de mai. Ces eaux seront remplacées à la fin de la saison chaude par les eaux guinéennes (Dobrovine et al, 1991).
- Les eaux guinéennes, chaudes et dessalées ($T > 24^{\circ}\text{C}$, $S < 35^{\circ}/00$) qui viennent du sud. Ces eaux résultent du mélange des eaux tropicales avec les eaux de pluie de la mousson et les apports des grands fleuves de la région Guinéenne.

Une structure frontale verticale, séparant les eaux froides des eaux chaudes, est caractérisée par de brusques variations des caractéristiques physico-chimiques du milieu. Cette zone frontale qui se manifeste en surface par un resserrement des isothermes, effectue des déplacements saisonniers de grande amplitude: en hiver, elle se trouve par 10°N où elle forme le front de Bissagos; en été elle remonte jusque vers 21°N où elle constitue alors le front du Cap Blanc.

Le balancement de cette zone frontale, en relation avec l'alternance des saisons climatiques, détermine la succession des saisons hydrologiques avec :

- Une saison froide (janvier-mai) pendant laquelle le plateau continental mauritanien est soumis à l'influence des eaux du courant des Canaries. En liaison avec les vents

d'alizés, il se produit le long du talus des phénomènes d'upwelling amenant en surface des eaux profondes, froides et riches en sels nutritifs;

- Une saison de transition saison froide-saison chaude (juin-juillet). Alors qu'au large et dans le sud du plateau continental mauritanien les eaux chaudes d'origine guinéennes recouvrent progressivement les eaux froides, on assiste à un renforcement des upwellings côtiers sur le plateau, au Nord et au sud du Cap Timis, et à la formation de zones frontales très marquées ;
- Une saison chaude (août-octobre): les alizés cessant progressivement, les upwellings côtiers disparaissent, d'abord au sud du Cap Timiris. Les eaux chaudes envahissent l'ensemble du plateau et une zone frontale perpendiculaire à la côte se forme à la latitude approximative du Cap Blanc ;
- Une saison de transition saison chaude-saison froide (novembre-décembre): en même temps que les centres de hautes pressions se déplacent vers le sud, on assiste à un retrait des eaux chaudes vers le sud. Les eaux chaudes se maintiennent plus longtemps au large, des gradients thermiques prononcés peuvent apparaître sur les Accores.

L'upwelling dure toute l'année dans la région du Cap Blanc et neuf mois dans la région de Nouakchott. Bien que l'évolution saisonnière soit très nette, les dates de son début et de sa fin ainsi que les dates d'observation de son minimum et son maximum varient beaucoup.

Le plateau continental est large de 40 à 60 milles au sud du cap Blanc, se rétrécit au niveau du Cap Timiris et l'isobathe des 200 mètres, qui marque ici la fin du plateau continental, ne se trouve plus qu'à 10 miles de la côte. Au sud du Cap Timiris, la largeur du plateau continental n'excède pas 30 miles. De la largeur du plateau continental dépend le type de circulation rencontrée. Un plateau étroit donne lieu à une seule cellule de remontée située près du rivage, un plateau large permet le développement de deux cellules de circulation, l'une située sur le talus et une isolée sur le plateau continental (Jacques et Tréguer, 1986). Cette structure augmente le temps de résidence de la biomasse phytoplanctonique à proximité de la côte ; elle évite la dispersion, par l'advection, de ces organismes vers le large. Elle permet sans doute un meilleur couplage des productions primaires et secondaires au-dessus du plateau (Binet, 1988).

1.2. Le peuplement pélagique

Les principales espèces de petits pélagiques pêchées en Mauritanie sont les carangidés (*Trachurus trachurus*, *Trachurus trecae*, *Decapterus rhonchus*) les clupéidés (*Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*, et *Sardinella maderensis*), les scombridés (*Scomber japonicus*) et les engraulidés (*Engraulis encrasicolus*).

La connaissance des aires, des périodes d'abondances et de la distribution spatio-temporelle de ces espèces est indispensable pour définir les périodes et les stratégies d'échantillonnage des campagnes acoustiques. Une synthèse des aires de distribution, les périodes de présence dans la ZEE mauritanienne, des périodes de ponte et de la distribution bathymétrique de certaines espèces est présentée au tableau 1 (Ould Taleb, 2000). Le schéma migratoire de trois espèces est présenté en annexe 1.

Tableau 1: Synthèse de la distribution des principales espèces de petits pélagiques dans la région et la ZEE mauritanienne

(Chavance et al, 1991 a; Sepia, 1997; Anonyme,1999)

Espèce/Stock	Distribution (Région)	Période et lieu de ponte	Disponibilité pour la pêche en ZEE mauritanienne	Distribution bathymétrique
Chinchard européen stock saharo-mauritanien <i>Trachurus trachurus</i>	entre 26°N et 10°N	Décembre à avril 20 à 26°N	Dans toute la ZEE mauritanienne d'octobre à mai Seulement en zone nord pendant la saison chaude.	De la côte à plus de 300 m, préférence au dessus des fonds de 100 m et plus;
Chinchard africain: stock sénégalo-mauritanien <i>Trachurus trecae</i>	23°N à 9°N	Toute l'année; 2 pics: (mars -juin et août-oct.);Cap Vert et Cap Timiris	Toute l'année Se déplace dans la ZEEM en fonction du front thermique	Au dessus des profondeurs inférieures à 100 m; plus côtier que l'europpéen.
Chinchard jaune <i>Decapterus rhonchus</i>	23°N à 9°N	Juin à octobre Sud du Cap Timiris	Toute l'année, plus sud que les autres chinchards; - de janvier à juin seulement dans la zone sud	De la côte à l'isobathe des 150 m, en banc près du fond le jour, se disperse et remonte en surface la nuit
Sardinelle ronde: stock sénégalo-mauritanien <i>Sardinella aurita</i>	26°N-10°N	2 principales périodes: Juillet à août et décembre à janvier dans le nord de la Mauritanie	-toute l'année (baie du Lévrier banc d'Arguin); adultes essentiellement dans la ZEE mauritanienne	Au dessus des fonds inférieurs à 50 m. Adultes au dessus des fonds de 100 à 200 m
Sardinelle plate: stock sénégalo-mauritanien <i>Sardinella maderensis</i>	26°N à 10°N	une principale entre mai et sept; nurseries (nord du Cap Timiris)	toute l'année	Au dessus des profondeurs inférieures à 100m, de préférence des fonds inférieures à 30m
Sardine: stock C <i>Sardina pilchardus</i>	cap Juby-cap Blanc	Une principale en décembre et une secondaire en mars dans le nord de la Mauritanie	Saison froide, début et fin de saison de transition	-généralement au dessus de 100m
Maquereau: Stock nord? Stock sud? Les deux? <i>Scomber japonicus</i>	Cap des Aiguilles Cap Loupes, Cap des Trois Pointes Cap Spartel	Octobre à mai en Guinée Bissau; Gambie Sénégal et Sahara Occiden.	Toute l'année se déplace dans la ZEE mauritanienne avec l'isotherme 19-20 °C	Au dessus des fonds allant de 15 à 30 m à 350-400m
Anchois <i>Engraulis encrasicolus</i>	Atlantique oriental	Avril à Oct. Cap-Blanc à Cap Timiris	Pratiquement toute l'année	Espèce très côtière

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. Matériel

2.1.1. Campagnes acoustiques du N/O "Dr Fridtjof Nansen"

C'est un navire norvégien qui assure, sous l'égide de la FAO¹ et sur financement du NORAD² les campagnes acoustiques dans la région nord ouest africaine.

La série des données acoustiques considérée est celle des campagnes acoustiques effectuées à la même période (novembre) de l'année de 1995 à 2000 en plus d'une campagne effectuée en juin 2001. Ce navire effectue une prospection de jour comme de nuit avec des radiales perpendiculaires à la côte et espacées de 10 milles (mille nautique) allant des isobathes de 20 à 500 m. Le système de postprocessing est le BI500 (Bergen Integrator). Les valeurs de s_A (indice de réverbération par mille nautique carré) sont réparties, à l'intérieur de chaque ESU (Unité élémentaire d'échantillonnage) de 5 milles, par espèces et groupes d'espèces selon les chalutages d'identification et la forme des échogrammes. Tout le parcours, radiales et inter radiales, est pris en considération pour l'estimation des biomasses spécifiques. Le navire est équipé de trois chaluts dont deux pélagiques et un démersal lui permettant d'être opérationnel dans les différentes zones de pêche de jour comme de nuit (côte, large et fond). La température de surface est mesurée en continu alors que les stations hydrologiques (structure verticale) sont prélevées le long de transects espacés de 1 degré de latitude aux isobathes de 20, 50, 150 et 500 m.

2.1.2. Campagnes du N/O Al Awam

La couverture de la ZEE mauritanienne est réalisée suivant un ensemble de radiales parallèles (figure 1). Les radiales sont parallèles et espacées de 15 milles nautiques. Elles sont orientées selon le profil du fond perpendiculairement soit à la côte soit aux isobathes de façon à ne pas suréchantillonner une profondeur particulière. Les données exploitées dans ce travail sont celles de septembre 2002 et de mars 2003. La prospection acoustique se fait à une vitesse régulière de 8 à 10 nœuds pour obtenir sur l'échogramme du sondeur des formes comparables. Cette vitesse correspond à la vitesse optimale de prospection acoustique selon les mesures du niveau de bruit effectuées sur le navire (figure 2). Les données acoustiques sont enregistrées en continu entre 07 et 19 heures sur les deux fréquences 38 et 120 kHz du EK500. Seule la fréquence 38kHz fait ici l'objet de traitement.

¹ Organisation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture

² Orgasime norvégien de coopération (NORwegian Agency Development)

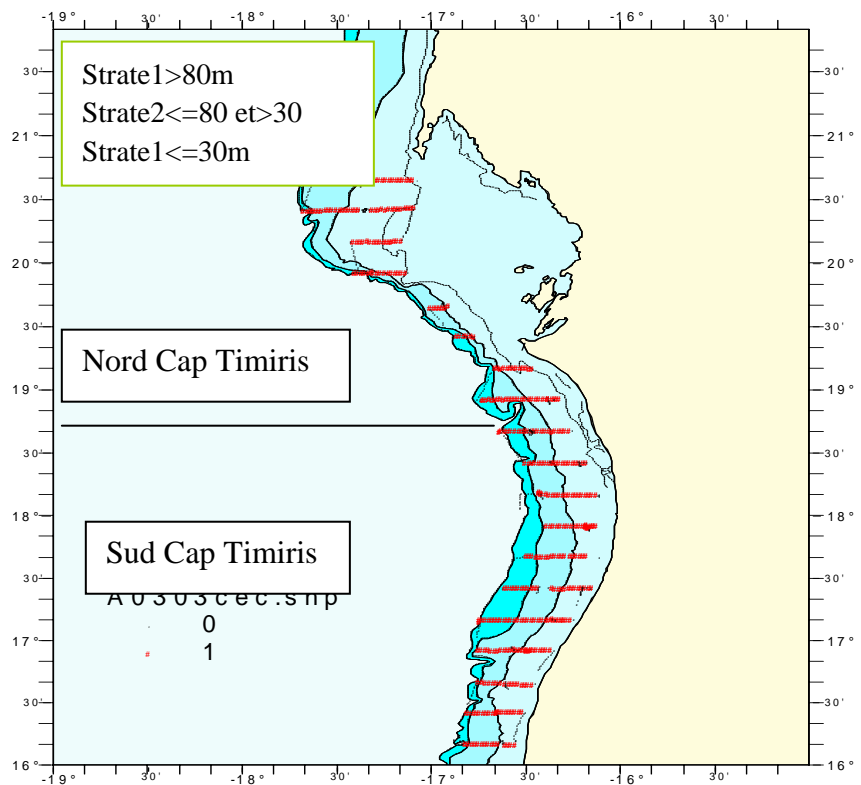


Figure 1: Radiales et inter-radiales de la campagne acoustique du N/O Al-Awam de mars 2003

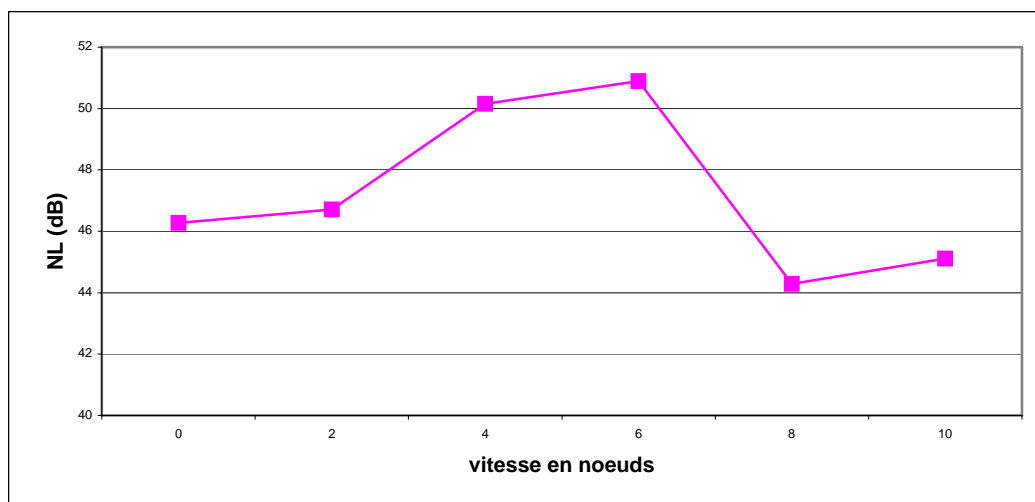


Figure 2: Mesure du niveau de bruit du N/O Al-Awam (septembre 1999)

2.1.2.1. Navire

Les caractéristiques du N/O Al-Awam sont spécifiées ci dessous:

Longueur hors tout :	36,17 m
Tonnage :	90
Puissance	1000 KW
Autonomie :	30 jours
Equipage :	16
Scientifiques :	9 personnes
Année de construction :	1996
Année de mise en exploitation :	1997

2.1.2.2. Matériel de pêche

Le chalut pélagique du N/O Al-Awam a une longueur de 1520 mailles. Il est confectionné en fils de polypropylène tressés dans les ailes et câblés pour les autres parties du chalut. Le cul du chalut est protégé par une nappe de filet en polyéthylène. Les maillages sont différents pour les parties supérieures et inférieures allant du grand dos jusqu'à la poche. La longueur de la corde de dos est de 50 m et celle du bourrelet est de 62 m. La longueur des bras diffère selon la profondeur de pêche. Elle est de 54 m pour les grands fonds et de 30 m pour les petits fonds. En plus, le chalut est muni de deux flotteurs. L'ouverture verticale maximale est de 25m.

Des panneaux danois de type Thyboron dont le poids est de 350 Kg permettent de décaler le chalut par rapport à l'axe du navire. Ils assurent ainsi au chalut une meilleure efficacité de la pêche des bancs de surface.

2.1.2.3. Echosondeur

L'échosondeur scientifique SIMRAD EK500 bifréquence (38 et 120 kHz) a été utilisé durant les deux campagnes.

2.2. Méthodes

2.2.1. Logiciel "MOVIES+"

Les données acoustiques ont été systématiquement enregistrées durant le parcours à l'aide du logiciel "Movies+" développé par l'Ifremer³. Le signal numérique est traité à bord à l'aide du logiciel MOVIES (Module pour la Visualisation, l'Intégration des Echos et leur Stockage). Ce logiciel permet de visualiser l'échogramme (bande sondeur), de déterminer les échos correspondant à des bancs et à mesurer les paramètres de ceux-ci. La prospection acoustique est complétée par les chalutages pélagiques qui permettent d'identifier les espèces en présence. On connaît ainsi la composition spécifique d'une zone, mais on ne peut pas déterminer celle-ci pour chacun des bancs. Ces données sont ensuite stockées banc par banc où rassemblées ESU par ESU.

En acquisition comme en temps différé, le logiciel peut intégrer les énergies des échos reçus, simultanément (i) par tranche de profondeur et (ii) par banc.

³ Institut français de l'exploitation de la mer

2.2.2. Logiciel "FishView"

Le logiciel FishView, interface du logiciel Arcview, est un logiciel développé par l'Ifremer. Les données gérées par FishView sont les valeurs d'échointégration acoustique calculées par le logiciel Movies, les données de chalutages d'identification et les événements sont enregistrés dans le cahier de quart.

Les fonctions de FishView sont regroupées en quatre familles: import des données, visualisation, traitement et sorties cartographiques.

Fishview effectue entre autres les traitements suivants:

- Pêche (calcul d'un tableau croisé des résultats de pêche, création d'un rapport de pêche sous Excel, calcul de zones tampons autour des traits de chalut)
- Création du fichier "EIEVAL" utilisé pour l'évaluation des biomasses.
- Echo-intégration (sélection des ESU valides, interface de saisie des formules de calcul de s_A par ESU, calcul des énergies moyennes par zones, filtrage des données aberrantes dans le cahier de quart et création de champs calculés automatiquement dans les tables pour par exemple regrouper plusieurs espèces).

2.2.3. Mise en forme des données

La prospection acoustique dans la ZEE mauritanienne couvre un parcours de 400 à 900 milles nautiques selon le schéma de prospection choisi. Compte tenu du nombre des données récoltées par mille parcouru et des nombreuses informations recueillies lors des chalutages, des études biologiques et hydrologiques qui y sont liées, une masse impressionnante de données doit être saisie et traitée par des moyens informatiques.

2.2.3.1. *Contrôle des données acoustiques*

Les données acoustiques sont corrigées ESU par ESU. Le contrôle des données acoustiques se fait à l'aide du logiciel Movies+ en rejeu en lançant l'échointégration par tranche des données acoustiques numérisées sur les échogrammes. Les corrections les plus récurrentes effectuées à l'aide du logiciel Movies+ sont les prises de fond, les échos parasites et les bulles de surface générées par mauvais temps.

Une fois les corrections effectuées, l'exploitation proprement dite des données peut être envisagée. Les données d'échointégration qui seront prises en compte sur le parcours global effectué en prospection acoustique sont sélectionnées. Les trajets inter-radiales sont ainsi éliminés du fait qu'elles favorisent les sondes extrêmes, ainsi que les interruptions de radiales suite aux stations de chalutages ou hydrologiques.

2.2.3.2. *Saisie et contrôle des données biologiques (pêches)*

Le poisson pélagique est généralement très mobile, le premier passage du bateau a souvent perturbé le banc et de plus il a souvent de grandes aptitudes à éviter le chalut. Une opération de pêche peut donc durer 1 à 3 heures. Elle peut même nécessiter de s'éloigner de la radiale pour retrouver le type de détection à identifier. Les difficultés de pêche ainsi que la présence non systématique de détection interdisent toute planification du chalutage. Toutefois il est important d'espacer les traits aussi bien dans le temps afin de tenir compte des variations de

comportement, que dans l'espace pour échantillonner de manière équitable toute la zone (Massé, 1996)

Les données de chalutage (caractéristiques des stations, composition spécifique et mensuration) sont saisies sur une mini base de données développée sous Acces. Une fois les données saisies, les trois fichiers sont exportés sous forme Dbase afin d'être importés sous FishView pour être traités.

2.2.4. Traitement des données

2.2.4.1. Echantillonnage par tranches,

Le logiciel MOVIES+ permet, entre autres tâches, d'effectuer l'écho-intégration classique en quantifiant l'énergie acoustique reçue par tranches d'eau. Les énergies correspondant aux détections rencontrées dans la masse d'eau sont cumulées par ESU. L'opérateur a le choix de définir l'ESU soit par unité de distance ESDU (Elementary Sampling Distance Unit), soit par unité de temps ou soit par ping (émissions individuelles).

Dans l'écho-intégration par tranches, la hauteur d'eau est partagée en un certain nombre de couches, certaines référencées en surface, d'autres référencées au fond. Dans notre cas, 10 tranches d'eau contiguës à partir de la surface et 4 tranches contiguës à partir du fond ont ainsi été définies (tableau 2):

Tableau 2: Tranches de surface et de fond adoptées en échantillonnage par tranches

Intitulé des Tranches	Tranches de surface (m)	tranches de fond (m)
Offset	3	0
Première	3-10	0-1
Deuxième	10-20	1-10
Troisième	20-30	10-20
Quatrième	30-40	20-30
Cinquième	40-50	
Sixième	50-75	
Septième	75-100	
Huitième	100-125	
Neuvième	125-150	
Dixième	150-400	

Ces tranches de profondeur ont été choisies du fait que les sondes inférieures à 50 m sont les plus importantes au niveau du plateau continental de la ZEE mauritanienne. L'unité d'échantillonnage retenue est de 1 mille nautique. Le seuil d'écho intégration (dB) adopté durant les deux campagnes est de -55 dB (décibel). L'offset de surface est de 3 m afin d'éliminer les sources d'erreurs liées au champ proche alors que celui du fond est de 0 m du fait que toutes les prises de fond ont été corrigées.

2.2.4.2. Caractérisation des bancs

Nous appelons *banc* un ensemble d'échantillons formant une tache sur l'échogramme, c'est-à-dire un ensemble d'échantillons, d'amplitude supérieure à celle d'un seuil prédéfini, et suivant une certaine loi de contiguïté.

Deux types de contiguïté sont à prendre en compte :

- contiguïté au cours d'un même coup de sonde,
- contiguïté d'un coup de sonde au suivant.

Sur chaque sonde, des *tranches* sont définies constituées d'échantillons supérieurs au seuil, contigus ou présentant des discontinuités inférieures à la durée d'une impulsion, c'est à dire que l'on ne doit pas avoir de *trous* de plus de $(c\tau)/2$, avec c célérité du son et τ la durée d'impulsion.

Le logiciel cherche ensuite si, lors du coup de sonde précédent, il n'y a pas une tranche ayant au moins un échantillon à une même altitude que l'un des échantillons de la tranche en cours. Dans ce cas, les deux tranches sont considérées comme appartenant au même banc. Le nombre n , de coups de sonde vides tolérés à l'intérieur d'un banc, est défini par l'utilisateur.

Avec MOVIES+, il est également possible de paramétrer des blancs verticaux de manière à autoriser des *trous* supérieurs à $(c\tau)/2$.

Lorsqu'un banc n'a reçu aucun échantillon nouveau au cours de n coups de sonde, il est considéré comme terminé, ses paramètres sont édités (figure 3).

Pour chaque banc, l'ensemble de paramètres et de descripteurs suivants sont déterminés et sauvegardés en temps réel. Ces descripteurs peuvent être classés en fonction de la nature de leur information. (Scalabrin et al., 1997):

- des paramètres morphologiques :
 - Hauteur, H, en m
 - Longueur, L, en m
 - Périmètre, P, en m
 - Aire A, en m²
 - Dimension fractale, $DFrct = 2\text{Log}(P/4)/\text{Log}A$
 - Elongation du banc, $Elon=L/H$
- des paramètres bathymétriques :
 - Profondeur, Prof, en m
 - Profondeur minimale du banc, Pmin, en m
 - Altitude minimale du banc, Amin, en m
 - Altitude relative du banc, $Arel=100(Amin+H/2)/Prof$, en % de la hauteur d'eau
- des paramètres énergétiques :
 - Indice de réflexion multiple σ_{ag}
 - Indice de réverbération du volume, Sv
 - Nombre total d'échantillons, Nt
 - Nombre d'échantillons supérieurs au seuil d'intégration, Ni
 - Nombre d'échantillon sur lequel porte la correction de « queue », Nq
 - Valeur maximale de l'amplitude des échantillons du banc (Volt)
 - Valeur moyenne de l'amplitude des échantillons du banc (Volt)
 - Ecart type et coefficient de variation de ces valeurs (Volt)

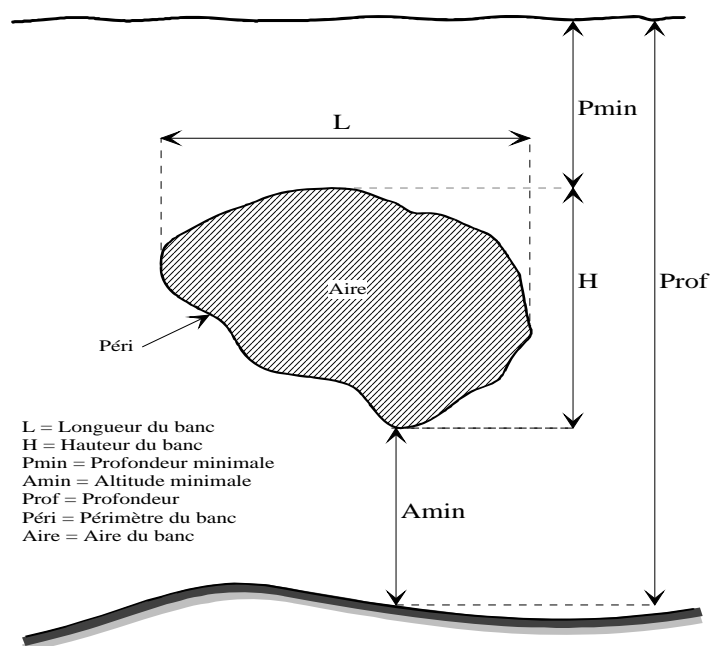


Figure 3: Descripteurs géométriques et bathymétriques des bancs(d'après Ifremer)

On a retenu pour la réalisation de l'écho intégration par bancs, les deux campagnes du N/O Al-Awam de septembre 2002 et de mars 2003. Pour caractériser les types d'aggrégations, quelques séquences (ESU) ont été sélectionnées ou on estime que les chalutages effectués étaient monospécifique (plus de 90% d'une espèce). L'échointégration par bancs a été exécutée sur ces séquences des deux campagnes acoustiques de septembre 2002 et mars 2003. Au total 5 chalutages pour la campagne acoustique de mars 2003 et un chalutage de la campagne de septembre 2002 ont été retenus. Les espèces qui satisfont à ce critère sont la sardinelle ronde, l'anchois et la sardine.

L'échointégration par bancs n'a été effectuée que sur quelques séquences sélectionnées pour leur intérêt des deux campagnes du N/O Al-Awam. L'unité écho intégration retenue est de 1 mille nautique.

Les seuils et paramètres de base de ces rejeux ont été définis au plus bas comme suit :

	min.	max.
seuil écho intégration(dB) ..	-55	0
offset surface (m).....	3	
offset fond (m)	0	
Horizontal gap (en ping).....	0	
Vertical gap (m).....	0	
Sigma-ag (m ² /nm ²).....	0.002	100
hauteur (m)	3	100
longueur (m)	5	1000
aire (m ²)	10	10 ⁵
densité (dB)	-45	0
queue de comète (dB)	-20	

2.2.4.3. Cartographie,

A l'aide l'extension FishView, on a pu allouer ESU par ESU les énergies échointégrées le long des radiales à la base des chalutages et selon la forme des détections, aux types suivants de détections:

- D1: énergies attribuées aux sardinelles, la sardine et l'anchois correspondant à des bancs denses près de la surface rencontrés près de la côte ou au large.
- D2: énergies attribuées aux chinchards et maquereau correspondant à des bancs « nuageux », pas denses et diffus, ou se présentant en couches près du fond.
- D3: énergies attribuées aux autres espèces pélagiques qui présentent des caractéristiques différentes de D1 et D2
- D4: énergies attribuées aux couches denses de plancton et au mésopélagique.

Les images d'échogrammes illustrant les quatre types de détection sont présentées en annexe 2

2.2.4.4. Méthode d'estimation de biomasse

La méthode d'estimation des deux navires est basée sur le principe d'échointégration adoptée par la communauté scientifique. Nous avons fait abstraction des détails qui peuvent être consultés dans plusieurs documents de références (Burczynski, 1982; Diner et Marchand, 1987; MacLennan et Simmonds, 1992). Néanmoins, nous présentons en annexe 3 les définitions et les symboles standards utilisés en acoustique halieutique adoptés lors du Groupe de travail en avril 2000 à Ijmuiden (Pays Bas).

Une fois les énergies attribuées par ESU et par type de détections (D1, D2, D3 et D4), un thème correspondant à ces données est créé sous FishView pour les visualiser. Un autre thème est créé pour les données de chalutage. La juxtaposition de ces deux thèmes permet de définir *a posteriori* des strates sur lesquelles l'estimation proprement dite sera effectuée.

Les limites de chaque strate sont tracées en joignant les extrémités des radiales, et en ajoutant à la première et à la dernière radiale une bande équivalente à la moitié de l'aire comprise normalement entre deux radiales. Le critère de zonage est fonction des espèces rencontrées suivant les résultats de chalutage. L'aire de chacune des zones est calculée sous FishView ainsi que les valeurs des moyennes des s_A correspondants.

La fonction d'index de réflexion individuel suivante (TS_i) a été appliquée pour convertir en nombre de poissons les valeurs allouées de s_A (valeur moyenne de l'indice de réverbération par mille nautique carré) pour une espèce ou un groupe d'espèces dans une zone spécifiée.

L'équation est de la forme:

$$TS_i = d \log L_i - c$$

Avec d et c les paramètres spécifiques de la relation de l'équation de l'index de réflexion

Le nombre de poisson est ensuite converti en biomasse par groupe de longueur en utilisant le poids estimé par taille à partir de la relation spécifique taille poids.

$$W = a * L^b$$

W: poids (gr); L: longueur (cm), a et b les paramètres de la relation taille poids

Les paramètres a, b, d et c pour les espèces utilisées sont présentées au tableau 3.

Tableau 3: Paramètres spécifiques de relation taille poids et de l'équation de TS (index de réflexion) utilisés dans l'estimation de biomasse.

GENR_ESP	ESPECES	a	b	d	c
SARD-AUR	Sardinelle ronde	0.0060000	3.27000	20.00	72.00
SARD-MAD	Sardinelle plate	0.0100000	3.14000	20.00	72.00
TRAC-TRE	Chincharde africain	0.0150000	2.95000	20.00	68.70
CARA-RON	Chincharde jaune	0.0800000	2.50000	20.00	68.70
TRAC-TRU	Chincharde européen	0.0100000	3.02000	20.00	68.70
SARD-PIL	Sardine	0.1320000	2.84000	20.00	71.20
ENGR-ENC	Anchois	0.0035701	3.24262	20.00	71.20
SCOM-JAP	Maquereau espagnol	0.0040000	3.35000	20.00	70.00
DIVE-DIV	Divers	0.0021900	3.25900	20.00	67.00

Le fichier "EIVAL" généré par Fishview constitue les données en entrée (input) de l'estimation. Le programme d'estimation utilisé permet d'estimer les biomasses en poids (tonnes) et en nombre selon le type de détection (D1 ou D2) sélectionné et les chalutages effectués dans une zone déterminée. L'opérateur doit spécifier pour chaque zone la valeur moyenne de s_A et la superficie. L'énergie moyenne s_A par zone est répartie en s_A spécifiques au prorata des pourcentages spécifiques dans une zone, selon les chalutages effectués pondérés par l'énergie moyenne autour de ces chaluts calculée sur une zone tampon de 5 milles nautiques.

Cette méthode d'estimation de la biomasse a la particularité d'utiliser, si nécessaire, les résultats des chalutages pour séparer la biomasse en ses différentes composantes spécifiques. Un coefficient de variation qui chiffre la qualité de l'identification effectuée dans la zone prospectée est aussi calculé.

2.2.4.5. Méthodes statistiques

Les outils statistiques les plus simples ont été élaborés pour des distributions normales. Or les distributions des densités des poissons sont extrêmement loin de la normalité. En effet, les populations pélagiques sont concentrées à de fortes densités sur des surfaces minuscules comparées à leur aire d'extension potentielle (Gerlotto, 1993). Ce type de distribution à forte dissymétrie pose le problème de représentativité des rares fortes valeurs. Ceci nous a conduit pour certaines analyses à appliquer une transformation $\log(x+1)$ à la variable s_A . En règle générale, les distributions s'approchent plus du type binomial négatif ou lognormal.

Une autre contrainte est que les ESU sont échantillonnées le long d'un transect. Par conséquent, ils ne peuvent être considérés comme indépendants sauf s'ils ne présentent pas d'autocorrélation.

Ceci nous a conduit à compléter les analyses statistiques par des analyses non paramétriques et de la géostatistique.

Les logiciels utilisés pour les analyses statistiques de nos données sont STATISTICA (2000) et EVA (Petitgas, 1993).

Les statistiques descriptives, l'ANOVA (Analysis Of Variance) et les analyses factorielles notamment l'analyse des correspondances multiples et l'analyse discriminante ont été appliquées aux différents jeux de données.

2.2.4.5.1. Statistiques descriptives:

Cette description a été réalisée à partir de la construction des diagrammes box plot (Tukey, 1972) et des résultats des statistiques descriptives effectuées sur les bancs mono spécifiques.

Le box plot illustre graphiquement le comportement statistique d'une distribution de valeurs en donnant des indications sur une mesure centrale (en principe la médiane), sur la variabilité de plusieurs ensembles d'observations. Il permet aussi de comparer rapidement plusieurs ensembles d'observations.

Dans notre présentation, le rectangle central correspond à l'intervalle inter-quartile et représente 50% des observations. La limite inférieure est fixée au premier quartile et la limite supérieure au troisième quartile. La ligne qui coupe le rectangle donne la position de la médiane. Lorsque les valeurs sont très dispersées, les observations aberrantes sont traitées d'une manière particulière. Deux bornes sont définies:

borne inférieure = premier quartile – (1,5 intervalle inter-quartile)

borne supérieure = troisième quartile – (1,5 intervalle inter-quartile)

2.2.4.5.2. ANOVA (Analyse de la variance)

L'objectif de l'ANOVA est de tester les différences significatives entre les moyennes. La variance se calcule comme la somme des écarts au carré à la moyenne générale divisée par $n-1$ (la taille de l'échantillon moins un). Les variances peuvent être partitionnées en variance imputable à la dispersion inter-groupes (appelées moyennes des carrés de l'effet ou M_{effet}) et la dispersion intra-groupe (appelée Moyenne des Carrés de l'Erreur, ou M_{erreur}). Sous l'hypothèse nulle (qu'il n'existe pas de différence entre les moyennes dans la population), on s'attend à obtenir de faibles fluctuations aléatoires des moyennes pour les différents groupes. Par conséquent, sous l'hypothèse nulle, la variance estimée basée sur la dispersion intra-groupe doit être approximativement la même que la variance due à la dispersion inter-groupe. La comparaison de ces deux estimations se fait avec le test F , qui teste si le ratio des deux estimations est supérieur à 1 (Statistica, 2000).

2.2.4.5.3. Analyse des Correspondances Multiples (ACM)

L'Analyse des Correspondances Multiple (ACM) peut s'appréhender comme une extension de l'analyse des correspondances simple à plus de deux variables. L'ACM est une analyse des correspondances simple réalisée sur un tableau disjonctif complet avec des observations en ligne et des catégories de variables en colonnes. En fait, on analyse souvent le produit interne de telles matrices, appelé Table de Burt par une ACM. Cette matrice est symétrique.

L'ACM a été appliquée à quelques paramètres des bancs monospécifiques sélectionnées durant les deux campagnes du N/O Al-Awam de septembre 2002 et mars 2003. Au préalable,

les paramètres suivants (tableau 4) ont été codifiés en plusieurs classes d'importances plus ou moins égales.

Tableau 4: Codification des variables des bancs de l'ACM

Variables\classes	1	2	3	4
Amin (m)	<=3	>3 et <=8	>8 et <=32	>32
Arel (%age)	<=31	>31 et <=65	>65	
Dfract	<=1,2	>1,2 et <=1,3	>1,3	
Svcor (m ⁻¹)	<=-39	>-39 et <=-35	>-35 et <=-29	>-29
Hcor (m)	<=3,3	>3,3 et <=4,8	>4,8	
Sigma_ag (m ²)	<=0,014	>0,014 et <=0,07	>0,07	

2.2.4.5.4. Analyse discriminante

Les distributions de valeurs des descripteurs peuvent fournir deux types de variance conditionnelle : d'abord la variance intra-spécifique correspondant à la variabilité des descripteurs à l'intérieur de l'ensemble formé par les détections d'une même espèce et ensuite, la variance inter-spécifique correspondant à la variabilité des descripteurs entre les ensembles associés à chaque espèce. Un descripteur présentant le plus fort pouvoir discriminant sera celui qui présente la plus faible variance intra-spécifique et la plus forte variance inter-spécifique.

L'idée de base d'une analyse discriminante est de déterminer si des groupes sont différents par rapport à la moyenne qu'ils prennent sur une variable particulière, et d'utiliser cette variable pour prédire l'appartenance à un groupe.

La procédure incrémentielle est "guidée" par les valeurs respectives des F d'inclusion et F d'exclusion. La valeur du F d'une variable indique sa signification statistique dans la discrimination des groupes, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une mesure du degré auquel une variable contribue, de façon unique (à elle seule) à la prévision de l'appartenance à un groupe (STATISTICA, 2000).

Le logiciel STATISTICA va automatiquement déterminer des combinaisons optimales de variables de manière à ce que la première fonction fournisse la plus grande discrimination globale entre les groupes, la deuxième fournisse la seconde plus grande, et ainsi de suite. En outre, les fonctions seront indépendantes ou orthogonales, c'est-à-dire que leurs contributions à la discrimination entre les groupes ne se chevaucheront pas. Du point de vue des calculs, STATISTICA va effectuer une analyse canonique qui va déterminer les fonctions successives et les racines canoniques. Le paramètre "Lambda de Wilks" (LW) représente la statistique standard qui est utilisé pour juger de la significativité statistique de la puissance discriminatoire dans le modèle utilisé, alors que le "Lambda Partiel de Wilks" (LPW) représente le LW pour la seule contribution de la variable respective à la discrimination entre les groupes.

2.2.4.5.5. Géostatistique

Le domaine de la géostatistique c'est l'étude de variables sur un support continu. La géostatistique, appliquée depuis peu aux données acoustiques dépend étroitement du modèle (variogramme) qui peu être ajustée sur le jeu de données. C'est la seule à tirer avantage de l'autocorrélation des données, c'est à dire de leur structuration dans l'espace. En effet, c'est une méthode conçue pour les variables particulières qui présentent (i) une variabilité aléatoire dans l'espace et (ii) une distribution spatiale générale cohérente, permettant de cartographier la variable (Petitgas, 1991).

La densité d'une espèce à un point (x,y) , $z(x,y)$, est fonction de l'énergie réfléchié par (MacLennan and Simmonds, 1992)

$$\rho(x,y) = \frac{S_A(x,y)}{\sigma(x,y)}$$

Au préalable les coordonnées géographiques sont converties en degrés décimaux et la longitude est transformée afin qu'il puisse y avoir une équivalence de longueur de distance entre les degrés de latitude et les degrés de longitude selon la formule:

$$longitude_corrigée = latitude(déc) * \cos\left(\frac{latitude_moyenne * \pi}{180}\right)$$

L'instrument de base est le variogramme. Il a la même dimension qu'une variance, et représente la moyenne au carré des différences entre les valeurs de la variable Z en un point x et un point x+h, où h est la distance entre les points.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[z(x) - z(x+h)]^2$$

Sous la forme expérimental, le variogramme devient:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} N(h) * \sum_{i=1}^{N_h} (Z(x) - Z(x+h))^2$$

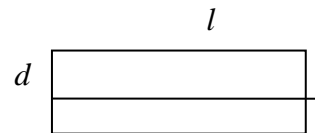
Dans le cas des campagnes acoustiques, le jeu de données est à deux dimensions et le vecteur h peut être décrit par ses coordonnées polaires (module et orientation).

L'analyse du variogramme fournit un certain nombre d'informations intéressantes:

- l'anisotropie des distributions est fournit par la comparaison des variogrammes pour différentes directions de h,
- la rupture de la pente de $\gamma(h)$, où portée, donne la distance maximum d'autocorrélation,
- le point de contact avec l'axe vertical, où "effet pépite", représente la microvariabilité des données,
- la différence entre palier et effet de pépite, ou structure, ainsi que la fonction d'ajustement, fournissent des informations sur la structure spatiale des données, qui peuvent être continues (modèle gaussien ou linéaire), discontinues (modèle sphérique à effet de pépite important ou aléatoires (pas de structure).

On a utilisé dans cette étude le logiciel EVA (Petitgas, 1993). La méthode intrinsèque d'estimation en 2-D a été appliquée aux données disponibles.

La configuration de l'unité d'estimation est de la forme :



Le rectangle d'influence d'un transect a une longueur l égale à la longueur du transect avec une largeur d égale à la distance inter-transect. Le transect est la ligne médiane du rectangle. L'estimation élémentaire de l'erreur est une estimation de la moyenne du rectangle par la moyenne du transect. L'estimation moyenne est une simple moyenne des données.

L'estimation de la variance est égale à

$$\sigma_{EA}^2 = \frac{\sum_i l_i^2 \sigma_{Ri}^2}{(\sum_i l_i)^2}$$

Avec σ_{Ri} : estimation de la variance dans le rectangle i ,

3. RESULTATS

3.1. Biomasses

3.1.1. N/O "Dr Fridtjof Nansen"

Les indices d'abondance de la série de ce navire présentés lors du Groupe de Travail FAO (2002) traduisent une baisse d'abondance des stocks pélagiques côtiers dans la zone mauritanienne.(Figure 4).

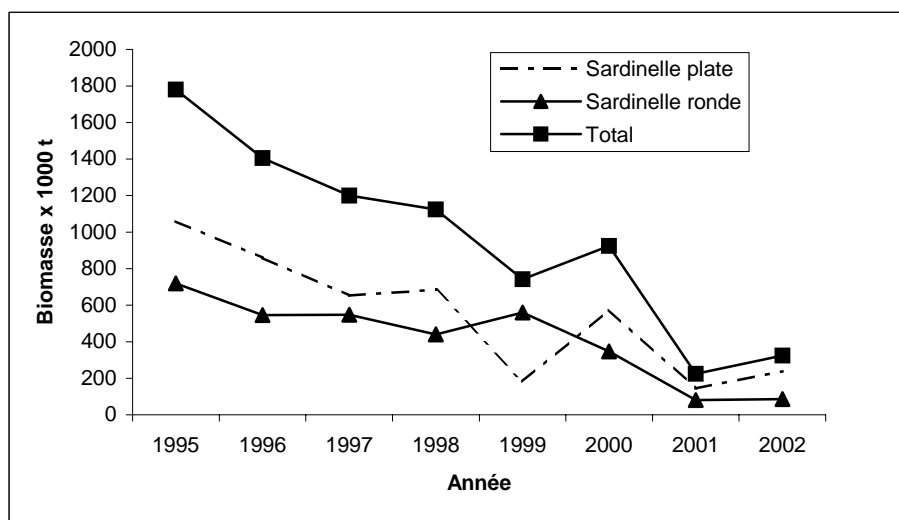


Figure 4: Evolution des biomasses de sardinelles en Mauritanie estimées par le N/O Dr. Fridtjof Nansen durant les campagnes de novembre sur la série 1995-2002.

Cette tendance à la diminution des biomasses des sardinelles observée dans les campagnes de prospection est aussi mise en évidence au niveau de la série des captures par unité d'effort des deux flottilles de l'Union Européenne qui cible principalement les sardinelles et de l'ex-URSS (figure 5).

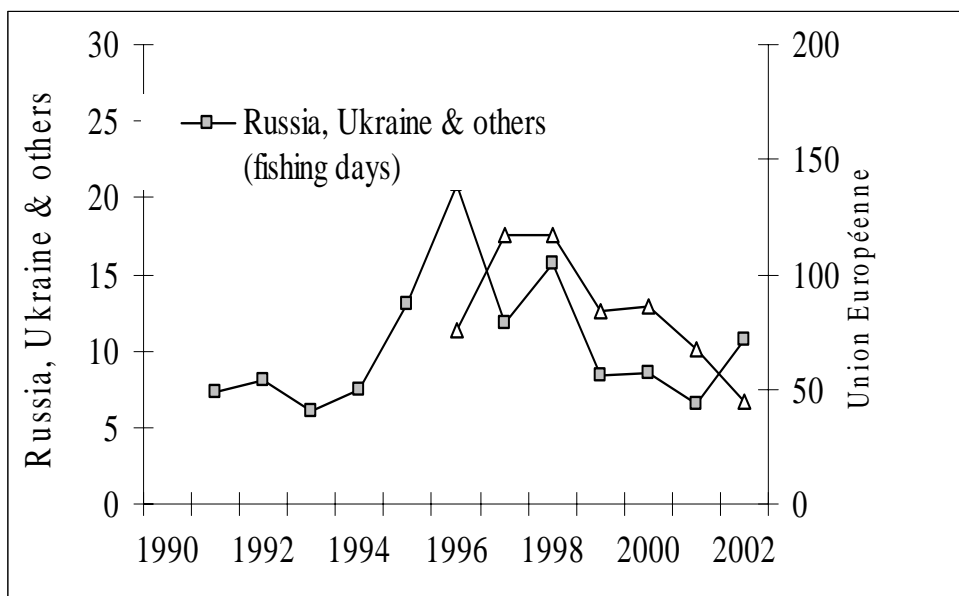


Figure 5: CPUE Sardinelles en Mauritanie (source: GT FAO, 2003)

3.1.2. N/O Al-Awam

Les données de la campagne de septembre 2002 se prêtent mal à l'évaluation, eu égard au nombre limité de chalutage. On s'est contenté d'estimer les biomasses des espèces pélagiques cibles durant la campagne de mars 2003 selon la méthode développée par le laboratoire ECOHAL (écologie Halieutique) de Nantes (Ifremer).

La procédure de calcul des biomasses par strate est explicitée dans l'annexe 4. Quatre strates ont pu être définies selon la distribution des valeurs d'énergies et des chalutages effectués. L'intérêt essentiel de la stratification est de considérer que les strates sont indépendantes, donc de ne prendre en compte que la variance intra-strates, ce qui réduit d'autant l'évaluation de la variance totale.

Les énergies moyennes (s_A) et les superficies par strates, calculées automatiquement par FishView, sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5: Energies exprimées en s_A (m^2/nm^2) et superficie des strates de la campagne acoustique du N/O Al-Awam de mars 2003

Zones	Surface	Poissons	D1	D2	D3	D4
Nord	1620	14583	10956	3534	93	314
Centre	622	3717	1954	1444	318	382
Sud côte	1452	4332	3704	529	99	577
Sud large	1193	1603	127	1323	152	2591

Durant cette campagne, le coefficient de variation le plus faible (11%) a été obtenu pour l'anchois dans la strate côtière sud.

Les biomasses estimées (tonnes) des principales espèces cibles sont présentées au tableau 6. Il ressort que la plus forte biomasse correspond à la sardine (*Sardina pilchardus*) qui représente environ 77 % de la biomasse totale estimée. En effet, les températures de surface ont été plus basses par rapport à la normale saisonnière. Une extension de l'aire de distribution de la sardine plus au sud zone mauritanienne est observée. Ceci a été confirmé par la capture à la même période de la sardine au Sénégal (Samb, communication personnelle). Il ressort que la moyenne de température de surface est de 16,9°C avec un maximum de 19,7°C et un minimum de 15,4 et un écart type de 0,78. L'anomalie de la température de surface par rapport à la moyenne saisonnière était de -1.5°C.

Tableau 6: Estimation des biomasses (tonnes) spécifiques par strates de la campagne acoustique du N/O Al-Awam de mars 2003

	anchois	sardinelle ronde	sardinelle plate	sardine	maquereau	chinchard noir	chinchard européen	Total
strate nord	3926	23642	15005	283981	13279	68	9196	349097
strate centre	1179	1073	0	14367	749	150	1462	18980
strate côte sud	6903	401	0	134	594	141	1453	9624
strate large sud					3669	0	4549	8219
Stock	12007	25115	15005	298482	18291	359	16661	385920

Une partie illustrative du rapport de pêche est présentée en annexe 5. Il fait ressortir la composition spécifique, la longueur moyenne (cm), le poids total, le nombre total d'individu et le moule (nombre d'individus par Kg) pour chaque station de chalutage.

Les données détaillées d'estimation des biomasses par type de détection D1 dans la strate nord sont présentées en annexe 6.

3.2. Statistiques descriptives

Le nombre de bancs monospécifiques est de 210 avec respectivement 102, 64 et 44 bancs de sardine, sardinelle ronde et d'anchois.

Les paramètres descriptifs moyens des bancs monospécifiques des *Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus* et *Engraulis encrasicolus* sont présentés au tableau 7. Les paramètres de positionnement qui présentent en moyenne les plus grandes différences sont AMIN (altitude minimale) et AREL (altitude relative). Ceci traduit le fait que les bancs de sardinelle et d'anchois sont rencontrés près de la surface alors que ceux de la sardine sont plus profonds. Au niveau énergétique, les paramètres sigma-ag, SVCOR (index de réverbération de volume) et le VMOY (valeur moyenne de l'amplitude des échantillons du banc) de l'anchois sont en moyenne plus forts laissant supposer que les bancs d'anchois sont plus denses que ceux de la sardinelle et de la sardine.

Tableau 7: moyennes de quelques paramètres descriptifs des bancs monospécifiques

	N Actifs	SIG-AG	AMIN	PMIN	AREL	ELON	DFRT	VMOY	ETYPE	LCOR	HCOR	AREACOR	PERIMCOR	SVCOR
S.aurita	64	0.092	6.8	15.0	35.8	2.7	1.208	0.025	0.019	16.6	6.1	69.9	49.5	-31.32
anchois	44	0.145	6.7	15.5	36.2	3.1	1.221	0.028	0.021	15.8	4.2	52.6	42.1	-29.98
sardine	102	0.068	23.8	11.2	61.2	3.2	1.368	0.020	0.017	17.3	4.7	62.6	59.3	-32.30
TousGrps	210	0.091	15.0	13.2	48.2	3.0	1.289	0.023	0.019	16.8	5.0	62.7	52.7	-31.52

Les box-plot correspondants de ces paramètres des bancs sont présentés dans les figures 6 à 12. Ils dénotent une forte variabilité inter et intra spécifique des différents paramètres.

L'analyse visuelle des box plot met en évidence une différenciation entre d'une part la sardine et d'autre part la sardinelle et l'anchois. En effet la sardine est caractérisée par une AREL (altitude relative), un SVCOR (Indice de réverbération de volume) plus élevé que ceux des deux autres espèces. Alors que l'AMIN est plus faible pour la sardine. Ces paramètres identifient la sardine comme une espèce qui se présente à un niveau de profondeur plus bas et qui est relativement moins côtière que les deux autres espèces. La longueur maximale des bancs de sardine est de 165 m alors que celles de l'anchois et la sardinelle sont respectivement de 80 et 41 m. On remarque aussi que la dimension fractale est plus élevée pour la sardine caractérisant un contour irrégulier définissant une morphologie complexe, alors que la dimension fractale des bancs d'anchois et de sardine peut être assimilée à des contours réguliers.

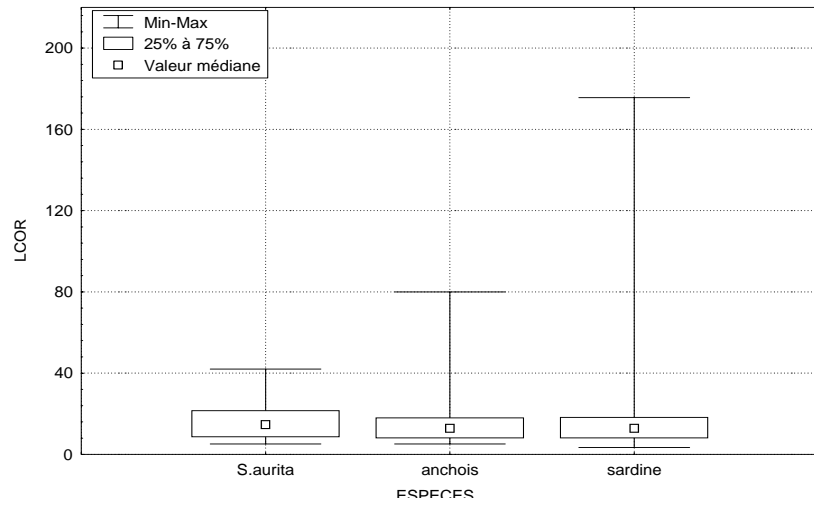


Figure 6: Box plot de la distribution des valeurs de LCOR (m)

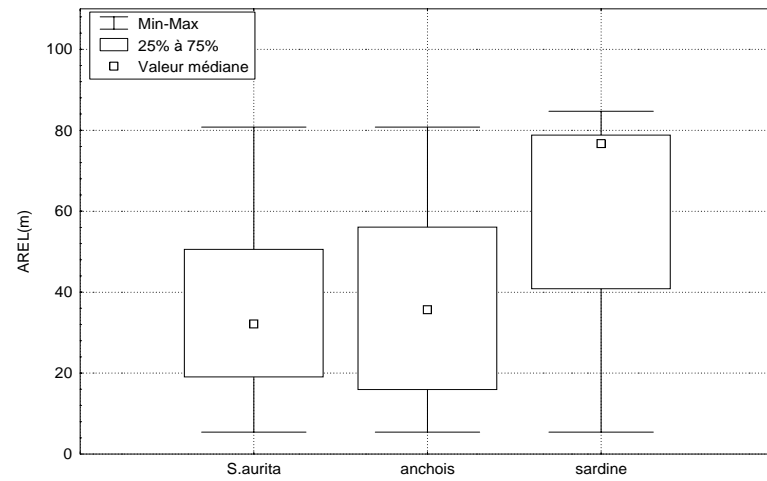


Figure 7: Box plot de la distribution des valeurs de AREL (pourcentage)

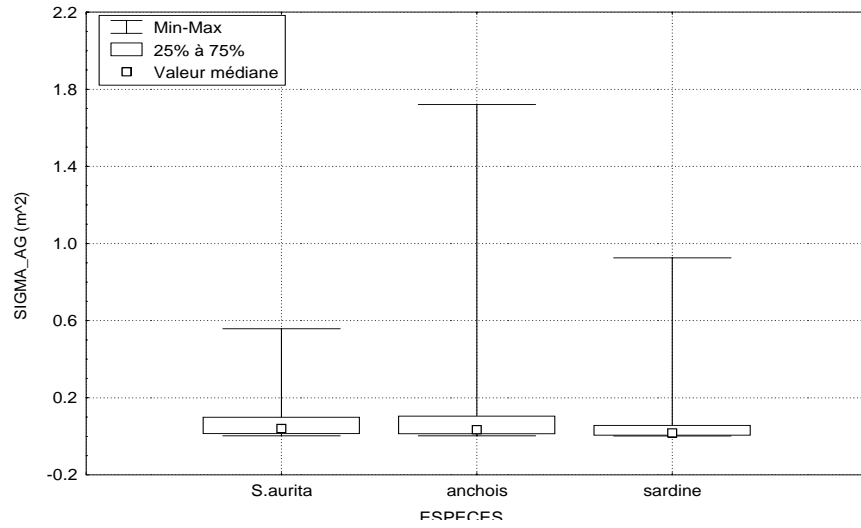


Figure 8 :Box plot de la distribution des valeurs de SIGMA-AG (m²)

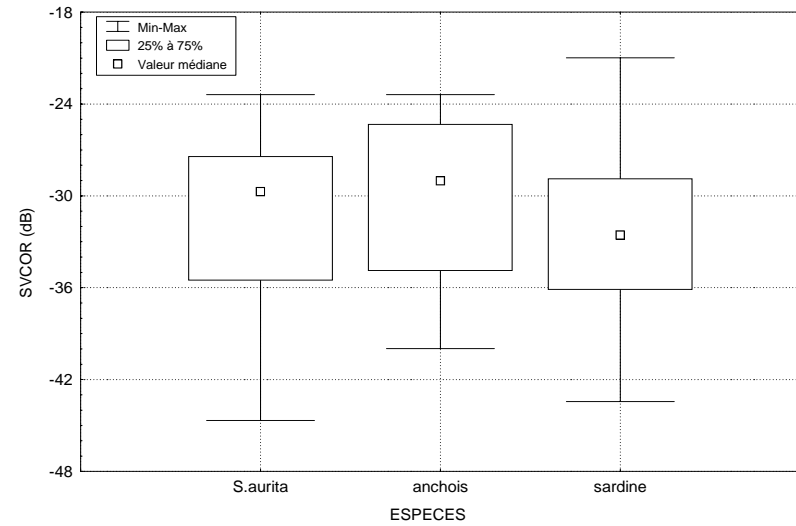


Figure 9: Box plot de la distribution des valeurs de SVCOR (m⁻¹)

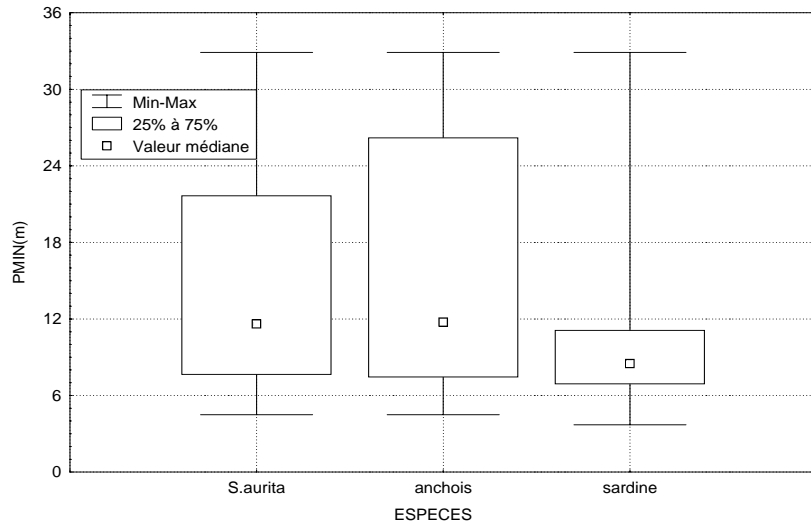


Figure 10: Box plot de la distribution des valeurs de PMIN (m)

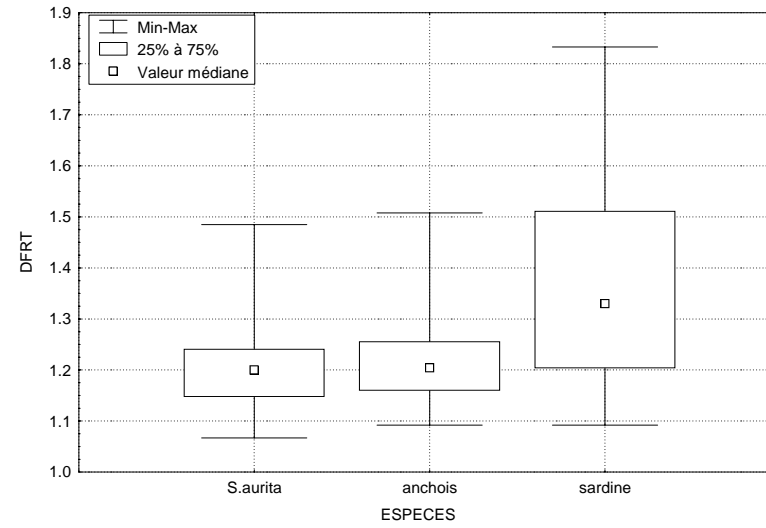


Figure 11: Box plot de la distribution des valeurs de DFRT

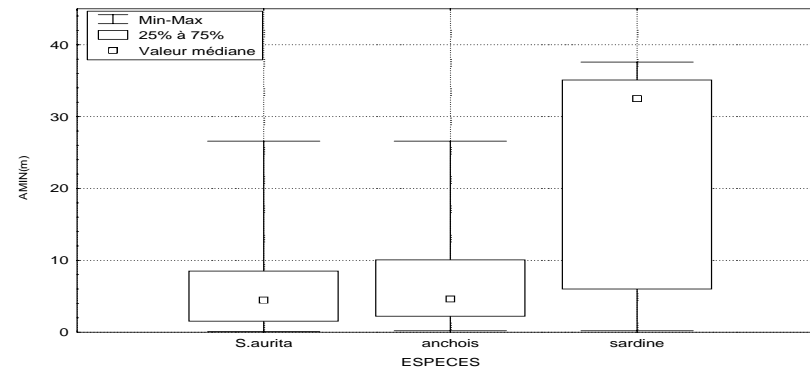


Figure 12: Box plot de la distribution des valeurs de AMIN (m)

3.3. Distribution spatiale

3.3.1. Distribution géographique et bathymétrique (Fridtjof Nansen)

Parmi les types de transformation des données qui visent à rendre leur distribution conforme à la loi normale et à ramener, simultanément, la distribution de la variance indépendante de celle de la moyenne, on a eu recours à la transformation logarithmique de type $\log(x+1)$ qui est appliquée aux données qui s'écartent fortement de la distribution normale. Celle-ci a pour objectif de stabiliser les variances, c'est à dire rendre aléatoire leur distribution (Legendre et Legendre, 1984). Les figures 13 et 14 montrent que la transformation des valeurs de s_A a permis de réduire le coefficient de corrélation de 0,95 à 0,48.

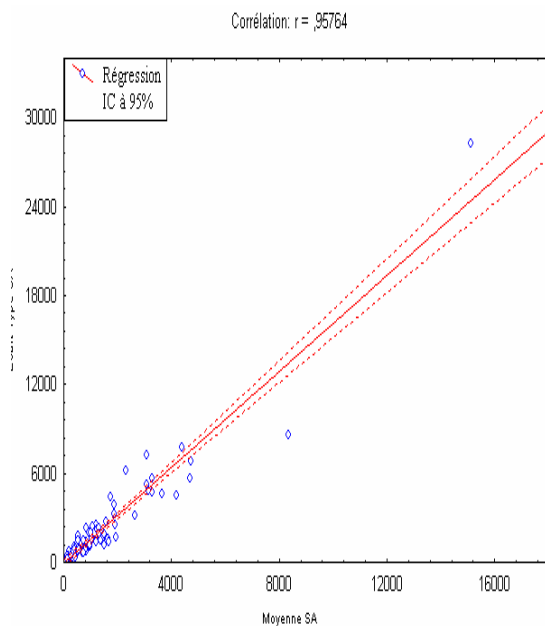


Figure 13: Tracé de la moyenne versus leur écart-type de la variable s_A

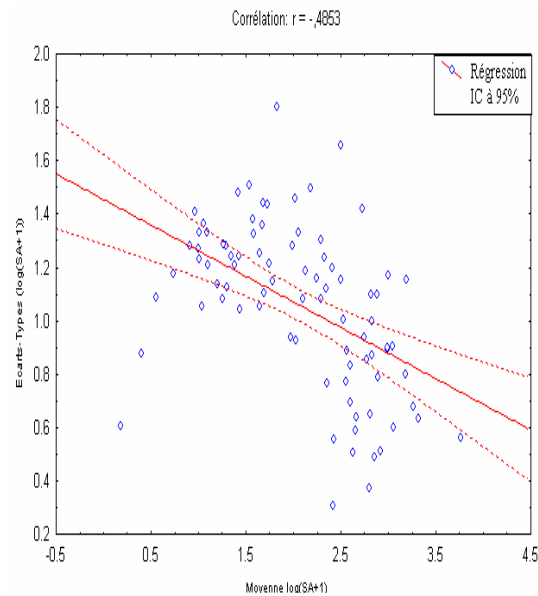


Figure 14: Tracé de la moyenne versus leur écart-type de la variable transformée en $\log(s_A+1)$

Les données détaillées de valeurs de s_A par 5 milles nautiques de 1995 à 2001 ont été analysées à travers l'application d'une ANOVA pour mettre en évidence les sources de variabilité au niveau géographique et bathymétrique pour les parcours de jour et de nuit. Les résultats de l'ANOVA sont présentés au tableau 8.

L'effet le plus significatif est l'effet "strates bathymétriques". La figure 15 illustre un effet "jour et nuit" plus accentué dans la zone nord, siège d'une activité biologique intense (upwelling permanent).

La figure 16 met en évidence un gradient décroissant des s_A de la strate côtière à la strate du large pour les différentes années aussi bien de jour que de nuit. Le deuxième effet le plus significatif est l'effet "années". Ceci est aussi en concordance avec la variabilité annuelle des stocks pélagiques dans la zone mauritanienne où l'indice d'abondance diminue d'année en année depuis 1995. L'effet "zones" est plus significatif que l'effet "jour et nuit".

Tableau 8: Analyse de variance multiple appliquée à la série des données du Nansen

	dl_effet	MC_effet	dl_erreur	MC_erreur	F	niveau p
ANNEES	6	9,48	1535	1,28	7,43	0,000000074
JOUR/NUIT	1	7,67	1535	1,28	6,01	0,014348232
ZONES	1	10,48	1535	1,28	8,21	0,004215023
STRATES bathymétriques	2	216,75	1535	1,28	169,82	0,000000000
Années_Jour/nuit	6	1,07	1535	1,28	0,84	0,541188538
Années_Zones	6	3,22	1535	1,28	2,53	0,019486465
Jour/Nuit_Zones	1	4,22	1535	1,28	3,30	0,069287091
Années_strates	12	5,47	1535	1,28	4,28	0,000001043
Jour/Nuit_Strates	2	12,41	1535	1,28	9,72	0,000063758
Zones_Strates	2	3,20	1535	1,28	2,50	0,082088187
Années_Jour/Nuit_Zones	6	0,41	1535	1,28	0,32	0,925633371
Années_Jour/Nuit_Strates	12	0,84	1535	1,28	0,66	0,790821135
Années_Zones_Strates	12	3,95	1535	1,28	3,09	0,000242938
Jour/Nuit_Zones_Strates	2	5,76	1535	1,28	4,52	0,011075009
Années_Jour/Nuit_Zones_Strates	12	1,52	1535	1,28	1,19	0,286577523

L'effet jour et nuit est le moins significatif. Cependant, la figure 16 illustre que la variabilité jour et nuit est plus grande dans les strates côtière et intermédiaire que la strate du large. Par conséquent, le parcours de nuit entraîne une plus forte estimation par rapport à celle du jour.

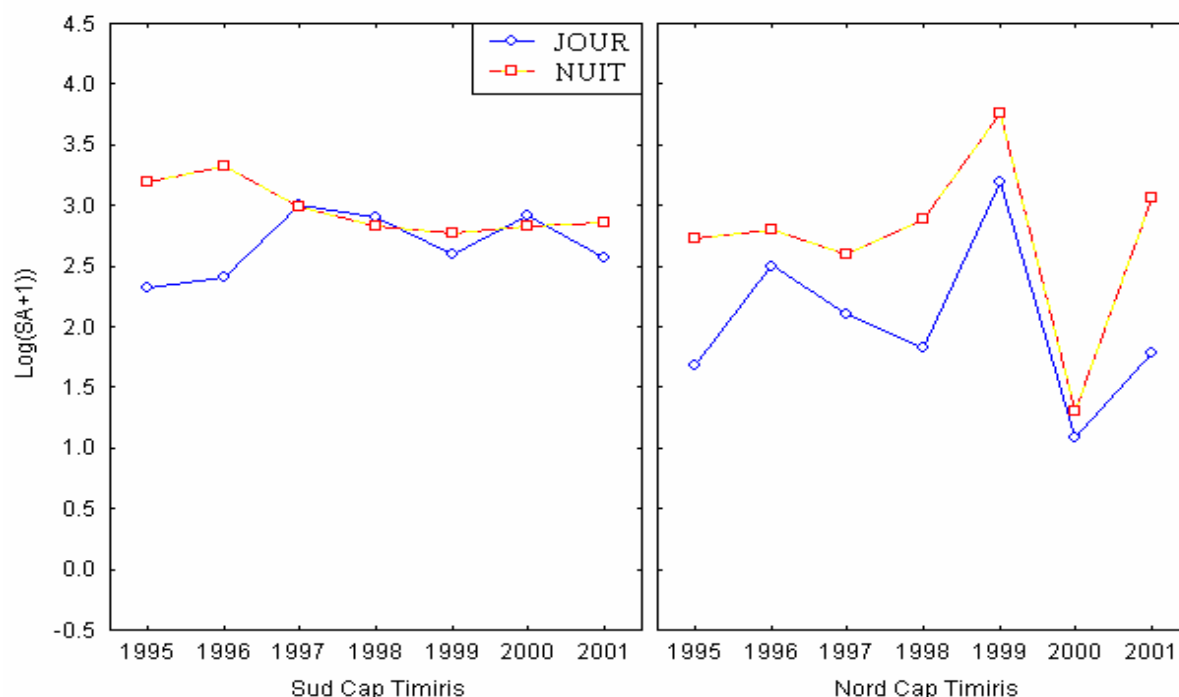


Figure 15: Evolution des densités moyennes (\log_{SA+1}) durant le parcours jour et nuit par années et par zones géographiques

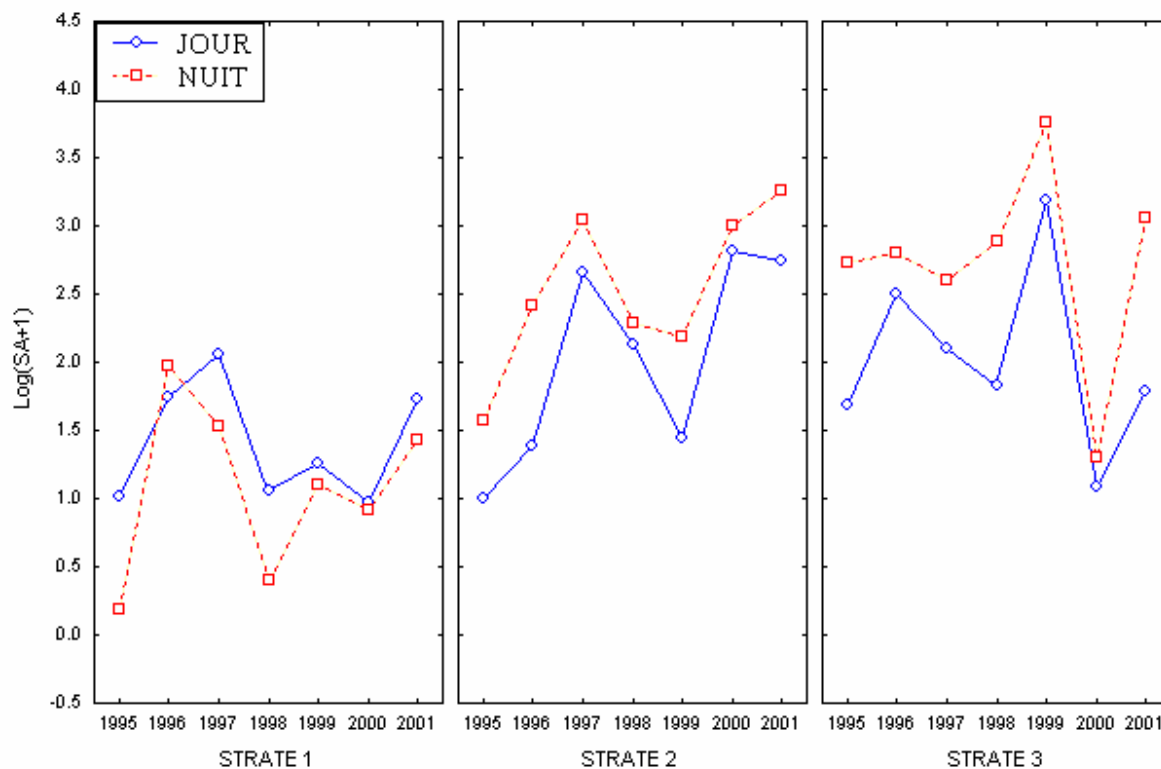


Figure 16: Evolution des densités moyennes ($\log_S A+1$) durant le parcours jour et nuit par années et par strates bathymétriques (strate1>80m, strate 2<=80 et >30, strate 3<=30m)

3.3.2. Caractérisation des agrégations (Al-Awam)

L'un des avantages des campagnes acoustiques est de pouvoir obtenir en temps réel la distribution géographique des espèces ou groupes d'espèces à une période donnée (vue synoptique). Nous avons jugé que l'allocation ESU par ESU des énergies acoustiques par espèces était entachée de biais lié à l'identification. De ce fait, nous avons opté pour une allocation par type de détections qui serait ventilée par la suite entre les espèces en présence selon des strates définies *a posteriori* selon la méthode de classification par type de détection. Durant cette campagne, les fortes densités ont été observées dans la zone nord aussi bien pour les types de détection D1 et D2 (figures 17 et 18). La distribution des valeurs de S_A de type D1 et D2 et des chalutages spécifiques (figure 19) a permis de définir des strates plus ou moins homogènes de la zone couverte (figure 20).

Pour tester la significativité des différences entre les différents paramètres pour les trois espèces une ANOVA à un facteur de décomposition a été appliquée sur la base de données de l'échantillonnage par bancs monospécifiques (tableau 9). Les résultats montrent que les paramètres les plus significatifs sont AMIN (altitude minimale), AREL (altitude relative) et la DFRT (dimension fractale) suivi de HCOR (hauteur corrigée) et dans une moindre mesure de SvCOR (Sv corrigé). Il ressort que les paramètres de positionnement et morphométriques présentent la plus grande variabilité entre les trois espèces. De ce fait, ont été retenus les paramètres précités pour la conduite d'une analyse des correspondances multiples suivie d'une analyse discriminante.

Tableau 9: Analyse de variance multiple appliquée aux différents paramètres des bancs monospécifiques

	SC_effet	dl_effet	MC_effet	SC_erreur	dl_erreur	MC_erreur	F	p
SIGMA_AG	0.18	2	0.09	7.33	207	0.04	2.61	0.0760
AMIN	15217.50	2	7608.75	26085.50	207	126.02	60.38	0.0000
PMIN	860.46	2	430.23	14173.73	207	68.47	6.28	0.0022
AREL	33351.01	2	16675.51	113714.98	207	549.35	30.36	0.0000
ELON	7.66	2	3.83	542.28	207	2.62	1.46	0.2342
DFRT	1.25	2	0.63	4.30	207	0.02	30.10	0.0000
VMOY	0.00	2	0.00	0.04	207	0.00	7.27	0.0008
ETYPE	0.00	2	0.00	0.02	207	0.00	2.89	0.0578
LCOR	80.24	2	40.12	63114.43	207	304.90	0.13	0.8767
HCOR	106.52	2	53.26	1851.61	207	8.94	5.95	0.0030
AREACOR	7885.34	2	3942.67	2876959.95	207	13898.36	0.28	0.7533
PERIMCOR	10110.86	2	5055.43	851571.18	207	4113.87	1.23	0.2947
SVCOR	169.38	2	84.69	5201.83	207	25.13	3.37	0.0362

LCOR : longueur corrigée (m), **HCOR** : hauteur corrigée (m), **ELON** : Elongation du banc, **AREACOR** :aire corrigée (m²), **PERIMCOR** : périmètre corrigé en m, **DFRT** : dimension fractale, **PMIN** : Profondeur minimale du banc en m , **AMIN** : Altitude minimale du banc en m, **AREL** : Altitude relative du banc en % de la hauteur d'eau, **SIGMA_AG** : indice de réflexion multiple en m² , **SVCOR** : indice corrigé de réverbération du volume, **VMOY** : Valeur moyenne de l'amplitude des échantillons du banc (Volt), **ETYPE** : Ecart type et coefficient de variation de ces valeurs (Volt),

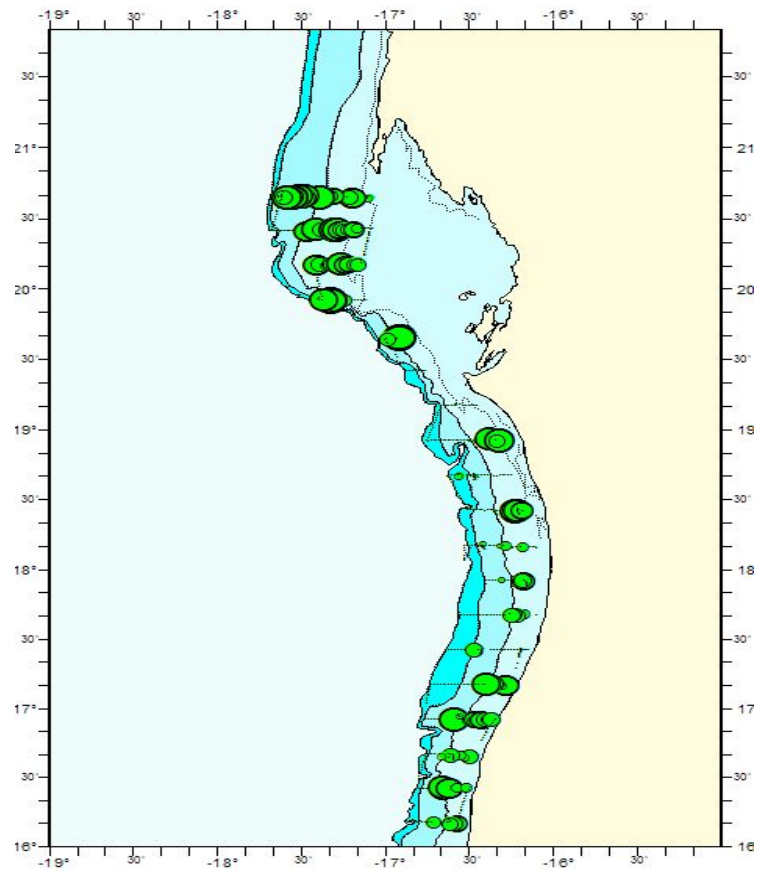


Figure 17 : distribution des valeurs de s_A acoustiques de type D1

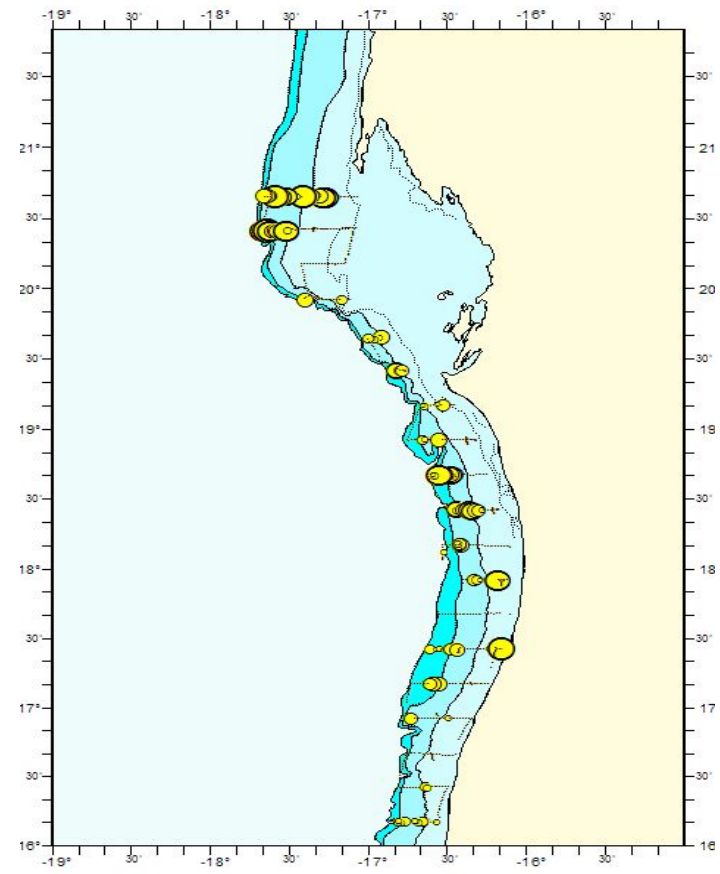


Figure 18 : distribution des valeurs de s_A acoustiques de type D2

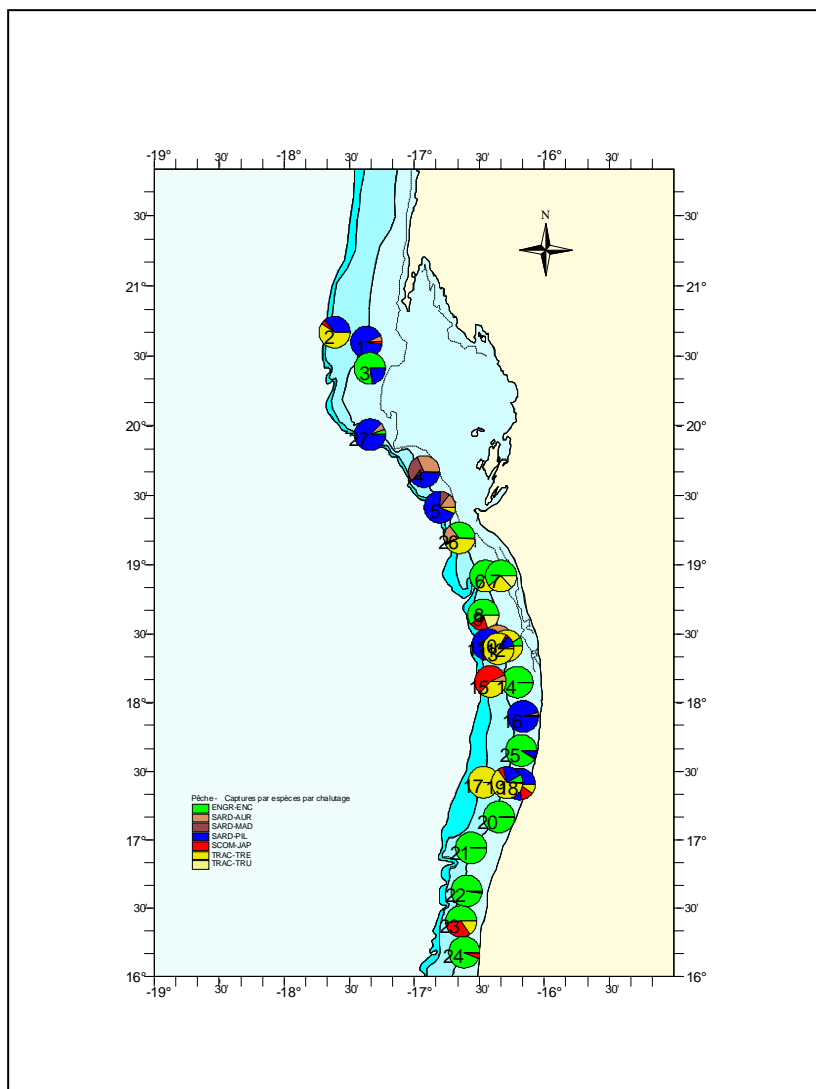


Figure 19: Composition spécifique des stations de chalutages

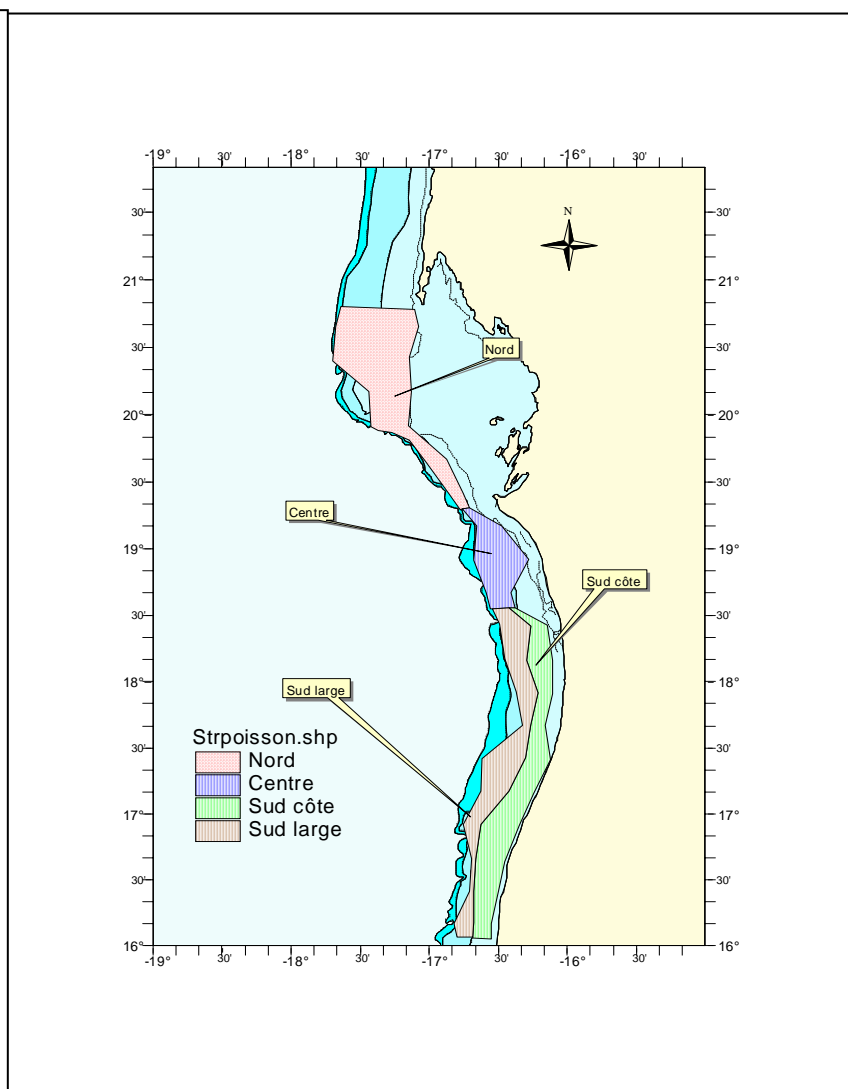


Figure 20: Postratification de la zone prospectée

3.3.3. Classification des bancs acoustiques:

Le groupement absolu en fonction de l'espèce présente des biais importants liés à l'identification. La typologie des bancs à partir de leur ressemblance peut aider à comprendre la difficulté de discriminer les bancs de sardine, d'anchois et de sardinelle. Cette approche a été utilisée par Gerlotto et Marchal (1985) pour la définition et l'identification des "populations acoustiques" en milieu tropical où le nombre d'espèces est très élevé. L'analyse multidimensionnelle des paramètres des bancs est appliquée aux paramètres des bancs pour améliorer l'identification.

3.3.3.1. Analyse des correspondances multiples

Afin de pouvoir classifier les bancs par groupe, on a effectué une ACM. Le tableau de Burt dont la somme des éléments de la diagonale de chaque partition représentent la tabulation croisée d'une variable avec elle-même est présenté au tableau 12. Les éléments en dehors de la diagonale dans les partitions représentent les tabulations croisées d'une variable avec elle-même sont égaux à 0.

Les résultats de l'ACM ont mis en évidence que l'information du tableau de Burt peut être synthétisée dans 9 dimensions. Les Valeurs propres et les inerties de toutes ses dimensions sont présentées au tableau 12. On se limitera aux deux premières dimensions qui synthétisent environ 50 % de l'information. Il ressort que le premier axe oppose les bancs de *Sardinella aurita* et de l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et les bancs de sardine (*Sardina pilchardus*) (figure 21)

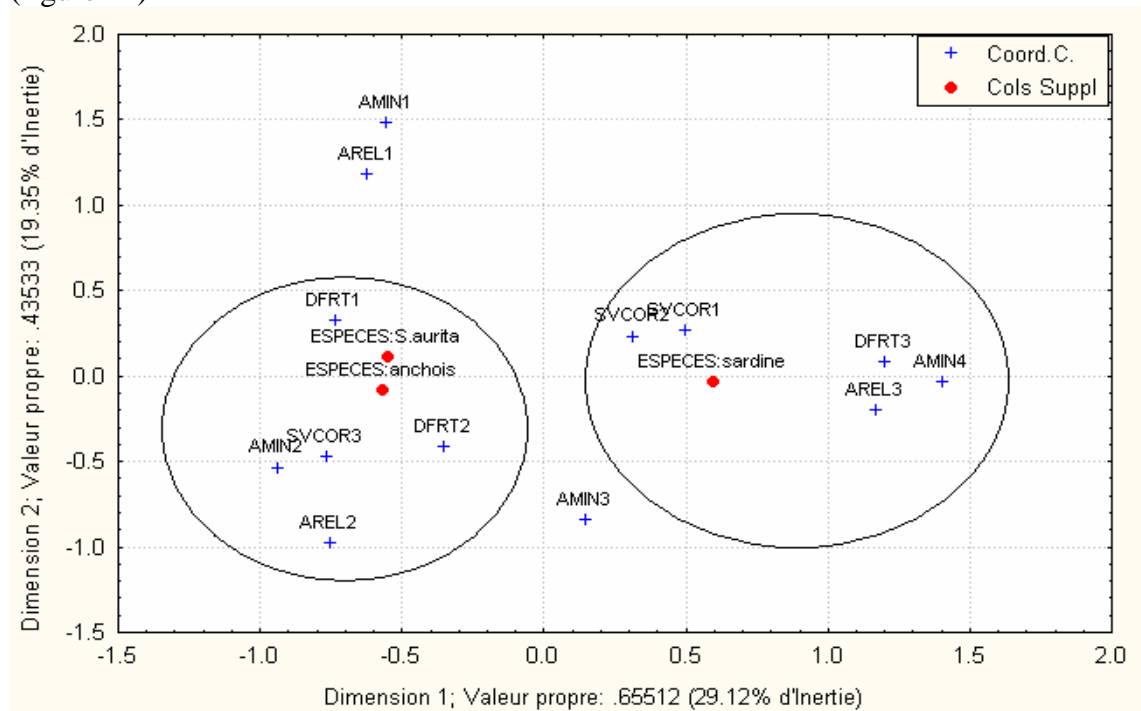


Figure 21: Tracé en 2D de l'analyse de coorespondance multiple sur le tableau de Burt (13X13) des coordonnées lignes et colonnes des paramètres spécifiques des bancs de *Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus* et *Engraulis encrasicolus*

Les paramètres des bancs qui contribuent le plus à la formation du premier axe sont d'une part AMIN4, DFRT3, AREL3 et dans une moindre mesure SVCOR1 et SVCOR2 lesquelles sont corrélées positivement avec la sardine et d'autre part AMIN2, SVCOR3, DFRT1 et dans une

moindre mesure DFRT2 lesquels sont corrélés positivement avec les bancs de la sardinelle ronde et de la sardine. Les bancs de sardine sont caractérisés par une irrégularité des contours, une faible densité et ont une aire plus grande que les bancs de sardinelles et d'anchois. Ces derniers sont plus côtiers et présentent des contours réguliers et des densités plus forte que ceux de la sardine.

Les coordonnées colonnes et les contributions à l'inertie de la table de Burt sont présenté au tableau 11.

Les corrélations les plus fortes sur la dimension 1 sont respectivement les paramètres AREL3, DFRT3 et AMIN4 tandis que les plus faibles sont SVCOR2 et AMIN3. Les paramètres qui constituent le plus la dimension 2 sont AMIN1, AREL1 et AREL2. Cette dimension peut être assimilée aux valeurs extrêmes des paramètres morphométriques des bancs monospécifiques.

Tableau 10: Valeurs Propres et Inertie de toutes les Dimensions (Inertie totale = 2.25)

	Singul.	ValPropr_Singul.	%age_Inertie	%age_Cumulé
1	0.809	0.655	29	29
2	0.660	0.435	19	48
3	0.552	0.305	14	62
4	0.514	0.264	12	74
5	0.453	0.205	9	83
6	0.392	0.154	7	90
7	0.334	0.112	5	95
8	0.307	0.094	4	99
9	0.160	0.026	1	100

Tableau 11: Coordonnées Colonnes et Contributions à l'Inertie de la table de Burt (13x13)

	Numéro	Coord._Dim.1	Coord._Dim.2	Masse	Qualité	Inertie_Relative	Inertie_Dim.1	Cosinus²_Dim.1	Inertie_Dim.2	Cosinus²_Dim.2
AMIN1	1	-0.5561	1.4810	0.0595	0.7821	0.0847	0.0281	0.0966	0.2999	0.6854
AMIN2	2	-0.9402	-0.5340	0.0679	0.4356	0.0810	0.0916	0.3293	0.0445	0.1063
AMIN3	3	0.1432	-0.8392	0.0595	0.2265	0.0847	0.0019	0.0064	0.0963	0.2201
AMIN4	4	1.4006	-0.0311	0.0631	0.6626	0.0831	0.1889	0.6622	0.0001	0.0003
AREL1	5	-0.6222	1.1832	0.0798	0.8373	0.0757	0.0471	0.1814	0.2565	0.6559
AREL2	6	-0.7569	-0.9784	0.0774	0.6859	0.0767	0.0677	0.2568	0.1701	0.4291
AREL3	7	1.1652	-0.2010	0.0929	0.8262	0.0698	0.1924	0.8023	0.0086	0.0239
DFRT1	8	-0.7370	0.3253	0.0869	0.3458	0.0725	0.0720	0.2894	0.0211	0.0564
DFRT2	9	-0.3560	-0.4119	0.0845	0.1514	0.0735	0.0164	0.0647	0.0329	0.0867
DFRT3	10	1.1981	0.0833	0.0786	0.6611	0.0762	0.1722	0.6579	0.0013	0.0032
SVCOR1	11	0.4975	0.2703	0.0845	0.1637	0.0735	0.0319	0.1264	0.0142	0.0373
SVCOR2	12	0.3132	0.2325	0.0786	0.0697	0.0762	0.0118	0.0450	0.0098	0.0248
SVCOR3	13	-0.7670	-0.4731	0.0869	0.4327	0.0725	0.0780	0.3135	0.0447	0.1192
S.aurita		-0.5540	0.1133		0.1402			0.1345		0.0056
anchois		-0.5707	-0.0844		0.0882			0.0863		0.0019
sardine		0.5938	-0.0347		0.3341			0.3330		0.0011

Tableau 12: Table de Burt (13 X 13) des paramètres des bancs de *Sardinella aurita*, *Sardina pilchardus* et *Engraulis encrasicolus*

	S.aurita	anchois	sardine	AMIN1	AMIN2	AMIN3	AMIN4	AREL1	AREL2	AREL3	DFRT1	DFRT2	DFRT3	SVCOR1	SVCOR2	SVCOR3
S.aurita	64															
anchois	0	44														
sardine	0	0	102													
AMIN1	24	13	13	50												
AMIN2	23	17	17	0	57											
AMIN3	17	14	19	0	0	50										
AMIN4	0	0	53	0	0	0	53									
AREL1	29	19	19	45	22	0	0	67								
AREL2	28	21	16	5	35	25	0	0	65							
AREL3	7	4	67	0	0	25	53	0	0	78						
DFRT1	32	19	22	29	27	14	3	35	30	8	73					
DFRT2	26	19	26	13	28	22	8	24	30	17	0	71				
DFRT3	6	6	54	8	2	14	42	8	5	53	0	0	66			
SVCOR1	18	11	42	20	10	18	23	25	11	35	8	28	35	71		
SVCOR2	21	11	34	15	11	17	23	21	14	31	27	14	25	0	66	
SVCOR3	25	22	26	15	36	15	7	21	40	12	38	29	6	0	0	73
Total	320	220	510	250	285	250	265	335	325	390	365	355	330	355	330	365

3.3.3.2. Analyse discriminante

Pour discerner les variables redondantes ou qui n'ont pas d'intérêt dans l'analyse discriminante, on a tracé le nuage catégorisé des paramètres descriptifs deux à deux. Ceci nous a permis de sélectionner les variables les plus pertinentes en terme d'analyses.

L'analyse discriminante incrémentielle ascendante a été appliquée aux paramètres des bancs monospécifiques des trois espèces. Le modèle ainsi construit, appliqué au jeu de données des paramètres des bancs monospécifiques est présenté aux tableaux 13 et 14. Le tableau 13 correspond aux paramètres pris en compte dans le modèle c'est-à-dire ceux qui contribuent le plus à discriminer entre les trois espèces, alors que le tableau 14 correspond aux autres paramètres.

A cet égard, les paramètres significatifs ($p < 0.05$) qui contribuent le plus à la discrimination entre les bancs monospécifiques sont AMIN (altitude minimale), AREL (altitude relative), HCOR (Hauteur corrigée) et SIGMA-AG (Indice de réflexion multiple).

Les coefficients b (et des β standardisés) sont récapitulés au tableau 15. En se basant sur les coefficients β standardisés, on peut estimer que les variables qui ont une forte contribution à la discrimination entre les groupes sont AMIN et AREL. La figure 26 met en évidence que ces deux fonctions discriminant deux groupes en traçant les projections des observations individuelles sur les deux fonctions discriminantes. Ainsi, l'analyse discriminante a permis de discriminer d'une part la sardine et de l'autre part la sardinelle ronde et l'anchois.

Une autre manière d'identifier les variables qui "marquent" ou définissent une analyse discriminante particulière consiste à examiner la structure factorielle. Les coefficients de la structure factorielle, qui représentent les corrélations entre les variables incluses dans le modèle et les fonctions discriminantes, sont présentés aussi dans le tableau 15. Toutefois, ces coefficients ne nous renseignent pas sur les groupes que les fonctions respectives discriminent. Les coefficients de structure factorielle sont les corrélations entre les variables présentes dans le modèle et les fonctions discriminantes.

Un autre objectif majeur de l'analyse discriminante consiste à établir une classification prédictive des observations. Une fois qu'un modèle a été finalisé et que les fonctions discriminantes ont été déduites, comment pouvons nous prévoir à quel groupe particulier une observation appartient ? L'analyse discriminante va automatiquement calculer les fonctions de classification. Les fonctions de classification peuvent être utilisées pour déterminer à quel groupe chaque observation a le plus de chance d'appartenir. La matrice de classification des bancs monospécifiques est présentée au tableau 16. Les bancs de *Sardinella aurita* et de *Sardina pilchardus* sont les mieux classifiés avec 69 et 67% des observations respectives.

La classification peut aussi se baser sur la distance de Mahalanobis des centroïdes de groupes ou centres de gravité. Pour chaque observation, le logiciel calcule les distances de Mahalanobis (tableau 17) de chacune des observations aux centroïdes de groupes. La classification est effectuée à la base des observations dans le groupe dont elles sont les plus proches, c'est-à-dire là où la distance de Mahalanobis est la plus faible. La plus grande distance obtenue est 3,39 entre la sardine et l'anchois. Ceci est en accord avec le schéma de distribution établie dans la ZEE mauritanienne. En effet, l'anchois présente une distribution très côtière par rapport à la sardine.

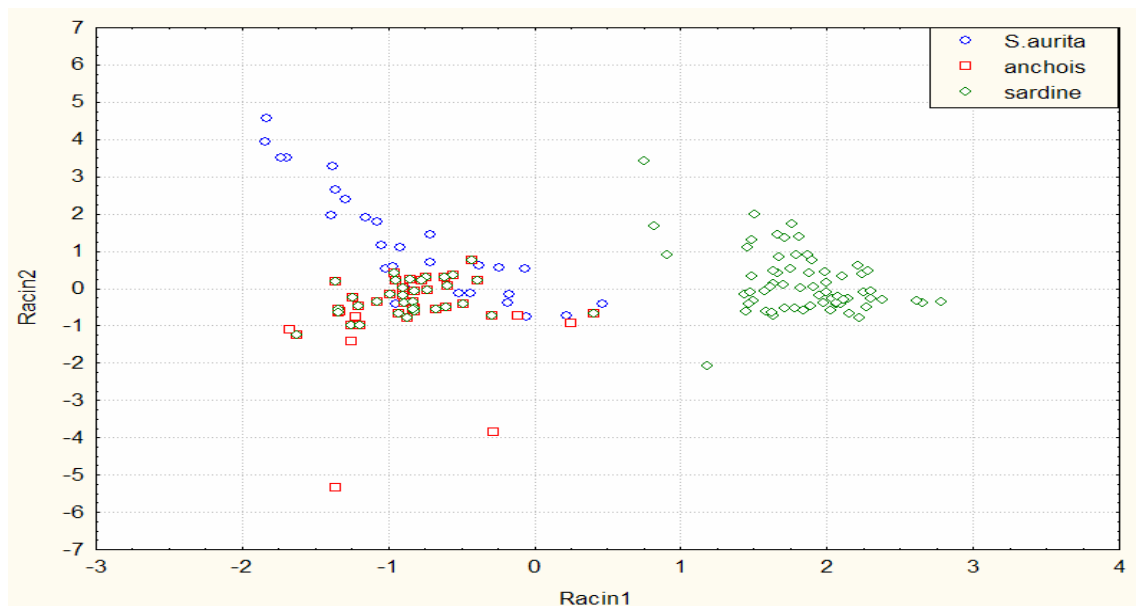


Figure 22: Distribution des points selon les deux racines canoniques

Tableau 13: Synthèse des paramètres des bancs retenus dans le modèle de l'analyse discriminante

	WilksLambda	Partiellambda	F d'excl(2,201)	niveau p	Tolér.	1-Tolér.(R ²)
AMIN	0.596	0.857	16.730	0.000	0.067	0.933
AREL	0.539	0.949	5.437	0.005	0.029	0.971
HCOR	0.543	0.940	6.403	0.002	0.636	0.364
SIGMA_AG	0.529	0.966	3.483	0.033	0.502	0.498
PMIN	0.520	0.982	1.800	0.168	0.089	0.911
DFRT	0.519	0.985	1.561	0.212	0.663	0.337
VMOY	0.516	0.990	1.063	0.347	0.380	0.620

Tableau 14: Synthèse des paramètres des bancs non retenus dans le modèle de l'analyse discriminante

	WilksLambda	Partiellambda	F d'excl(2,201)	niveau p	Tolér.	1-Tolér.(R ²)
ELON	0.510	0.999	0.121	0.886	0.635	0.365
ETYPE	0.510	0.998	0.168	0.845	0.313	0.687
LCOR	0.510	0.999	0.125	0.883	0.457	0.543
AREACOR	0.509	0.996	0.448	0.639	0.373	0.627
PERIMCOR	0.509	0.996	0.406	0.667	0.494	0.506
SVCOR	0.511	1.000	0.013	0.987	0.192	0.808

Tableau 15: Coefficient (brut et standardisés) et structure factorielle des corrélations

Variables/racines canoniques

	Coefficients Bruts		Coefficients Standardisés		Corrélations Variables/Racines Canoniques	
	Racin1	Racin2	Racin1	Racin2	Racin1	Racin2
AMIN	0.192	0.103	2.150	1.156	0.873	-0.004
AREL	-0.076	-0.084	-1.778	-1.961	0.619	-0.027
HCOR	-0.009	0.328	-0.027	0.981	-0.121	0.654
SIGMA_AG	-0.713	-4.128	-0.134	-0.777	-0.141	-0.303
PMIN	-0.058	-0.122	-0.479	-1.006	-0.280	-0.070
DFRT	1.564	-0.705	0.225	-0.102	0.615	-0.104
VMOY	19.038	1.505	0.252	0.020	-0.283	-0.288
Constante	-0.794	3.705				
Val.Prop	0.766	0.108	0.766	0.108		
Prop.Cum	0.876	1.000	0.876	1.000		

Tableau 17: Matrice de Classification;

	Total	S.aurita p=.30476	anchois p=.20952	Sardine p=.48571
S.aurita	69	44	12	8
anchois	41	22	18	4
sardine	67	22	12	68
%	62	88	42	80

Tableau 16: Distance de Mahalanobis au carré

	S.aurita	anchois	sardine
S.aurita	0	0.87	3.20
anchois	0.87	0	3.39
sardine	3.20	3.39	0.00

3.3.4. structuration

L'analyse des données acoustiques du N/O Dr Fridtjof Nansen pour l'année 1995 met en évidence une portée de 10 milles nautiques (figure 23).

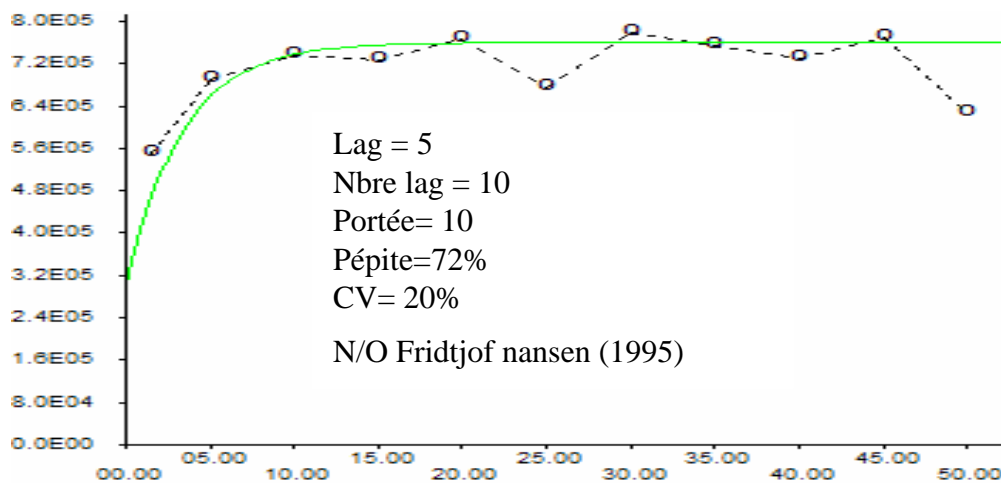


Figure 23: Modèle exponentiel ajusté aux données du N/O Dr Fridtjof nansen (novembre 1995)

Ce résultat concorde avec ceux obtenus par Gerlotto au Sénégal où la portée est estimée aussi à 10 milles nautiques. Cependant, d'autres études effectuées sur les données aussi au Sénégal

ont mis en évidence une distance d'autocorrélation de 3 à 7 milles nautiques (Petitgas et Levenez , 1996). Le choix de la distance inter-radiale est tributaire de la portée à laquelle les données sont autocorrélées (extrapolation).

La figure 24 met en évidence la structuration de la distribution des valeurs de s_A durant la campagne du N/O Al-Awam de mars 2003. Il ressort que 7 valeurs représentent 25 % des contribution et 50 valeurs représentent 70 % de la contribution au s_A total.

Les variogrammes ont été calculés sur les données de s_A total de cette campagne pour trois cas de figure (s_A total, $s_A < 20000$ et $s_A < 49000$). Le modèle ajusté aux données est le modèle sphérique. Les variogrammes sont présentés à la figure 25. Il ressort que la portée des trois variogrammes se situe à 5 à 6 milles nautique. On se rapproche des valeurs obtenues par Petitgas et Levenez (1996). Logiquement, l'élimination des fortes valeurs diminue fortement la variance et l'effet de pépite.

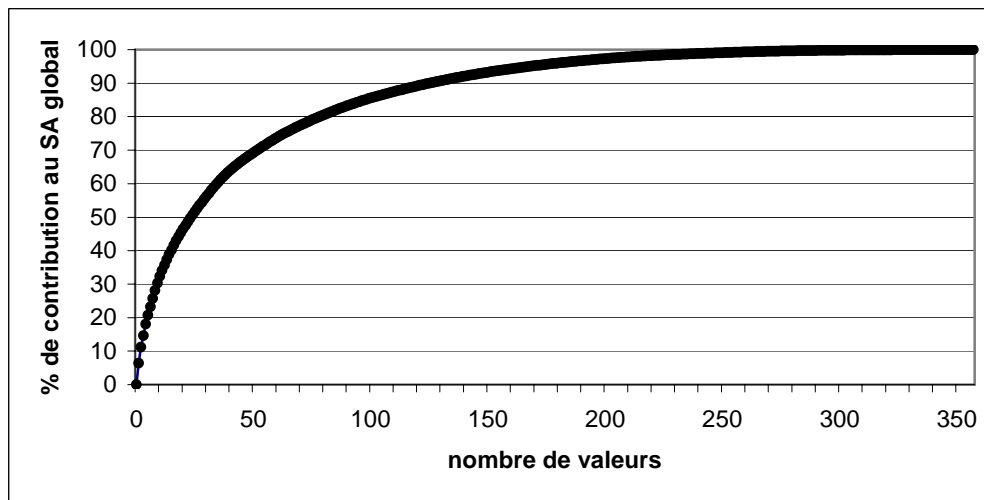


Figure 24: Structuration des valeurs de s_A (m^2/nm^2) de la campagne acoustique de mars 2003

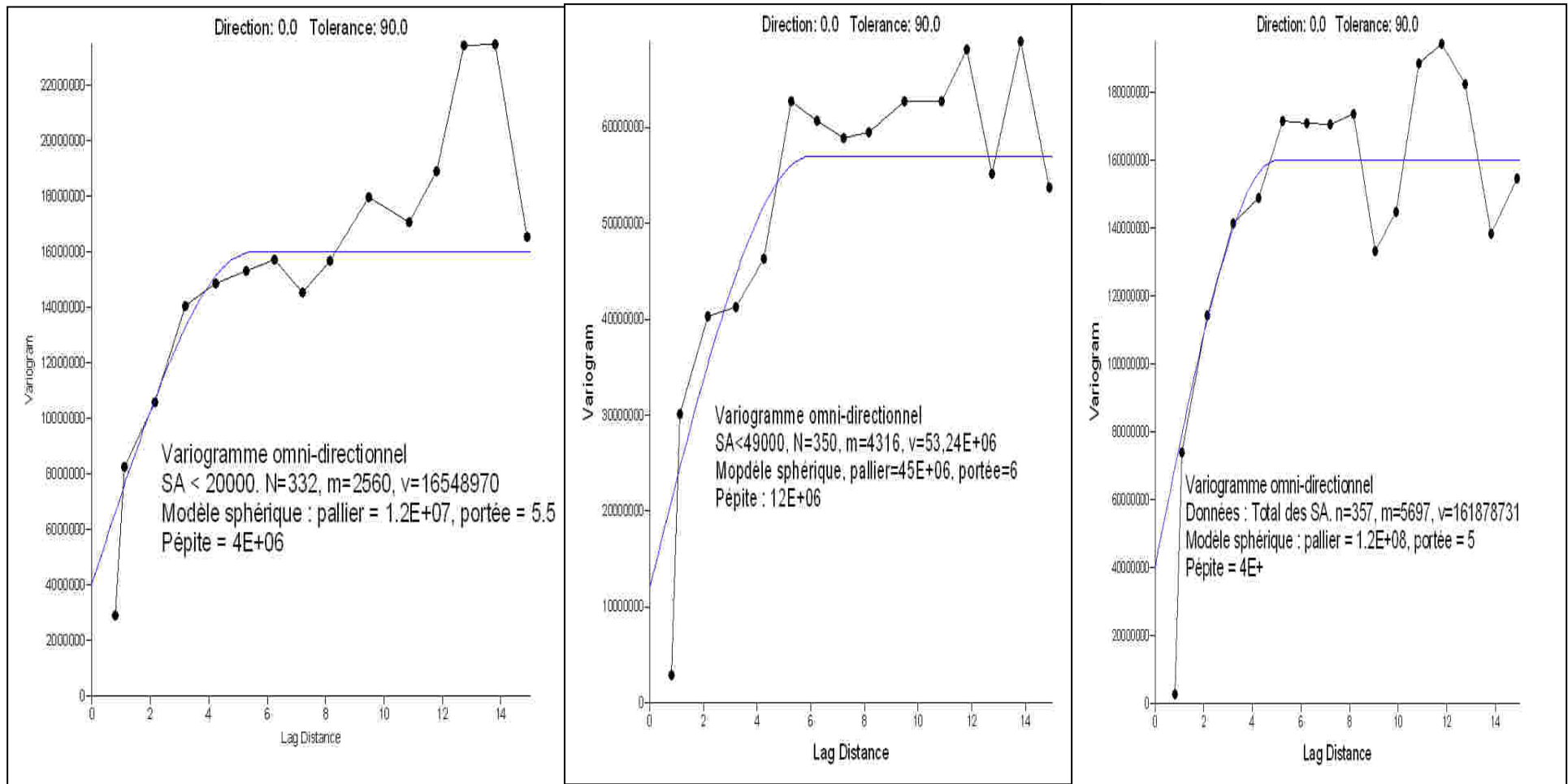


Figure 25: Variogrammes de la distribution des valeurs de s_A pour 3 cas de figure (données totales, $s_A < 20000$ et $s_A < 49000$ (AWAM mars 2003

4. DISCUSSION

Il ressort de ces résultats de l'estimation de biomasse, à la lumière de la série de données du N/O Dr Fridtjof Nansen, que la prospection jour et nuit montre un niveau de biomasse plus important durant la nuit, notamment dans les strates côtières et intermédiaires. En effet, il est mis en évidence que les bancs de poissons pélagiques se dispersent la nuit et se mélangent au plancton (la différenciation poisson/plancton devient quasiment impossible) et aux organismes divers qui remontent durant la nuit (Massé, 1996). En effet, il est mis en évidence une remontée de petits organismes et une dispersion des bancs durant la nuit. Ceci a pour conséquence d'augmenter les valeurs d'énergies rétrodiffusées. Au large, l'effet est moins important. Cependant, on observe aussi une remontée de la couche de diffusion profonde DSL (deep scatter layer) jusqu'à 50 à 150 m de la surface. Dans la zone nord, l'activité biologique intense induite par un upwelling permanent et la topographie du plateau entraîne une forte variabilité jour et nuit dans les valeurs moyennes des énergies S_A .

La classification des écotraces notamment des bancs pourra améliorer l'identification. Ceci diminuera le biais lié à l'allocation des valeurs de S_A entre les espèces en présence. Bien que le nombre de bancs monospécifique soit limité, l'application d'une analyse en correspondance multiple suivi d'une analyse discriminante permet de classer d'une part les bancs de sardinelles et anchois et d'autre part de ceux de la sardine. Etant donné que le chalutage se fait sur une tranche d'eau "particulière", la méthode d'étiquetage des bancs en espèces n'est pas rigoureuse du fait que les bancs sont distribués dans toutes les tranches de profondeur. Nous avons eu recours à cette méthode afin d'avoir un nombre de bancs statistiquement analysable. Par conséquent, il y a eu un biais lié à l'étiquetage des bancs. Un meilleur étiquetage des bancs correspondant aux tranches de profondeurs chalutés devra, à terme, permettre de mieux discriminer les paramètres spécifiques des bancs. Le modèle devra être testé sur un autre jeu de données avant d'être validé. De nouvelles perspectives s'offrent à travers l'analyse multi-fréquence surtout au niveau de l'identification des bancs et de la discrimination du plancton.

En Mauritanie, la répartition géographique des stocks est relativement hétérogène au niveau composition des espèces et des tailles. De ce fait, l'effort de chalutage (mesures biologiques) doit être augmenté. Les chalutages de nuit pourraient être plus représentatifs que ceux de jour du fait que le jour l'évitement des bancs constitue une source de biais importants et que de nuit les espèces sont mélangées (meilleur échantillonnage de la biodiversité).

La distribution spatiale des biomasses pélagiques est caractérisée par plusieurs facteurs qui peuvent être géographiques (répartition plane des concentrations, cartographie) ou structuraux (formation en bancs, en agrégation, etc....) et ceci à différentes échelles (Gerlotto, 1993). Les informations sur ces structures sont importantes notamment pour définir les biais qu'elles peuvent introduire dans les catégories et pour définir les meilleures méthodes de prospection et des schémas d'échantillonnage adaptés. Petitgas et Lévénéz (1996) ont calculé des variogrammes d'indicateurs de présence de bancs dans un ESDU à l'aide des données des 4 campagnes au Sénégal sélectionnées en fonction des valeurs de densité (faible, moyennes et forte). Ils ont alors fait l'hypothèse que si les écotypes les plus structurants sont correctement échantillonnés dans les situations les plus contrastées du jeu de données, alors le schéma d'échantillonnage pouvait se justifier dans toutes les autres situations où la structuration spatiale est moindre.

Ils ont montré à la fois que (i) la présence de bancs est organisée spatialement en regroupements ou grappes (cluster) et quelle que soit la biomasse détectée au cours des campagnes, la taille des regroupements de bancs a des dimensions constantes (portée du variogramme) et le nombre de bancs par unité de surface reste constant (pallier du variogramme). Ces dimensions constantes ont été mises en évidence sur les données de densité s_A de la campagne de mars 2003 du N/O Al-Awam

L'application des outils géostatistiques nous a permis de calculer les paramètres statistiques de la variable (densité de poissons), étudier la structure spatiale et déduire un modèle et finalement calculer la variance de l'estimation en utilisant les modèles sphérique et exponentiel.

Les données acoustiques sont fortement dissymétriques. Les rares très fortes valeurs représentent une surface réduite et une biomasse considérable. Ceci est résumé par (Petitgas, 1991) "*On peut dire qu'un échantillonnage est efficace s'il permet d'estimer, avec une précision suffisante, la queue de l'histogramme*".

Dans les analyses géostatistiques effectuées, il n'a pas été pris en considération l'anisotropie des données. Or, l'échantillonnage en milieu aquatique met en outre l'accent sur un autre type de résolution, celle concernant la distinction des différentes directions spatio-temporelles..

Par ailleurs, l'aspect temporel augmente la variance des données. L'itinéraire crée une liaison entre l'espace et le temps et non dans l'espace seul. Ce processus a été étudié par Ibanez (1983). En effet, il est établi que la précision des données augmente avec l'augmentation de l'effort d'échantillonnage jusqu'à un palier où la précision n'est plus fonction de l'erreur sur l'espace mais de la variabilité dans le temps (Aglen, 1983; Gerlotto et Stequert, 1983). Non seulement le resserrement des radiales n'apportera pas de précision supplémentaire, mais au contraire l'augmentation du temps entre les échantillonnages de deux points séparés d'une même distance augmentera la variabilité. Ce phénomène est quasi universel dans les études d'échointégration lorsque les densités sont observées sur un plateau continental de forme plus ou moins linéaire (Gerlotto, 1993). En règle générale, le critère de répartition des poissons est corrélé avec la bathymétrie qu'elle qu'en soit la raison réelle. Les analyses devraient gagner en pertinence en utilisant des variogrammes directionnels orientés côte-large plutôt qu'en utilisant comme ici des variogrammes omnidirectionnels. En effet, les poissons pélagiques dans la zone mauritanienne présentent une distribution côtière.

Cependant, les deux campagnes considérées des N/O Fridtjof Nansen et Al-Awam ont été effectuées durant deux périodes différentes (saison froide et saison chaude). Ce qui nous amène à juger que les variogrammes calculés pour les deux navires ne sont pas comparables du fait qu'ils reflètent deux situations différentes au niveau de la structuration spatiale des détections.

La zone mauritanienne est caractérisée par la présence de plusieurs espèces à affinités tropicales et tempérées dont la distribution géographique est déterminée par plusieurs processus hydrométéorologiques et physiques notamment le balancement du front inter-tropical. Le contraste saisonnier, au niveau de la zone mauritanienne, milite pour une double prospection annuelle afin de déceler les signaux saisonniers durant les séries pluriannuelles. L'estimation ne pourra être fiable que si l'aire des stocks pélagiques est couverte. Ceci requiert une harmonisation des recherches en général et en particulier sur les méthodologies de prospection au niveau des trois pays comme préalable à une gestion commune de ces stocks partagés.

CONCLUSION

L'utilisation d'une méthodologie d'estimation de biomasse, sur les données de la campagne de mars 2003, a permis d'estimer les biomasses spécifiques par strates plus ou moins homogènes au niveau composition spécifique et de quantifier le coefficient de variation de l'identification pour chaque espèce et dans chaque strate.

Ce travail a permis de quantifier les sources de variabilité d'estimation de biomasse liées d'une part à l'identification des écotraces (postratification) et d'autre part à la distribution fortement dissymétrique des valeurs d'énergies s_A (indice de réverbération par mille nautique carré) à travers la méthode géostatistique.

L'analyse des correspondances multiples suivie d'une analyse discriminante sur les paramètres des bancs a permis de discriminer d'une part l'espèce de sardine et d'autre part la sardinelle ronde et l'anchois. Cette méthode aiderait à mieux discriminer ces trois espèces dont les aires de répartition se chevauchent et par conséquent diminuer le biais lié à l'identification. De nouvelles perspectives s'offrent à travers l'analyse multi-fréquence surtout au niveau de l'identification des bancs et discrimination du plancton.

L'analyse de variance appliquée à la série des données acoustique du N/O Dr Fridtjof Nansen dans la zone mauritanienne montre un effet significatif de l'effet jour et nuit qui se traduit par une estimation supérieure des valeurs de s_A durant la nuit notamment près de la côte. Ceci démontre qu'en terme de stratégie de campagnes acoustiques futures, l'exploitation des données de jour et de nuit devra se faire séparément. Cependant, pour optimiser les jours de mer dont le coût est prohibitif, il est recommandé de privilégier durant la journée la prospection et de réserver la nuit aux chalutages et aux stations hydrologiques.

Les analyses géostatistiques effectuées sur les données d'énergies s_A de deux campagnes acoustiques effectuées par les N/O Al-Awam et le "Dr Fridtjof Nansen" mettent en évidence respectivement des autocorrélations de 6 à 7 et de 10 milles nautiques. Ce résultat milite pour la diminution des inter-radiales durant les campagnes de prospection acoustique dans la zone mauritanienne

L'objectif principal des campagnes acoustiques d'estimation des biomasses ne doit pas nous faire perdre de vue les différents processus sous jacents qui gouvernent les fluctuations des ressources pélagiques (recrutement, upwelling, hydro-météorologie...etc.). L'écosystème pélagique de la ZEE mauritanienne est structuré dans l'espace-temps. Afin d'évaluer les aspects dynamiques, les prochaines campagnes acoustiques gagneraient en terme de compréhension du fonctionnement de l'écosystème en adoptant une approche écosystémique du biotope pélagique.

SOMMAIRE

Introduction	1
1. Cadre physique et biologique	3
1.1. Upwelling et Hydroclimat	3
1.2. Le peuplement pélagique	4
2. Matériel et méthode	6
2.1. Matériel	6
2.1.1. Campagnes acoustiques du N/O "Dr Fridtjof Nansen"	6
2.1.2. Campagnes du N/O Al Awam	6
2.1.2.1. Navire	8
2.1.2.2. Matériel de pêche	8
2.1.2.3. Echosondeur	8
2.2. Méthodes	8
2.2.1. Logiciel "MOVIES+"	8
2.2.2. Logiciel "FishView"	9
2.2.3. Mise en forme des données	9
2.2.3.1. Contrôle des données acoustiques	9
2.2.3.2. Saisie et contrôle des données biologiques (pêches)	9
2.2.4. Traitement des données	10
2.2.4.1. Echointégration par tranches,	10
2.2.4.3. Cartographie,	13
2.2.4.4. Méthode d'estimation de biomasse	13
2.2.4.5. Méthodes statistiques	14
2.2.4.5.1. Statistiques descriptives:	15
2.2.4.5.2. ANOVA (Analyse de la variance)	15
2.2.4.5.3. Analyse des Correspondances Multiples (ACM)	15
2.2.4.5.4. Analyse discriminante	16
2.2.4.5.5. Géostatistique	17
3. Résultats	18
3.1. Biomasses	18
3.1.1. N/O "Dr Fridtjof Nansen"	18
3.1.2. N/O Al-Awam	19
3.2. Statistiques descriptives	20
3.3. Distribution spatiale	25
3.3.1. Distribution géographique et bathymétrique (Fridtjof Nansen)	25
3.3.2. Caractérisation des agrégations (Al-Awam)	27
3.3.3. Classification des bancs acoustiques:	31
3.3.3.1. Analyse des correspondances multiples	31
3.3.3.2. Analyse discriminante	34
3.3.4. Structuration	36
4. Discussion	39
Conclusion	41

Liste des tableaux

Tableau 1: Synthèse de la distribution des principales espèces de petits pélagiques dans la région et la ZEE mauritanienne.....	5
Tableau 2: Tranches de surface et de fond adoptées en échantillonnage par tranches.....	10
Tableau 3: Paramètres spécifiques de relation taille poids et de l'équation de TS (index de réflexion) utilisés dans l'estimation de biomasse.	14
Tableau 4: Codification des variables des bancs de l'ACM.....	16
Tableau 5: Energies exprimées en S_A (m^2/nm^2) et superficie des strates de la campagne acoustique du N/O Al-Awam de mars 2003	19
Tableau 6: Estimation des biomasses (tonnes) spécifiques par strates de la campagne acoustique du N/O Al-Awam de mars 2003	20
Tableau 7: moyennes de quelques paramètres descriptifs des bancs monospécifiques.....	20
Tableau 8: Analyse de variance multiple appliquée à la série des données du Nansen.....	26
Tableau 9: Analyse de variance multiple appliquée aux différents paramètres des bancs monospécifiques	28
Tableau 10: Valeurs Propres et Inertie de toutes les Dimensions (Inertie totale = 2.25).....	32
Tableau 11: Coordonnées Colonnes et Contributions à l'Inertie de la table de Burt (13x13)..	32
Tableau 12: Table de Burt (13 X 13) des paramètres des bancs de <i>Sardinella aurita</i> , <i>Sardina pilchardus</i> et <i>Engraulis encrasicolus</i>	33
Tableau 13: Synthèse des paramètres des bancs retenus dans le modèle de l'analyse discriminante	35
Tableau 14: Synthèse des paramètres des bancs non retenus dans le modèle de l'analyse discriminante.....	35
Tableau 15: Coefficient (brut et standardisés) et structure factorielle des corrélations.....	36
Tableau 17: Matrice de Classification;.....	36

Liste des annexes

<i>Annexe 1:</i> Schéma de migration des espèces pélagiques dans la région nord ouest africaine (Garcia et Fréon, 1979).....	I
<i>Annexe 2:</i> Quelques images des échogrammes de la campagne acoustiques du N/O Al-Awam.....	II
<i>Annexe 3:</i> Définitions et symboles standard en acoustique halieutique.....	III
<i>Annexe 4:</i> Formules utilisées dans le processus d'estimation de biomasse par strates en utilisant les logiciels Movies+ et FishView	IV
<i>Annexe 5:</i> Rapport de pêche de quelques stations échantillonnées de la campagne acoustique de mars 2003 (Al-Awam).....	V
<i>Annexe 6:</i> Estimation des biomasses en tonnes en zone nord des espèces cibles principales durant la campagne acoustique de mars 2003.....	VI