

Université de Montpellier II Sciences & Techniques du Languedoc-Roussillon

**Maîtrise de Biologie des Populations et des écosystèmes,
option : *Ecologie & valorisation des milieux aquatiques*
Mémoire d'initiation à la recherche
Année 1995 - 1996**

**DYNAMIQUE ET STRUCTURATION SPATIALE DES
BANCS DE POISSONS PELAGIQUES COTIERS OBSERVES
PAR ACOUSTIQUE SOUS-MARINE
AU SENEGAL**

Par :

Patrice Brehmer

Réalisé sous la direction de François Gerlotto

Présenté le : 18 juin 1995

***Laboratoire : ECOPPEX (Eco-éthologie des petits Poissons Pélagiques Exploités)
UR 15, ORSTOM, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France
Navire océanographique Antéa (ORSTOM-Abidjan)***

DYNAMIQUE ET STRUCTURATION SPATIALE DES BANCS DE POISSONS

PELAGIQUES COTIERS

OBSERVES PAR ACOUSTIQUE SOUS-MARINE AU SENEGAL

- Par : Patrice Brehmer.
- Réalisé sous la direction de François Gerlotto.

O.R.S.T.O.M (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération).
Département H.E.A (Halieutique et Ecosystème Aquatique) ;UR 15 (ressources marines vivantes : dynamique et usage).

Laboratoire **ECOPPEX** (Eco-éthologie des Petits Poissons Pélagiques Exploités).

ORSTOM, BP 5045, 34032 Montpellier, France.

Le navire océanographique **Antéa**

En collaboration avec:

L' ORSTOM de Dakar-Hann, BP 1306 , Dakar, Sénégal.

Le Centre de Recherche Océanographique de Dakar-Thiaroye , l'Institut Sénégalais de recherche agricole (CRODT/ISRA), BP 2241, Dakar, Sénégal .

La FLASA (Fundación La Salle) de ciencias naturales ,final calle colon Punta de Piedras .Isla de Margarita- Venezuela.

SOMMAIRE

	Pages
1 — INTRODUCTION	1
2 — SONAR ET ACOUSTIQUE (AVANT PROPOS)	
NOTION D'ACOUSTIQUE SOUS-MARINE	
2.1 La propagation du son dans l'eau	
2.2 Le transducteur, principe et fonctionnement	
2.3 Le sonar	
2.3.1 Le sonar multifaisceaux	
3 — MATÉRIEL ET MÉTHODE	2
3.1 Récolte des données	2
3.2 Tri et dépouillement des données	2
3.2.1 <i>Première manipulation</i>	
3.2.2 <i>Deuxième manipulation</i>	
3.2.3 <i>Troisième manipulation</i>	
3.3 Traitement des données	3-4
4 — RÉSULTATS	5
4.1 Distribution spatiale des bancs	5
4.1.1 <i>Nombre de bancs au km²</i>	
4.1.2 <i>Vitesse d'exploration</i>	
4.1.3 <i>Distribution horizontale des bancs sur la zone d'observations</i>	
4.2 Dynamique des bancs de poissons (sans stimuli externe)	6
4.2.1 <i>Vitesse moyenne</i>	
4.2.2 <i>Vitesse d'exploration</i>	
4.2.3 <i>Direction globale des bancs</i>	
4.3 Réaction d'un banc face au bateau	6
5 — INTERPRÉTATION - DISCUSSION	7
5.1 Variation de la distribution spatiale des bancs détectés au sonar	7
5.2 Dynamique horizontale des bancs	8
5.3 L'évitement latéral	8
6 — CONCLUSION	9

Je tiens à remercier toute l'équipe du laboratoire ECOPPEX pour son accueil, F. Gerlotto pour m'avoir accueilli dans son laboratoire et dans sa cabine . M. P. Petitgars et L. Gonzalés pour m'avoir guidé pendant les voyages d'étude de mon directeur de stage.

Je voudrais également remercier mes parents pour leur contribution financière et leur soutien ; sans oublier l'équipage de l'Antéa.

RÉSUMÉ

Ce travail représente une étude acoustique, du comportement de bancs de poissons pélagiques côtiers (tropicaux), au travers de leur dynamique et de leur structuration spatiale. Pour cela, nous avons récolté les données le long des côtes sénégalaises à l'aide du sonar multifaisceaux SIMRAD SR 240, embarqué à bord du navire océanographique ANTEA (ORSTOM) durant la campagne de prospection VARGET 1 (25/02/96 au 10/03/96). Les données acoustiques ont ensuite été dépouillées et traitées par des logiciels informatiques afin d'obtenir diverses informations telles que la distance inter-bancs, la vitesse moyenne ou d'exploration d'un banc, le nombre de bancs au km². On a aussi noté la direction de déplacement des bancs et testé leur distribution spatiale à plusieurs lois statistiques. Enfin, nous avons aussi brièvement observé le comportement des bancs face au bateau (notion d'évitement).

1 — INTRODUCTION

Les premières observations de bancs de poissons remonte à 2400 ans (par Aristote). Depuis l'on sait que l'observation et la localisation des bancs comme des poissons dans l'océan est très difficile. Avant l'arrivée de nouvelles technologies, les pêcheurs avaient leur "trucs" pour trouver les bancs. Ils observaient notamment le vol des sternes et des mouettes au-dessus de la mer, indice certain que de petits poissons regroupés en bancs se présentaient à la surface confrontés à quelques prédateurs (tel que des thons). Comme on ignorait pratiquement tout du comportement des espèces, la pêche relevait souvent d'une question de chance.

Aujourd'hui les avancées technologiques nous ont permis de beaucoup progresser. Ainsi l'écho-sondeur qui était à l'origine un instrument de navigation (l'écho réfléchi d'un faisceau d'ultrason donne la profondeur du fond) s'est transformé en outil d'observation et de localisation de bancs pour les pêcheurs et les biologistes.

Les bancs sont la structure comportementale grace à laquelle s'agrègent les petits pélagiques ; c'est sur eux que se concentre les efforts du secteur halieutique , d'ou l'importance fondamentale de savoir comment se structurent ces bancs , quelles sont leurs dynamiques et les causes comportementale du grégarisme , afin de mieu gerer ces stocks monospécifiques et de mieu comprendre comment fonctionne la peche .

Ce mémoire a été réalisé au travers d'un stage dans le cadre du programme VARGET (Orstom - UR 15) ayant pour objectif d'étudier le comportement spatial des bancs et de contribuer à constituer une base de donnée acoustique qui sera par la suite exploitable à différents niveaux (structure spatiale de *Sardinella aurita*, comportement dynamique,...). (cf. annexe n°: 19).

Le programme du stage s'est réalisé en trois étapes qui furent respectivement : la saisie, le dépouillement, puis l'analyse des données acoustiques recueillies pendant la campagne et plus particulièrement les données délivrées par le sonar multifaisceaux Simrad SR 240 de grande portée du navire océanographique ANTEA (Cf. annexe n° 4) ; lors de la campagne VARGET n°1 au Sénégal (du 15/02/96 au 10/03/96).

Le programme de prospection s'est effectué le long de la "petite côte" sénégalaise (de la presqu'île du Cap Vert à la frontière gambienne, cf. annexe n° 14), le dépouillement et l'analyse au laboratoire ECOPPEX de l'ORSTOM à Montpellier. Les données recueillies sont des relevés de bancs et des mesures de mouvement de bancs de poissons pélagiques (d'un stock tropical). Elles fourniront des informations réclamées pour le programme Varget.

L'analyse de ces données nous permettra d'entrevoir les comportements des bancs de poissons , leur agregation a grande echelle (structuration spatiale), ainsi que leur mouvement naturel (dynamique) et leur réaction face au bateau (en opération de

pêche ou tracking) ; à partir d'une présentation graphique du comportement des bancs de sardinelles (*Sardinella aurita* et *S. maderensis*) et de chinchards (*Decapteurs rhonchus* et *Trachurus trecae*) enregistré par le sonar durant la campagne.

3 — MATÉRIEL ET MÉTHODE

3.1 RECOLTE DES DONNEES

Les observations ont été effectuées à partir du sonar multifaisceaux de longue portée SIMRAD SR 240, à une échelle de 2400 mètres de rayon et une fréquence de 24 KHZ, en mode omni, enregistré en permanence par une caméra relié à un magnétoscope VHS. Suivant les expérimentations, le bateau était en dérive ou à faible vitesse. On observe de nombreux bruits parasites (échos de fond, vagues...), mais en général ces bruits peuvent s'éliminer par un réglage adéquat des filtres du sonar, ou par une observation attentive. Ces détections ne s'assimilent pas à un banc de par leur comportement et leur taille sur l'écran du sonar.

Le SR 240 possède 256 transducteurs répartis autour d'une sphère placée sous l'avant de la coque du bateau envoyant des faisceaux formant un angle de 360° autour du navire ayant tous le même angle d'émission (ou tilt angle), que l'on peut comparer à un parapluie (cf. annexe n° 5). En règle générale, le sonar a été réglé en mode horizontal (angle maxi de 5° vers le bas).

Pendant les opérations d'enregistrement, il faut vérifier que tous les réglages restent identiques. Un joystick permet de placer des "marqueurs" (géographiques) qui sont en fait des relevés GPS permettant d'avoir des repères géographiquement stables par rapport au mouvement relatif du bateau et des bancs de poissons ; servant ensuite lors du dépouillement des données.

Les enregistrements sont synchronisés avec d'autres équipements afin d'avoir un repère temporel (l'heure n'étant pas affichée sur le SR 240), de plus un microphone a permis d'ajouter des commentaires sur la bande son de l'enregistrement VHS du SR 240.

3.2 TRI ET DEPOUILLEMENT DES DONNEES

Trois manipulations ont été réalisées.

3.2.1 Première manipulation

Le travail de cette étude repose essentiellement sur un enregistrement effectué pendant que le bateau était à l'arrêt (le 7 février 1996) durant une période de 4h15, 270 bancs ont été répertoriés et replacés dans un repère orthonormé fabriqué à partir de 2 "marqueurs" (relevé GPS) reconnus sur l'écran du sonar. Un inventaire systématique de la position des bancs toutes les quinze minutes a donc été réalisé sur cette période sur une surface représentant un disque de 2400 mètres de rayon soit 18,09 km².

Le fait que le bateau soit à l'arrêt et que le sonar soit réglé en grande portée nous permet de garder, sur l'écran du sonar, les mêmes relevés GPS tout le long de la manipulation, le bateau dérivant relativement peu. Tous les bancs sont donc relevés dans le même repère orthonormé, que l'on trace sur un transparent, ce qui permet de réutiliser le repère sur l'écran vidéo pour chaque relevé de bancs. Le repère orthonormé est réalisé en prenant un relevé GPS comme origine du repère et un autre comme une abscisse constante. L'axe des ordonnées est quant à lui tracé perpendiculairement à celui des abscisses en passant par l'origine du repère. Une fois que tous les bancs sont relevés sur le repère du transparent, on note les coordonnées X et Y de chaque banc représentant le centre de gravité de l'écho (par rapport à un plan horizontal) grâce à un compas à pointe sèche et une règle. Longueur (CW across beam dimension) et largeur (LW along beam dimension) des bancs seront aussi notés pour toutes les séries de relevés.

3.2.2 Deuxième manipulation

La seconde manipulation se base sur le même principe avec le même repère, la différence résultant du fait que l'on mesure cette fois-ci les mouvements naturels des bancs (bateau à l'arrêt sur la même zone d'observation que la première manipulation). On note donc en même temps que les coordonnées X, Y du banc considéré, le temps t, qui sépare deux relevés consécutifs d'un même banc, à partir du compteur du magnétoscope.

Le fait de travailler à grande échelle pose un problème de visualisation correcte des bancs sur l'écran vidéo : certaines images de bancs mesurent moins de 0,1 cm², et d'autres plus de 1,25 cm². Le fait de suivre les bancs de manière individuelle pose un problème dans la méthode du choix des bancs « trackés ». En effet, nombreux sont ceux qui n'ont qu'une faible "longévité" sur l'écran du sonar (l'écho des bancs disparaît) du fait qu'ils sortent des faisceaux du sonar (les bancs pouvant plonger vers le fond, remonter vers la surface ou simplement s'éloigner du bateau).

D'autres problèmes apparaissent, on observe parfois de très fortes déformations des bancs pouvant amener une erreur dans le choix du centre de gravité, ou encore l'écho du banc peut se scinder en deux parties. Afin de ne pas obtenir un échantillonnage biaisé, on fait un choix aléatoire des bancs (sans notion de forme ou de temps) que l'on observera. Un suivi visuel continu de l'écho du banc est nécessaire tout le long de la manipulation afin d'être sûr de suivre le même banc.

3.2.3 Troisième manipulation

La dernière série de données se base encore sur la même méthode que les deux précédentes, mais cette fois, on relèvera les coordonnées du mouvement d'un banc face au bateau ainsi que celles du bateau faisant route. Notons que pour cette manipulation le fait que le bateau se déplace, en opération de pêche ou de "tracking" (poursuite de

bancs) , implique un défilement des "marqueurs géographiques" (relevé GPS). On est donc obligé de créer de nouveau repère orthonormé à partir de deux nouveaux relevés GPS (placé par le manipulateur du SR 240 durant la campagne). Les différents bancs étant alors relevés à partir d'un repère spécifique à chaque banc.

3.3 TRAITEMENT DES DONNEES

Le traitement des données se fera sur ordinateur à partir des logiciels Excel 5.0, Surfer 6.0, et Statgraphics. Une fois que tous les relevés ont été transcrits (mesurés) par écrit, on place les données dans une feuille de calcul Excel. Pour la première manipulation concernant la structuration spatiale des bancs de poissons, on exporte les données initiales "d'Excel" sous "Surfer" qui nous permettra de rassembler toutes les observations dans un repère orthonormé identique afin de faciliter leur exploitation. On peut alors chercher le nombre moyen de bancs au km² pour chaque observation ; mesurer la distance moyenne inter-bancs pour chaque observation en mesurant toutes les distances qui séparent l'ensemble des bancs (cf. annexe n° 10).

Toujours à partir de ces relevés, on a cherché si la distribution spatiale des bancs obéissait à une loi particulière dans notre périmètre d'observation. Pour cela, on fabrique une grille de relevé divisant la zone d'observation en douze carrés de même côté. On relève alors pour chaque observation la présence ou l'absence de bancs pour chaque carré. A partir de ce nouveau tableau de données, on pourra tester la distribution spatiale des bancs selon diverses lois statistiques (Uniforme, Binomial, Poisson, Normal...) à l'aide du logiciel "Statgraphics".

Pour la deuxième manipulation, relative au mouvement dynamique d'un banc de poisson pélagique, on exporte aussi les données d'Excel vers Surfer 6.0 pour pouvoir les sortir sur un repère (toujours identique pour chaque observation). On peut alors mesurer les vitesses de chaque banc puisque l'on a associé un temps "t" à chaque couple de coordonnées (X, Y) . On calculera 3 types de vitesses.

La vitesse instantanée représente la distance parcourue par un banc pendant une durée d'environ 5 minutes (cette durée peut varier lorsque la localisation du centre de gravité est difficile à ce moment précis).

La vitesse moyenne représente la moyenne des vitesses instantanées.

La "vitesse d'exploration" du banc est trouvée en mesurant la distance entre la première détection du banc et la dernière, divisée par le temps total d'observation du banc au sonar. On observera aussi la direction globale de tous les bancs afin de déterminer s'il y a une migration, si tous les bancs se dirigent dans une direction privilégiée. Comme pour la première manipulation, on sortira les résultats sous forme d'histogramme (Excel).

Pour la troisième manipulation, on observera le comportement des bancs en fonction de leur réaction face au bateau en les classant selon trois critères :

- bancs en migration : s'ils se déplacent dans un même sens sans être sensibles à la présence du bateau.

- phénomène « d'Évitement » du bateau : le banc se détourne de sa trajectoire afin d'éviter le bateau.

- indéterminé : si les mouvements du banc sont incohérents (aléatoires).

4 — RÉSULTATS

4.1 DISTRIBUTION SPATIALE DES BANCs

4.1.1 Nombre de bancs au km²

La répartition moyenne des bancs sur la zone observée nous est donnée par l'histogramme 1 (cf. annexe 9).

On constate une certaine évolution de cette moyenne : augmentation progressive de la densité à partir de 06h14 à 06h59 , suivie d'un palier de 07h14 à 08h14, puis d'une diminution 08h29 à 10h14 . Le levé du soleil sur la zone a été relevé à 07h30 .

4.1.2 Distance moyenne inter-banc

Mesurée sur la même série d'observations que précédemment (même bancs, même période) ces valeurs sont donc en relation entre elles. Les distances moyennes inter-banc sont données classées par ordre croissant, par l'histogramme 2 (cf. annexe 10).

Bien que chaque observation prise séparément semble différente (cf. annexe 7 & 8) de par le nombre de bancs et leur agencement, les distances moyennes inter-banc semblent relativement stables (entre 1200 et 2000 mètres), hormis les premières et dernières classes représentant les valeurs extrêmes (680 et 2500 mètres).

4.1.3 Distribution horizontale des bancs sur la zone d'observation

On a rassemblé les angles dans 4 quadrants de 90° (A , B , C , D) . Le type de distribution des bancs en nombre par unité de surface a été codifié dans le tableau de présence et d'absence de l'annexe 11a ; puis testé à différentes lois statistiques (cf. annexe 11c) dont voici un résumé :

Note : Résultat obtenu par le logiciel Statgraphics ; les effectifs théoriques sont donnés par le nombre de bancs par observation.

<i>Type de test</i>			<i>Résultat</i>	
Test de distribution			Normal	Négatif
"	"	"	Uniforme	Négatif
Test suivant la loi de			Poisons	Négatif
"	"	"	Binomial	Négatif
"	"	"	du Chi-deux	Négatif
"	"	"	du Student's	Négatif
"	"	"	exponentiel	Négatif

La distribution des bancs ne suit apparemment aucune loi statistique usuelle. Elle n'est pas aléatoire, ni normale, ni logarithmique.

4.2 DYNAMIQUE DES BANCS DE POISSONS (sans stimuli externe)

(cf. annexe 12.b)

4.2.1 Vitesse moyenne

La vitesse moyenne des bancs sans stimuli externe (bateau à l'arrêt) est résumée sur l'histogramme 3 (annexe 12c).

Il existe une variabilité assez importante des vitesses entre chaque banc (correspondant à des observations différentes). Ainsi, on trouve un maximum de 2,3 m/s et un minimum de 0,44 m/s pour une vitesse moyenne de 1,09 m/s.

4.2.2 Vitesse d'exploration

La vitesse d'exploration d'un banc définit l'espace théorique qu'il peut occuper. (C'est la distance qu'il a parcourue entre son premier relevé et le dernier sur le sonar)

En moyenne, la vitesse d'exploration est légèrement inférieure (0,98 m/s) à la vitesse moyenne de déplacement des bancs (1,09 m/s). On note quatre cas où la vitesse d'exploration est pratiquement identique à la vitesse moyenne, ce sont les bancs qui ont une trajectoire quasi linéaire (cf. annexe). Dans la majorité des cas, cette trajectoire a un aspect plus erratique (cf. annexe 12a), la vitesse d'exploration étant alors plus nettement inférieure à la vitesse moyenne. Les cas d'égalité des deux vitesses résultent d'une apparition sur l'écran du sonar n'ayant permis d'effectuer que deux relevés de positionnement.

4.2.3 Direction globale des bancs

Tous les bancs ne se déplacent pas dans la même direction, cependant on remarque tout de même un déplacement privilégié (70 % des cas ; voire fig.1), relativement à la position du bateau , dans le sens B & C (cf. annexe n°12.b et 12.b.2) .

4.3 REACTION D'UN BANC FACE AU BATEAU

La notion de vitesse de réactions des bancs face au bateau n'a pu être traitée dans cette partie. On observe cependant des comportements caractéristiques des bancs de poissons pélagique face à un navire, tel que "l'évitement" (cf. annexe 13a) ou l'absence de réaction correspondant à une dynamique indéterminée (cf. annexe 13b).

5 — INTERPRETATION - DISCUSSION

5.1 VARIATION DE LA DITRIBUTION SPATIALE DES BANCS DETECTES AU SONAR

La densité moyenne de bancs au km² présente une augmentation significative à partir de 07h14' pour atteindre un maximum à 07h29'. La valeur de densité des bancs est donc dépendante du temps. Cet accroissement peut être mis en relation avec le lever du soleil (07h30' GMT). Il est bon de rappeler que le milieu observé ne subit aucune perturbation due au navire (le bateau est à l'arrêt tous feux éteints), nous nous trouvons bien dans des conditions naturelles car le bruit du moteur et les lumières du bateau sont des facteurs significatifs d'évitement des bancs (cf. :§ 5.3).

Les poissons pélagiques observés au sonar sont de petits planctonophages (cf.annexe 1) ; or, la lumière du lever du soleil est à l'origine du phototropisme négatif du zooplancton, suivant un cycle nyctémérale de déplacement vertical dans la colonne d'eau. Les sardinelles et autres chinchards vont aussi suivre ces rythmes verticaux afin de s'alimenter sur le plancton. Les travaux présentant ce type de mouvements sont très nombreux, car il s'agit d'un comportement quasi universel des poissons pélagiques qui se situent dans une tranche d'eau différente suivant la période du nyctémère (Gerlotto, 1993). En règle générale, les Cupleïdés et Carangidés sont dispersés (ou divisés en petit agégat) la nuit, ainsi qu'à l'aube lorsqu'ils s'alimentent dans la couche planctonique. Au lever du soleil par contre, lors de la disparition de cette couche, ils se rassemblent en bancs de plus en plus importants, jusqu'à une valeur qualifiée d'optimale (Fréon et al, 1996).

L'augmentation du nombre de bancs enregistré au sonar puis leur diminution après 08h14 pourrait correspondre à ce phénomène, car les petits agrégats ne sont pas vus (la détection sur une zone de 18,09 Km² permet une bonne vision d'ensemble de la structuration spatiale des bancs, mais on ne peut plus détecter les petits bancs) au sonar avant une taille seuil (jusqu'à 06h59). Puis ils apparaissent distinctement au sonar en nombre plus élevés (à partir de 07h14), et enfin le nombre de banc diminue (à partir de 08h29) quand les agrégats se rassemblent en bancs plus gros et donc moins nombreux.

Une autre hypothèse, compatible, peut être avancée : le déplacement des bancs vers la surface est aussi susceptible de conduire à une augmentation des détéctions au sonar Simrad SR 240 du fait de la difficulté, pour l'appareil, de distinguer un banc près du fond; la présence de filtre sur le SR 240 éliminant les échos parasites et certains bancs près du fond ; tout comme les petits bancs diffus.

La relative constance des distances inter-bancs (cf.résultats annexe 10, et observations annexe 8) peut nous amener à penser que les bancs s'agencent d'une façon relativement identique au cours du temps, respectant les distances qui les séparent les uns des autres. Notons qu'il n'existe normalement pas de regroupement de bancs d'espèces différentes (chinchard-sardinelle), et que les regroupements intra-spécifiques sont relativement peu fréquents. Cela pourrait venir du fait de l'existence d'une « distance critique » en deçà de laquelle les bancs se regroupent, pour fusionner en une seule et même entité. Mais cela ne reste que pure spéculation, nos données ne nous permettant

que de se poser la question , même si cela tendrer vers une confirmation de notre première hypothèse (diminution du nombre de banc par regroupement) .

Il était donc intéressant de regarder si la distribution spatiale des bancs, à grande échelle, pouvait suivre une loi statistique indiquant ainsi une règle de « structuration » des bancs entre eux. La distribution des bancs ne suit , apparament aucune loi statistique usuelle d'après les divers tests statistiques que nous avons effectué sur nos series de données (cf. annexe 11c) ; on peut, par contre, parler de distribution fortement asymétrique (Fréon & al. , 1993).

5.2 LE DEPLACEMENT HORIZONTAL DES BANCS

La comparaison des vitesses moyennes et d'exploitation des bancs , doublés à leur direction globale peut nous amener à penser que les déplacements horizontaux des bancs n'est pas le fruit d'un comportement erratique . En effet , en moyenne : la vitesse moyenne est quasiment égale à la vitesse d'explorataion (respectivement 3,92 et 3,52km/h) , de plus on a pus remarquer une direction nettement privilégiée pour une majorité des bancs (cf.annexe 12c) . Ceci tendrait donc a montrer que les bancs se déplacent de façon cohérente , vers une direction donnée .

Ces déplacements sont normalement liés à des motivations d'ordre trophiques ou sexuelles. On sait par exemple, que les jeunes S.aurita restent dans les nurseries (il en existe une sur la petite côte sénégalaise), jusqu'à leur maturité, puis rejoignent le stock des adultes qui migrent au large en suivant les mouvements d'une couche d'eau froide (Seret, 1990). Il en va de même pour les S.maderensis , jeunes et adultes migrant dans la zone sénégal-mauritanienne.

Les bancs ayant leur vitesses , moyenne et d'exploration , presque égale on remarque une trajectoire caractéristique , de type linéaire (cf. annexe 12.b) , généralement orienté dans le sens de déplacement priviligié des bancs , ce qui tendrait a confirmer l'hypothèse citer auparavant . Dans le cas de fortes variations existant entre les deux types de vitesse , on pourrait lier cela à un comportement trophique ou de défense . Le banc pouvant se trouver sur une zone riche en plancton et s'alimenter dessus , ou faire face à une attaque de prédateur tel que des thons ; dans les deux cas leur trajectoire serait de type désorganisé (non linéaire , cf. annexe 12.a)

5.3 L'EVITEMENT LATERAL

Les résultats que nous avons obtenu confirme de nombreuses études faites à ce propos. En effet face à un bateau, la réaction d'un banc est de l'éviter en se déplaçant latéralement , en deux vagues d'évitements successives , de part et d'autre de la « surface de bruit » spécifique produite par le navire (Soria , 1996) , (cf. annexe 15) : c'est l'évitement latéral (à distance plus ou moins importante du vaisseau) , ou en plongeant sous ce dernier : c'est l'évitement vertical.

Cette réaction est due à deux sortes de stimuli émis par le navire : stimulus sonore ou visuel. En effet dans l'eau le moteur du bateau (et son hélice) émettent un bruit produisant un effet de stress sur les poissons , comme la vue du bateau de jour ou de son éclairage de nuit (Gerlotto, 1993).

L'évitement est un phénomène possible mais non obligatoire face à un bateau. En établissant une méthode spécifique de suivie de bancs par exemple; on peut classer les bancs en trois

catégories citées dans le § 3.3. Ainsi Misund (1995) a quantifié les réactions de bancs de harengs en migration; seuls 20% des bancs semblant éviter le navire de prospection dans ce cas précis, les autres restant indifférent (sans réaction particulière) au passage du vaisseau, ou continués sans réaction leur déplacement de migration.

6. CONCLUSION

Nous avons eu pour objectif, dans ce travail, d'essayer d'appréhender la structuration spatiale, ainsi que la dynamique de petits poissons pélagiques côtiers dans un stock tropical. Il en ressort des données concrètes sur la dynamique des bancs et une « orientation d'approche » sur leur structuration spatiale. Les résultats de la distribution horizontale des bancs à grande échelle pourrait correspondre à la publication de Fréon et al., 1996., mais cela ne reste qu'une hypothèse.

De nombreuses questions restent posées et méritent d'être approfondie comme : le regroupement des bancs suivant un rythme nyctémérale, l'existence d'une « distance critique » entre les bancs, le regroupement des bancs selon leur taille...etc, qui offrent encore de larges champs d'investigation tout comme « l'évitement » qui n'a été ici que décrit succinctement. Ce dernier étant encore étudié aujourd'hui surtout au niveau du biais qu'il porte aux estimations des stocks faites par écho-intégration.

Au terme de cette étude il subsiste donc des interrogations mais une certaine « caractérisation éthologique » des bancs étudiés peut être faite. Ces derniers sont généralement animés de déplacements « ordonnés et cohérent » : migration (saisonal), aggrégation (de jour), éparpillement (de nuit).

BIBLIOGRAPHIE

BELLEMANS , M. et al.,1988. fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la peche . Guide 1988 des ressources halieutiques du Sénégal et de la Gambie (espèces marines et d'eaux saumâtres)

DEMARCO, H., SAMB, B., 1991. Influence des variations de l'upwelling sur la repartition des poissons pélagiques au Sénégal *in* CURY, P. et ROY, C. (ed.), Pêcheries Ouest-Africaines : variabilité,instabilité et changement. Editions ORSTOM.

FREON P., F. GERLOTTO, M. SORIA , 1996. Diel variability of school structure with special reference to transition periods .-ICES journal of marine science, 53:459-464.

FREON P., M. SORIA, C. MULLON, F. GERLOTTO , 1993. Diurnal variation in fish density estimate during acoustic surveys in relation to spatial distribution and avoidance reaction . *Aquat.Living Ressour.*,1993 ,6^en°:3,169-296: 221-234.

GERLOTTO, F.,1993.Methodologie d'observation et d'evaluation par hydroacoustique des stocks tropicaux de poissons pelagiques cotiers:impact du comportement et de la distribution spatiale.Thèse doct. univ. Bretagne Occ.,mars 1993.

GERLOTTO, F., SORIA,M., FREON,P. , CASTELLON,A.,1995. Impact on acoustic stock assesment of time variability in fish distribution.

GERLOTTO, F., SORIA,M., FREON,P., 1996. Annalysis of vessel influence on spatial behaviour of fish schools using a multi-beam sonar and consequences on biomass estimates by echosounder.ICES J .Mar.,00: 000-000

GERLOTTO, F., SORIA,M., FREON,P. ,1996. Diurnal variability of school structure with special attention on transition periods.ICES J. Mar.Sci,00: 000-000

GONZALEZ, L.,1995. Evaluacion por acoustica de las poblaciones de peces en medios de poca profundidad : aplicación a las observaciones de stocks en la laguna de l'or (Montpellier-Mauguio).

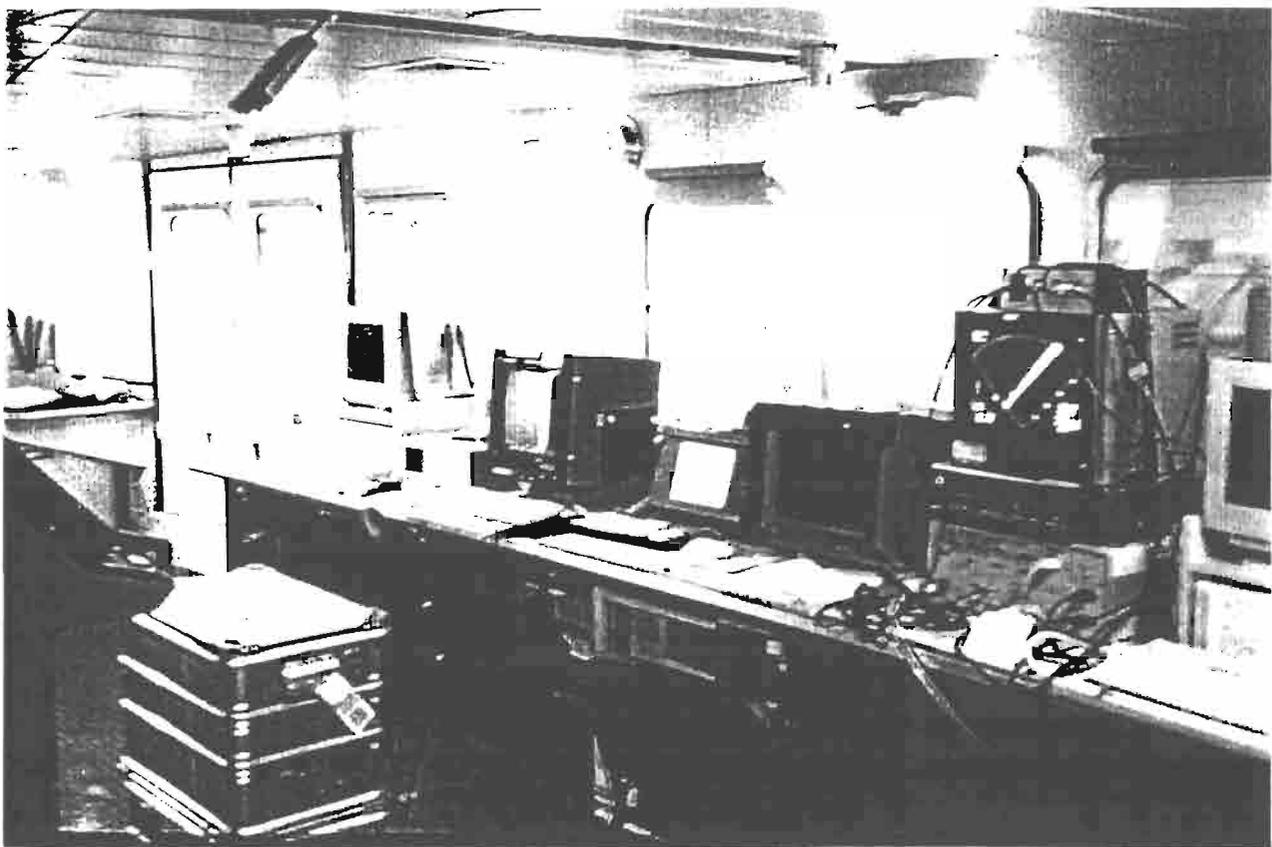
HAFSTEINSSON, M.T. AND MISUND, O.A., 1995. Recording the migration behaviour of fish schools by multi-beam sonar during conventional acoustic surveys. -ICES J.mar.Sci.,52:915-924.

MISUND , O.A., 1991. Swimming behaviour of schools related to fish capture and acoustique abundance estimation . Dr.Philos.Thesis .univ. Bergen ,Norway , Dpt. of fisheries and marine biology.

SERET, B.,OPIC, P., 1981. Poisson de mer de l'ouest africain tropical.

SIMRAD, SR 240.,1992.Operator manuel simrad SR 240 sonar.P2291E software version 5.0X.Mar 1992.

URICK , R.J., 1983. Principales of underwater sound ,3^eed. . Editor D.Heiberg & J.Davis.



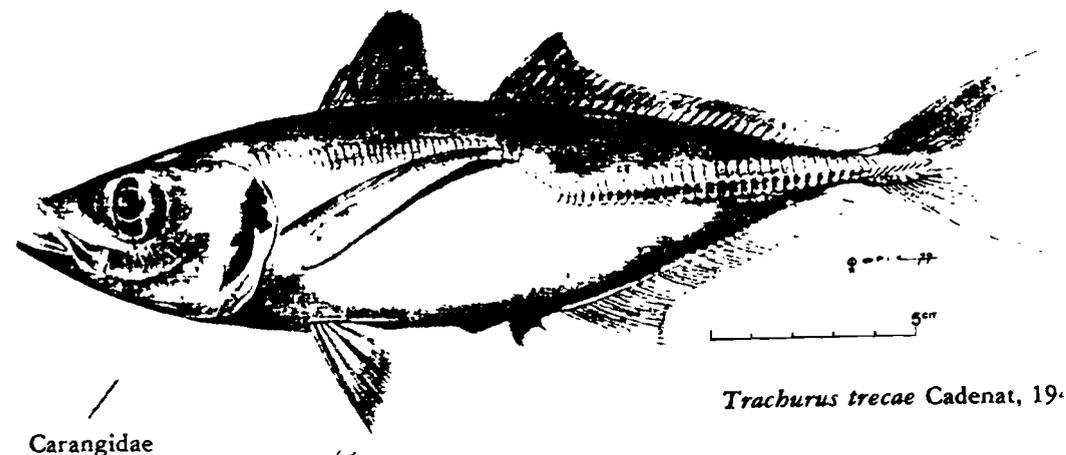
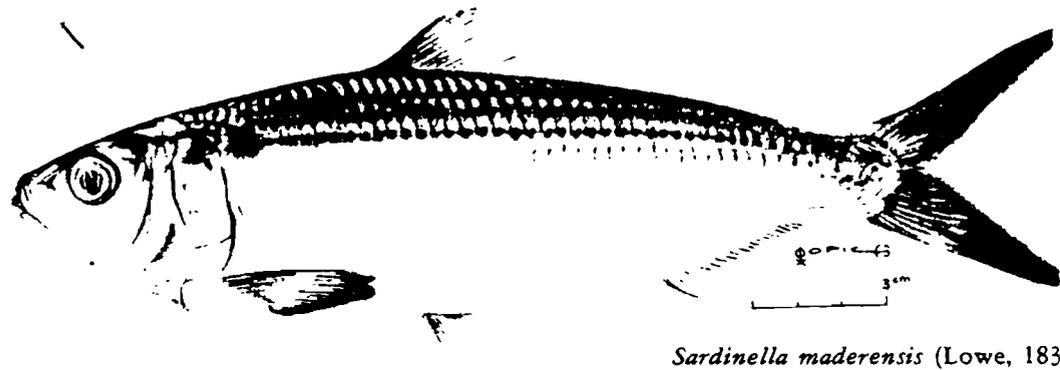
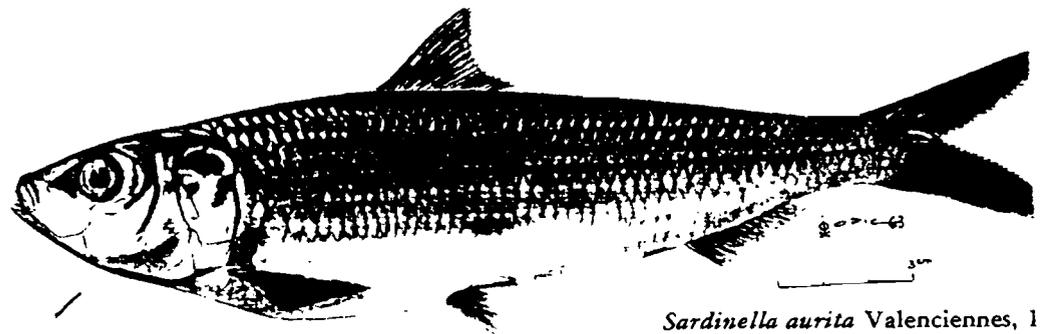
PC scientifique du N/O Antea . Sonar : Reson , Sinrad , Ossian .

Sommaire Annexes

- Annexe n° 1 : Type de poissons étudiés .
- Annexe n° 2 : Chalutages d'identifications .
- Annexe n° 3 : Déroulement de la campagne .
- Annexe n° 4 : Le N/O Antéa ; équipement .
- Annexe n° 5 : Le sonar multifaisceaux SIMRAD SR 240 .
- Annexe n° 6 : Totalité des bancs observés pour la distribution spatiale des regroupement de bancs .
- Annexe n° 7 : Exemple d'une des observations effectuées toutes les 15 minutes .
- Annexe n° 8 : Observation de bancs en tenant compte de leurs tailles respectives .
- Annexe n° 9 : Résultat : nombres de bancs au Km² .
- Annexe n° 10 : Résultats : distance inter-bancs .
- *Annexe n° 11 : Méthode - Résultats , de la distribution spatiale des bancs :*
 - annexe n° 11.a : Tableau de distribution des bancs sur la zone d'observation ,
 - annexe n° 11.b : Histogramme de la distribution des bancs par carré ,
 - annexe n° 11.c : Résultats des tests statistiques .
- *Annexe n° 12 : Résultats de la dynamique des bancs de poissons pélagiques :*
 - annexe n° 12.a : Exemple de la dynamique vertical d'un banc ,
 - annexe n° 12.b : exemples, avec une trajectoire plus linéaire ,
 - annexe n° 12.c : Direction relative des bancs par rapport au bateau (à l'arrêt), et vitesses moyennes et « d'exploitation » des bancs.
- *Annexe n° 13 : Résultats , réaction d'un banc face au bateau :*
 - annexe n° 13.a : Exemple de banc évitant le navire ,
 - annexe n° 13.b : Exemple de banc insensible à la présence du bateau.
- Annexe n° 14 : Carte de la zone prospectée durant la campagne , et résultat de l'écho-intégration .
- Annexe n° 15 : La réaction d'évitement (Soria, Fréon, Grelotto, 1996)
- Annexe n° 15.2 : Variabilité nyctémérale de la structure des bancs (Fréon et al. 1996)
- Annexe n° 16 : Résumé de l'objectif du programme varget & descriptif campagne VARGET.

TYPE DE POISSONS ETUDIE

Après reconnaissance par des chalutages d'identifications (cf. annexe 2), voici les principales espèces détectées au sonar , et donc étudiées dans ce travail . Il s'agit de Clupeidae et de Carangidae (Chinchards), fréquentant le plateau continental . Ce sont des espèces pélagiques cotière de petites tailles , se déplaçant en banc parfois très important , exploitées au chalut et à la senne. Les noms d'espèces vernaculaires local (Sénégal) et en Français , sont respectivement : yaboi maugreug - allache (*S.aurita*), yaboi tass - grande allache (*S.maderensis*), nengho (*T.trecae*), dyay (*D.ronchus*).



CHALUTAGE D'IDENTIFICATION

Résultats des opérations de chalutages du navire océanographique ANTEA durant la campagne VARGET I, (mars 96) le long de la petite côte sénégalaise depuis la presqu'île du Cap Vert jusqu'à la frontière gambienne.

Des chalutages de fond et pélagiques y ont été réalisés: voici un aperçu des principales espèces capturées au chalut pélagique et donc, observées au sonar pour le travail de notre étude.

Tous les chalutages ont été réalisés le long de radiales (cf. annexe 14) entre une Latitude de 13°40'11'' et 14°11'W et entre une Longitude de 16°55' et 17°17'N . La profondeur variant de 30 à 90 mètres.

ESPECES	TAILLE à la fourche (en cm)	
	Max.	Mini.
<i>TRACHURUS TRECAE</i>	30	7
<i>DECAPTERUS RHONCHUS</i>	31	10
<i>SARDINELLA AURITA</i>	32	22
<i>SARDINELLA MADERENSIS</i>	29	25

Déroulement de la campagne VARGET 1

-Vendredi 1° mars 1996

*.Embarquement du personnel . Installation des différents sonars.
.calibration des sondeurs OSSIAN et BIOSONICS en baie de Gorée.*

-Samedi 2 mars 1996

.Début prospection le long des radiales orientées « Est-Ouest » espacées de 10 nautiques à 6 noeuds jusque dans les fonds de 200m (de Dakar à la frontière Nord-Gambienne).

-Dimanche 3 mars 1996

.Suite prospection sur la petite côte-Essai du chalut de fond

-Lundi 4 mars 1996

*.début prospection dans le sens Nord-Sud avec radiales orientées « Est-Ouest » espacées de 5 nautiques à 6 noeuds jusque dans les fonds de 200m (standard de prospection effectuée par le navire de recherche LOUIS SAUGER).
.pêche d'identification.*

-Mardi 5 mars 1996

.Suite prospection dans le sens Nord-Sud.

-Mercredi 6 mars 1996

*.Fin prospection dans le sens Nord-Sud,
.retour dans les zones de forte densité détectées pour pêche d'identification au chalut pélagique et observation du comportement des bancs par les sonars du bord.*

-Jeudi 7 mars 1996

.Observation sur zone à forte densité de bancs,bateau à l'arrêt en début de matinée, suivie d'une pêche d'identification.Puis opération de Tracking sur la même zone.

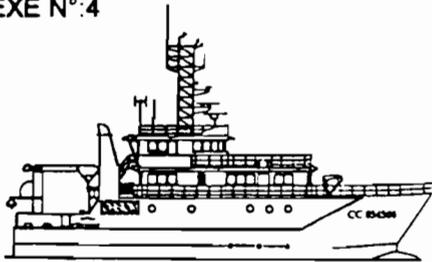
-Vendredi 8 mars 1996

.Observation sonar et pêche d'identification.

-Samedi 9 mars 1996

.Observation sonar et pêche d'identification.

NB : Des stations hydrologiques ont été effectués pour déterminer les paramètres physico-chimiques de l'eau de mer aux extrémités et au milieu de chaque radiale par la sonde Sea-Bird.



ANTEA

ORSTOM

*Catamaran construit en 1995
aux chantiers OCEA
Les Sables d'Olonne*

Équipements scientifiques et techniques

Longueur Hors tout	34.95 m	Length overall
Largeur Hors tout	11.70 m	Width overall
Déplacement en charge	405 T	Load displacement
Tirant d'eau AR	3.40 m	Aft draught
Jauge brute	Gross tonnage
Jauge net	Net tonnage
Indicatif radio	Call sign
Classification	Bureau Veritas	Classification
N° Officiel matricule	CC 854508	Official number
Port d'immatriculation	CONCARNEAU	Port of registry
EQUIPEMENT DE PONT		DECK EQUIPMENT
Portique AR		Gantry stern
Grue hydro plage AR portée variable	3 T (11 m)	Hydro crane quarter deck
Grue hydro plage AV portée variable	900 Kg (6 m)	Hydro crane forward deck
2 treuils de pêche	L 1900 m - Ø 19	2 fishing winches
Effort de traction Ø moyen	6.5 T	Pull middle
1 treuil bathysonde	L 6000 m - Ø 10.8	1 CTD winch
1 treuil hydrologie	L 2000 m - Ø 6.5	1 hydrology winch
2 enrouleurs de chalut	3 M3	2 winding trawls
PERSONNEL EMBARQUE		ON BOARD STAFF
Effectif navigant	12	Crew
Scientifiques	10	Scientists
EQUIPEMENT SCIENTIFIQUE		SCIENTIFIC EQUIPMENT
Emplacement pour container	1 de 20 pieds	Location for container
Laboratoire « sec »	18 m2	1 «dry» laboratory
Laboratoire « humide »	16 m2	1 «wet» laboratory
PC Scientifique	40 m2	Scientific PC
Sondeur écho-intégration	OSSIAN 38-120 khz	Echo-integrator sounders
Sonar	SIMRAD SR 240 24 khz	Sonar
Sondeur profond et pinger	SIMRAD EA 500 12 khz	Deep Sounder and pinger
Positionneur chalut	SIMRAD ITI	Trawl positionner
Thermosalinographe	SEABIRD SBE 21	Thermosalinometer
PC Navigation scientifique	Mac Sea Pro	PC scientific navigation
Station d'archivage informatique	UNIX	Processing system
Réseau informatique	ETHERNET	Processing network
NAVIGATION POSITIONNEMENT		NAVIGATION & POSITIONING
1 radar FURUNO 25 KW	FR 2120 XN4A	1 radar
1 radar FURUNO 10 KW	FR 2110 XW3	1 radar
Loch BEN GALATEE	MK3	Log
Gyro compas	ROBERTSON RGC 50	Gyrocompas
GPS	TRIMBLE NT100	
GPS	TRIMBLE NT200D	
GPS d'attitude SERCEL	NR 230 MK II	GPS differential SERCEL
RADIO		RADIO
Station BLU	GMDSS SAILOR	BLU radio station
2 VHF	SAILOR	2 VHF
Inmarsat C	INMARSAT C	Inmarsat C
Standard M	SD MARINE	Standard M
METEO		METEO
Centrale météo	BATHOS	Meteo station
MACHINES		ENGINES
2 moteurs de propulsion DEUTZ TBD 604	2 x 642 CV	2 engines propulsion DEUTZ TBD 604
2 hélices à pas variable RENOUE DARDEL	Type HPV 704	2 controlable pitch propellers
2 groupes électrogènes CATERPILLAR	Type 3306 180 KVA	2 generators set
Onduleur	ENAG 5000 VA	Regulated current
Production eau douce	AQUA SET 2 T/jour	Production fresh water
Combustible	68 m3	Capacity bunkers

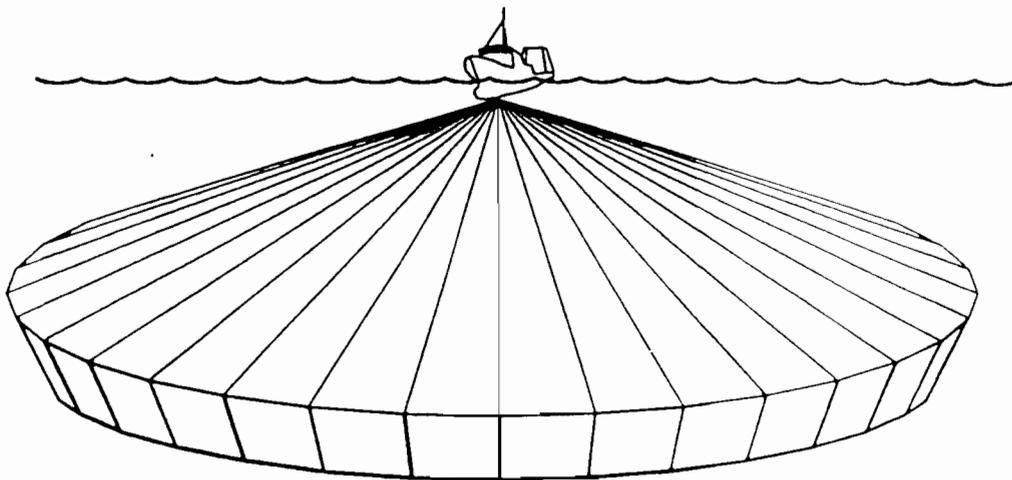
1.3 FUNCTIONAL DESCRIPTION

1.3.1 Introduction

The basic principles of the SR 240 sonar are unique because of the 256 separate transmitter and receiver channels with their transducer elements spread around on the spherical transducer array. The transmission, reception and data processing are under computer control, and a total of four computer boards are used throughout the sonar. The powerful capabilities of the sonar are results of sophisticated digital signal processing software and state of the art hardware.

1.3.2 Functional principles

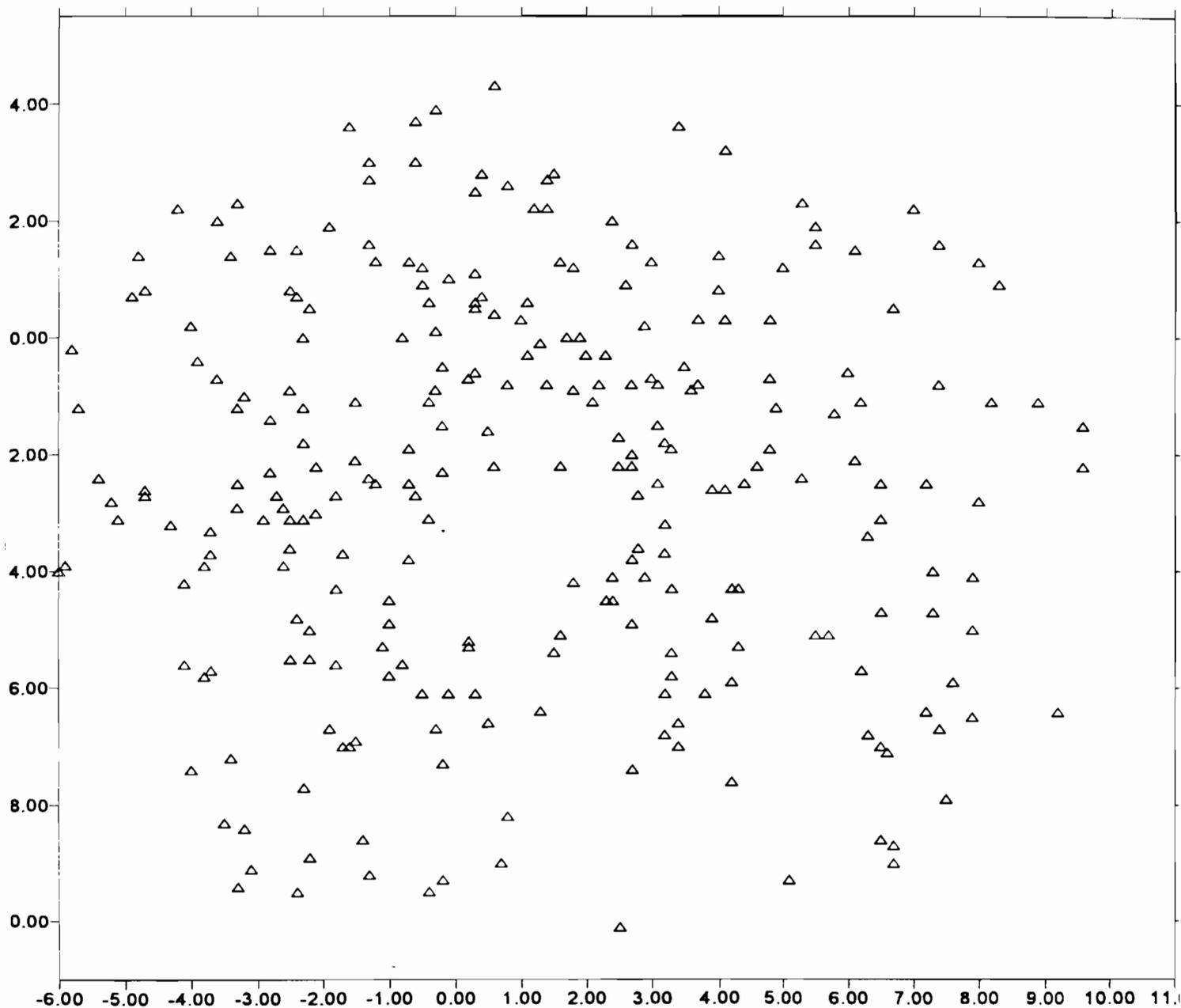
When tilting the omni beam, the total beam picture can be compared with folding an umbrella, it means that all beams in 360° around the vessel have the same tilt angle. The beam can be tilted from +10° up, to -90° down, where -90° then is formed by one single beam straight down like an echo sounder.



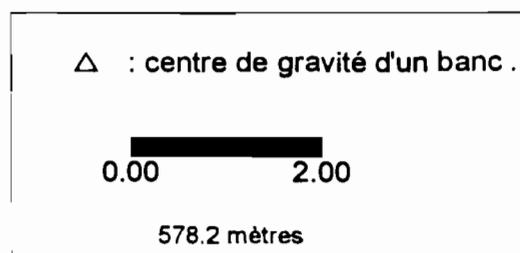
OD100

Figure 1.5. The OMNI beam.

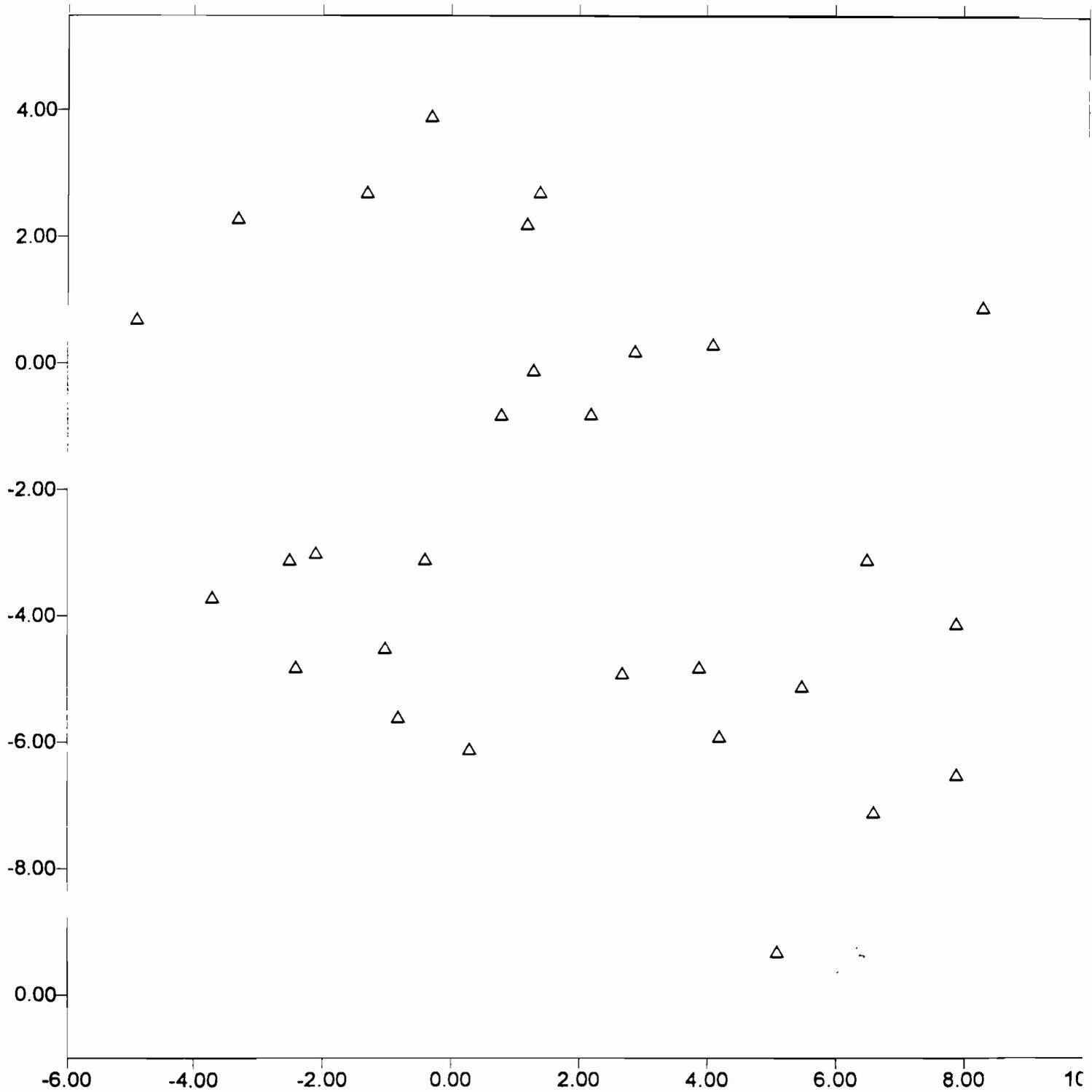
Ensemble des Relevés de bancs étudiés



- Relevé de 270 bancs , fait de 06h14 à 10h15 (toutes les 15 minutes) , le 07/03/96 , bateau à l'arrêt sur une zone de 2.4 kilomètres de rayon
- Nombre moyen de banc au Km² : 0.87 .
- Moyenne général des distances inter-bancs : 1580 mètres



Relevé n°: 7



- Relevé de 29 bancs , fait à 07h44 , le 07/03/96 , bateau à l'arrêt .
- 1.6 banc au kilomètre carré .
- Distance moyenne inter-banc de 1402 mètres .

△ : centre de gravité d'un banc .

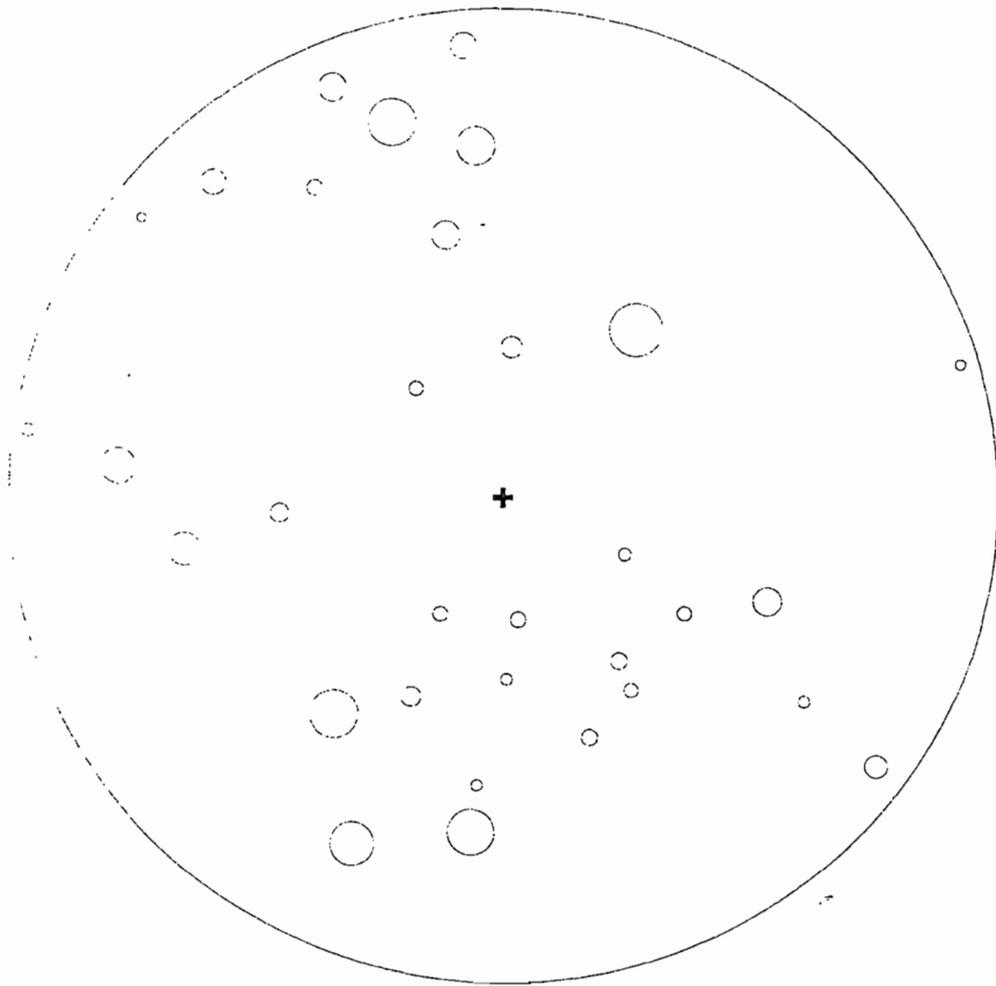
0.00 2.00

578.2 mètres

ANNEXE N°: 8

Observation du regroupement des bancs selon leurs tailles , à laide du sonar SR 240 .Relevé du 07/03/96 , à 07h14 (relevé N°: 5) .On peu remarquer un certain regroupement des bancs selon leurs tailles .

SONAR 5



500 m

Schéma : P.Petitgars (04/1996)

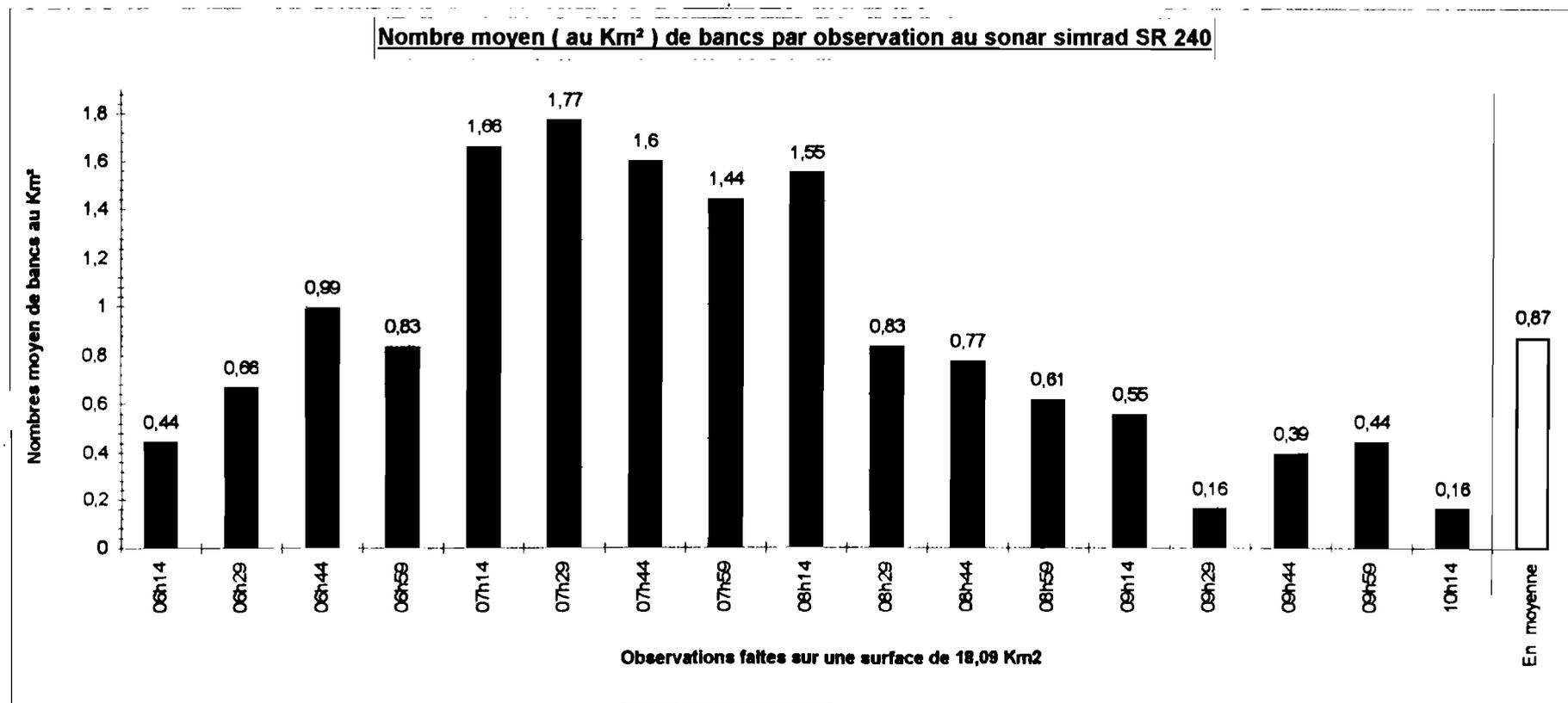
Annexe n°: 9

Nombre moyen de banc au Km²

Observation	06h14	06h29	06h44	06h59	07h14	07h29	07h44	07h59	08h14	08h29	08h44	08h59	09h14	09h29	09h44	09h59	10h14	En moyenne
Nb. moy.	0,44	0,66	0,99	0,83	1,66	1,77	1,6	1,44	1,55	0,83	0,77	0,61	0,55	0,16	0,39	0,44	0,16	0,87

avec :

Nb. moy.= Nombre moyen de banc au Km² (arrondie à 0.01 près)

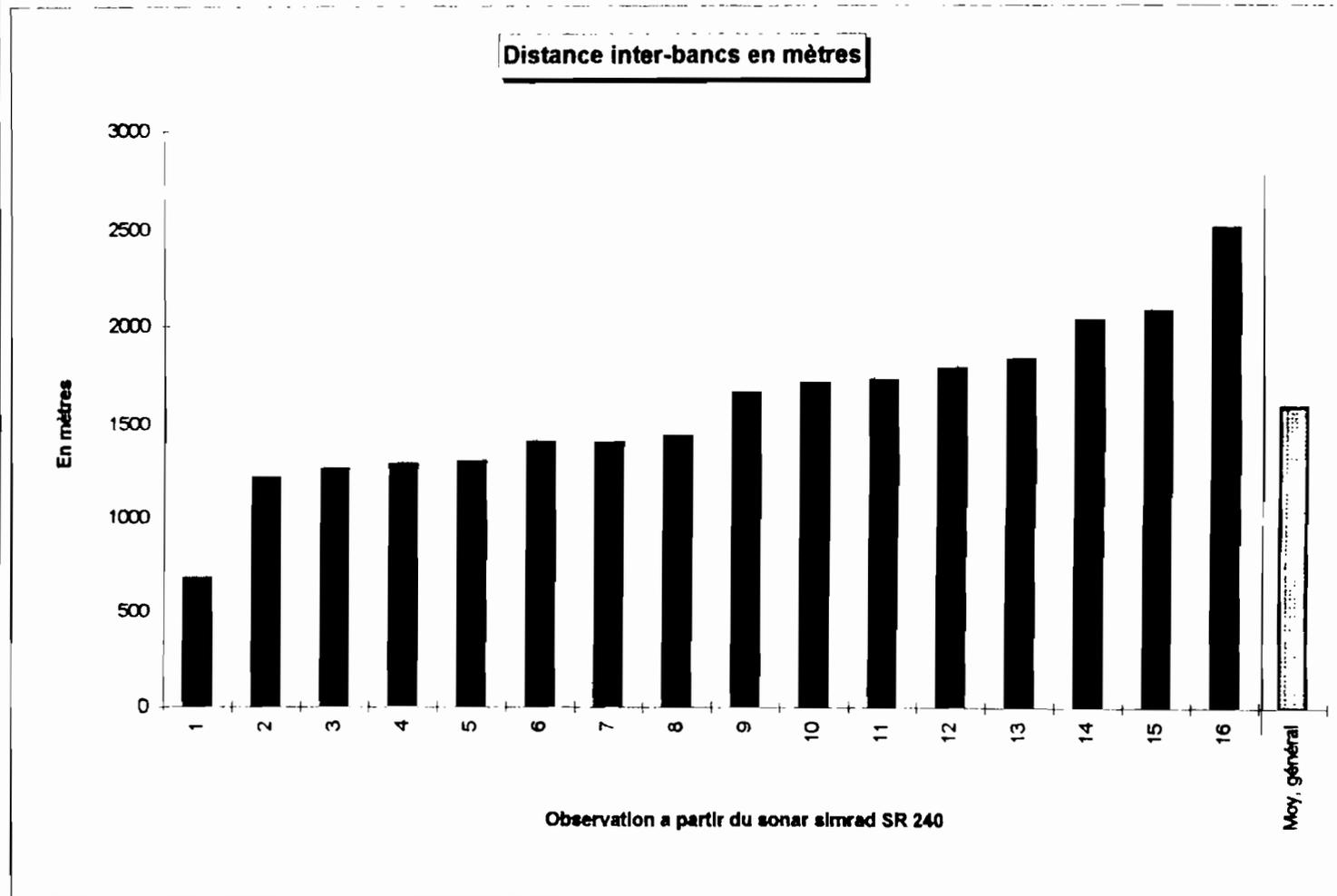


Histogramme n°:1 ; Densité moyenne de bancs de petit pélagiques, en nombre de banc par Km², relevé toutes les 15 minutes durant 04h15, bateau a l'arrêt. Le 07/03/96 à partir de 06h14 (avec la levée du soleil a 07h30) par le sonar SIMRAD SR 240.

Annexe n°10

Observation	Moyenne
1	680,50
2	1216,70
3	1259,50
4	1288,40
5	1299,70
6	1402,70
7	1402,70
8	1432,90
9	1659,20
10	1705,80
11	1724,50
12	1784,90
13	1830,10
14	2028,50
15	2068,90
16	2503,80
Moy, général	1580,50
Somme	24972,10

Unité : en mètre .



Histogramme n°2 : représente la moyenne des distances séparant tous les bancs entre eux , sur une zone de 18,09 Km² de surface. d'après des relevés de bancs successifs .

Annexe n°: 11.a

	relevé n°:											
Carré n°:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	somme
1	0	0	2	0	4	3	4	1	2	3	0	19
2	0	0	0	0	0	1	0	3	4	1	1	10
3	0	0	9	0	0	2	1	2	2	1	2	19
4	3	4	2	1	1	6	2	5	3	1	3	31
5	3	2	1	0	5	0	3	2	3	1	3	23
6	0	1	0	1	0	0	0	2	3	2	1	10
7	0	3	1	0	2	3	4	2	3	1	1	20
8	0	0	0	2	2	2	4	0	1	1	0	12
9	0	0	0	3	4	1	3	1	2	1	2	17
10	1	1	1	1	2	0	4	1	0	1	0	12
11	0	0	0	3	2	5	0	0	0	0	0	10
12	0	0	0	2	0	0	1	2	0	1	0	6
Somme :	7	11	16	13	22	23	26	21	23	14	13	
Hors zone	1	1	2	2	2	7	8	3	5	4	1	
En moyenne :	0,58	0,91	1,33	1,08	1,83	1,91	2,16	1,75	1,91	1,16	1,08	

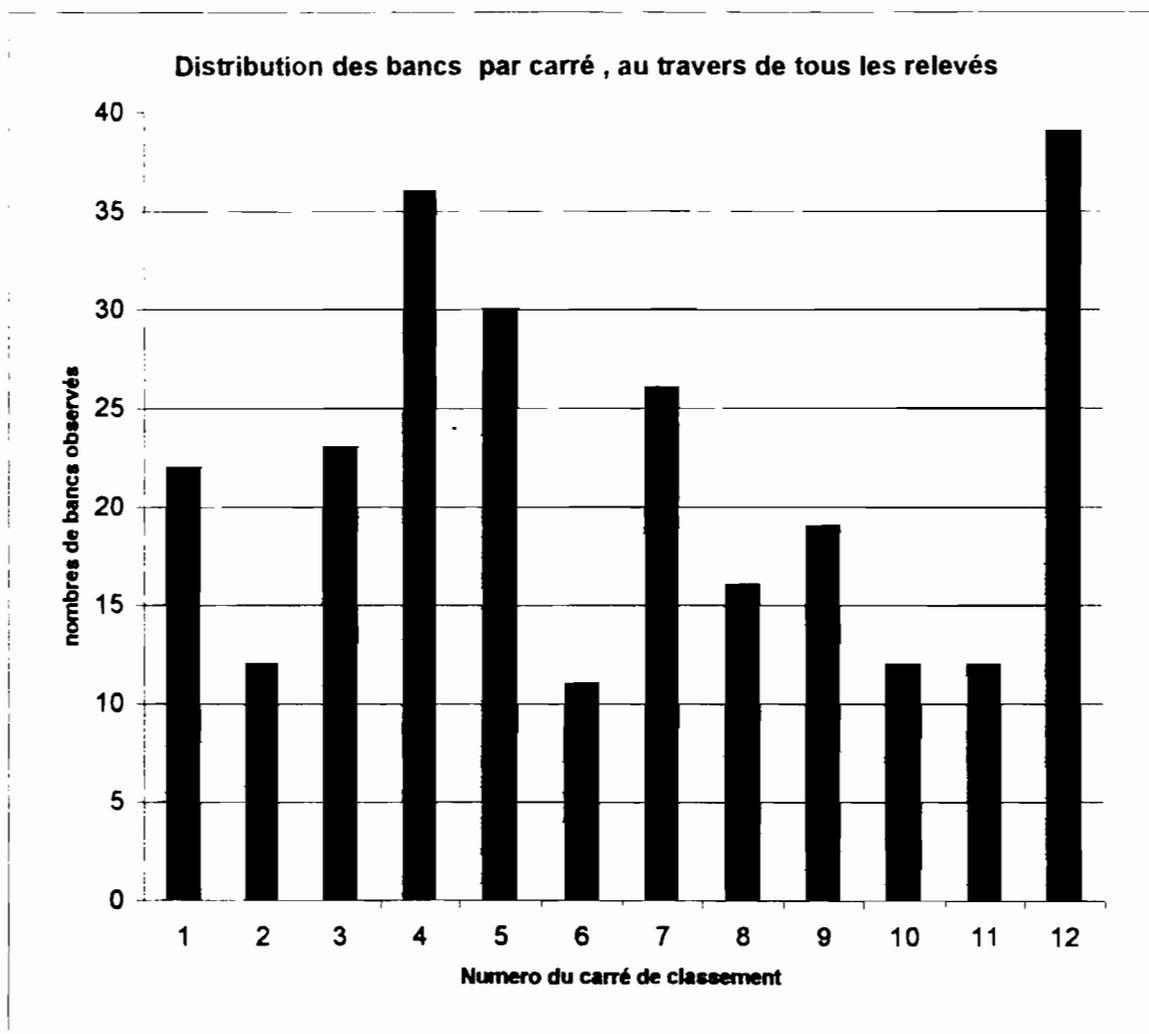
	relevé n°:							
Carré n°:	12	13	14	15	16	17	somme	total
1	0	0	0	1	1	1	3	22
2	1	0	0	0	0	1	2	12
3	0	0	0	2	2	0	4	23
4	1	0	1	1	1	1	5	36
5	2	1	2	1	1	0	7	30
6	0	1	0	0	0	0	1	11
7	3	0	1	1	1	0	6	26
8	1	1	0	1	1	0	4	16
9	0	2	0	0	0	0	2	19
10	0	0	0	0	0	0	0	12
11	0	1	1	0	0	0	2	12
12	0	0	5	7	7	3	33	39
Somme :	8	6	10	14	14	3		
Hors zone	2	4	2	0	1	0		
En moyenne :	1,33	1	0,83	1,16	1,16	0,25		

En moyenne : somme des x/12
 0 : absence de bancs
 x : présence de bancs

Tableau de presence ou d'absence de bancs par carré (au nombre de 12) subdivisant la zone de relevé de 4800 mètres de diamètre en 12 unités identiques . Ce tableau nous permettra de realiser différents tests statistiques sur la distribution spatiale des bancs de poissons observés . Les points placés dans la ligne hors zone sont bancs détectés sur les bords de l'ecran du sonar , qui ne sont pas pris en compte par les " carrés " .

Annexe N°: 11.b

Carré n°:	nb.bancs
1	22
2	12
3	23
4	36
5	30
6	11
7	26
8	16
9	19
10	12
11	12
12	39



On remarque deja , sans test statistique , que la distribution spatiale des bancs ne semble pas suivre une loi statistique connue .

Résultats des tests statistiques , de la distribution spatiale des bancs observés sur une zone de 18,09 km² , durant 04h15 .

• **Test suivant la loi uniforme :**

_____ Test du χ^2 (=Chi-deux)

Limite inférieure	Limite supérieure	Fréquence observée	Fréquence théorique	Chi-deux
<0,5	0,5	101	9,4	893,866
0,5	1,5	23	18,8	0,949
1,5	2,5	14	«	1,216
2,5	3,5	10	«	4,103
3,5	4,5	6	«	8,695
4,5	5,5	5	«	10,109
5,5	6,5	3	«	13,257
6,5	7,5	3	«	13,257
7,5	8,5	1	«	16,831
> 7,5	-	3	9,4	4,347

$\chi^2 = 951,651$ avec 7 degrés de liberté , niveau de signification : 0 .

• **Test suivant la loi normale :**

Moyenne : 1,2071

Déviati on standard : 2,0491

_____ Test du χ^2

Limite inférieure	Limite supérieure	Fréquence observée	Fréquence théorique	Chi-deux
<0,5	-0,5	0	34,2	34,21
-0,5	0,5	101	27,5	196,71
0,5	1,5	23	32,4	2,73
1,5	2,5	14	30,3	6,74
2,5	3,5	10	22,4	6,85
3,5	4,5	6	13,1	3,85
>4,5	-	15	9,1	3,76

$\chi^2 = 256,867$ avec 4 degrés de liberté , niveau de signification : 0 .

• **Test suivant la loi de Poisson :**

Moyenne : 1,2071

_____ Test du χ^2

Limite inférieure	Limite supérieure	Fréquence observée	Fréquence théorique	Chi-deux
<0,5	0,5	101	50,5	50,38
0,5	1,5	23	61,0	23,68
1,5	2,5	14	36,8	14,14
2,5	3,5	10	14,8	1,57
> 3,5	-	21	5,8	39,69

$\chi^2 = 129,459$ avec 3 degrés de liberté , niveau de signification : 0

• **Test suivant la loi Binomiale :**

Probabilité éventuelle : 0,134122

_____ Test du χ^2

Limite inférieure	Limite supérieure	Fréquence observée	Fréquence théorique	Chi-deux
<0,5	0,5	101	46	64,86
0,5	1,5	23	64,0	26,67
1,5	2,5	14	40	16,85
>2,5	-	31	18	8,89

$\chi^2 = 117,062$ avec 2 degrés de liberté , niveau de signification : 0

• **Test suivant la loi géométrique :**

Probabilité éventuelle : 0,453083

_____ Test du χ^2

Limite inférieure	Limite supérieure	Fréquence observée	Fréquence théorique	Chi-deux
<0,5	0,5	101	76,6	7,794
0,5	1,5	23	41,9	8,51
1,5	2,5	14	22,9	3,461
2,5	3,5	10	12,5	0,510
3,5	4,5	6	6,9	0,106
>4,5	-	15	8,3	5,477

$\chi^2 = 25,8575$ avec 4 degrés de liberté , niveau de signification : $3,380816 \cdot 10^{-5}$

• **Test suivant la loi de Student's :**

Moyenne 2,43167

_____ Test du chi-deux

Limite inférieure	Limite supérieure	Fréquence observée	Fréquence théorique	Chi-deux
<0,5	-0,5	0	55,7	55,663
-0,5	0,5	101	57,7	32,546
0,5	1,5	23	34,3	3,823
1,5	2,5	14	12,1	0,296
2,5	3,5	31	9,1	52,962
3,5	4,5	6	6,9	0,106
>4,5	-	15	8,3	5,477

$\chi^2 = 145,289$ avec 3 degrés de liberté , niveau de signification : 0

• **Test suivant la loi du χ^2 :**

Moyenne 1,2071

_____ Test du χ^2

Limite inférieure	Limite supérieure	Fréquence observée	Fréquence théorique	Chi-deux
<0,5	0,5	101	74,7	9,225743
0,5	1,5	23	48,1	13,061437
1,5	2,5	14	21,5	2,623415
2,5	3,5	10	11,0	0,698375
3,5	4,5	6	6	0,00263
>4,5	-	15	7,7	6,94494

$\chi^2 = 31,9542$ avec 4 degrés de liberté , niveau de signification : $1,95475^{-6}$

• **Test suivant la loi exponentielle :**

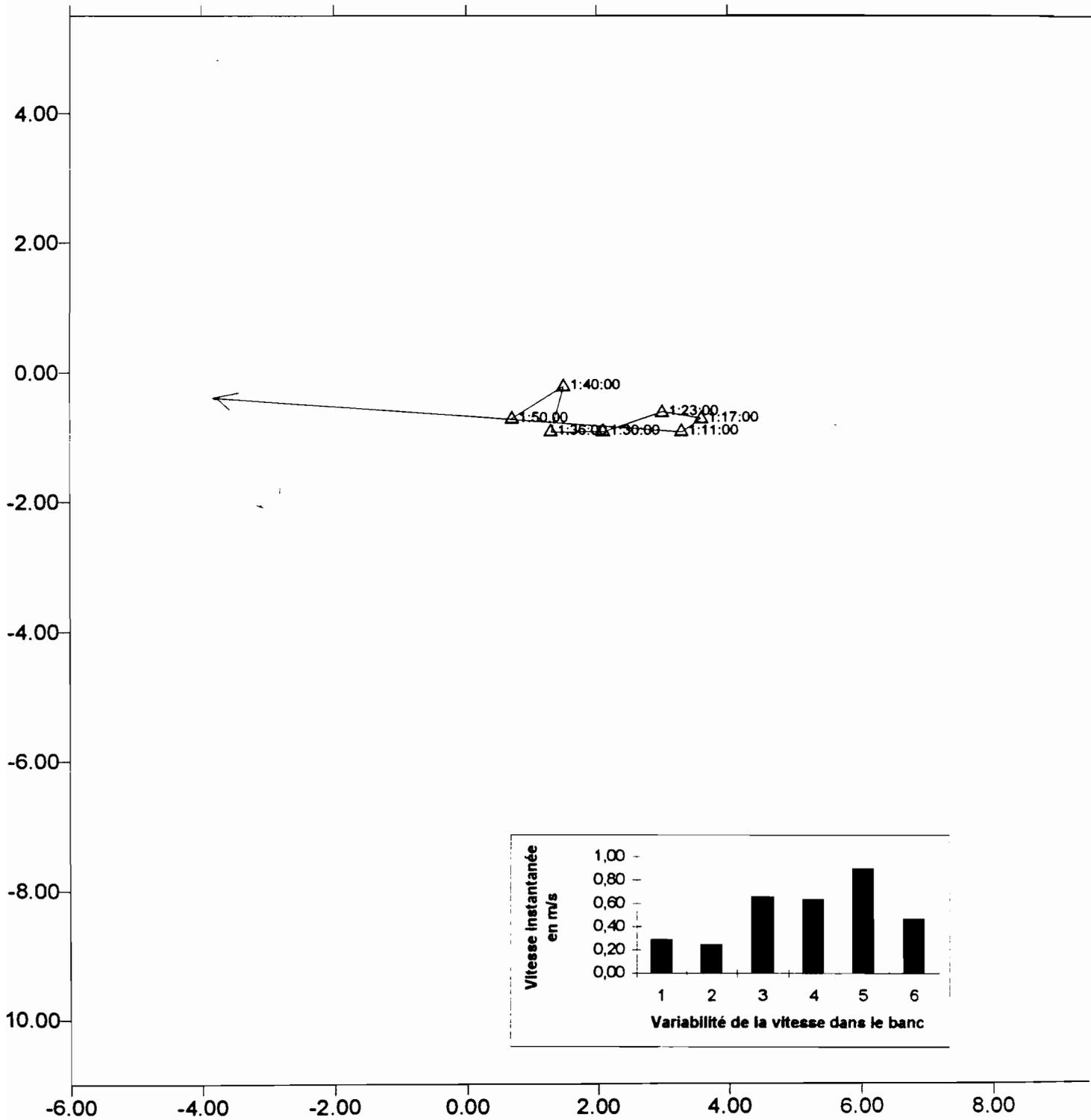
Moyenne 1,2071

_____ Test du χ^2

Limite inférieure	Limite supérieure	Fréquence observée	Fréquence théorique	Chi-deux
<0,5	0,5	101	57,3	33,296
0,5	1,5	23	62,9	25,317
1,5	2,5	14	27,5	6,608
2,5	3,5	10	12,0	0,333
>3,5	4,5	6	9,3	14,705

$\chi^2 = 80,2602$ avec 3 degrés de liberté , niveau de signification : 0

BANC N°: 7



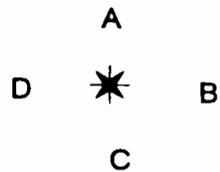
Vitesse moyenne (1269.52/2340)=0.524 m/s

Vitesse d'exploration (754.17/2340)=0.322 m/s

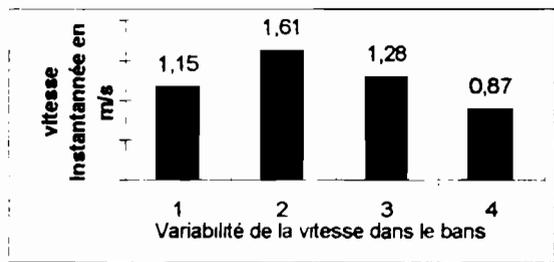
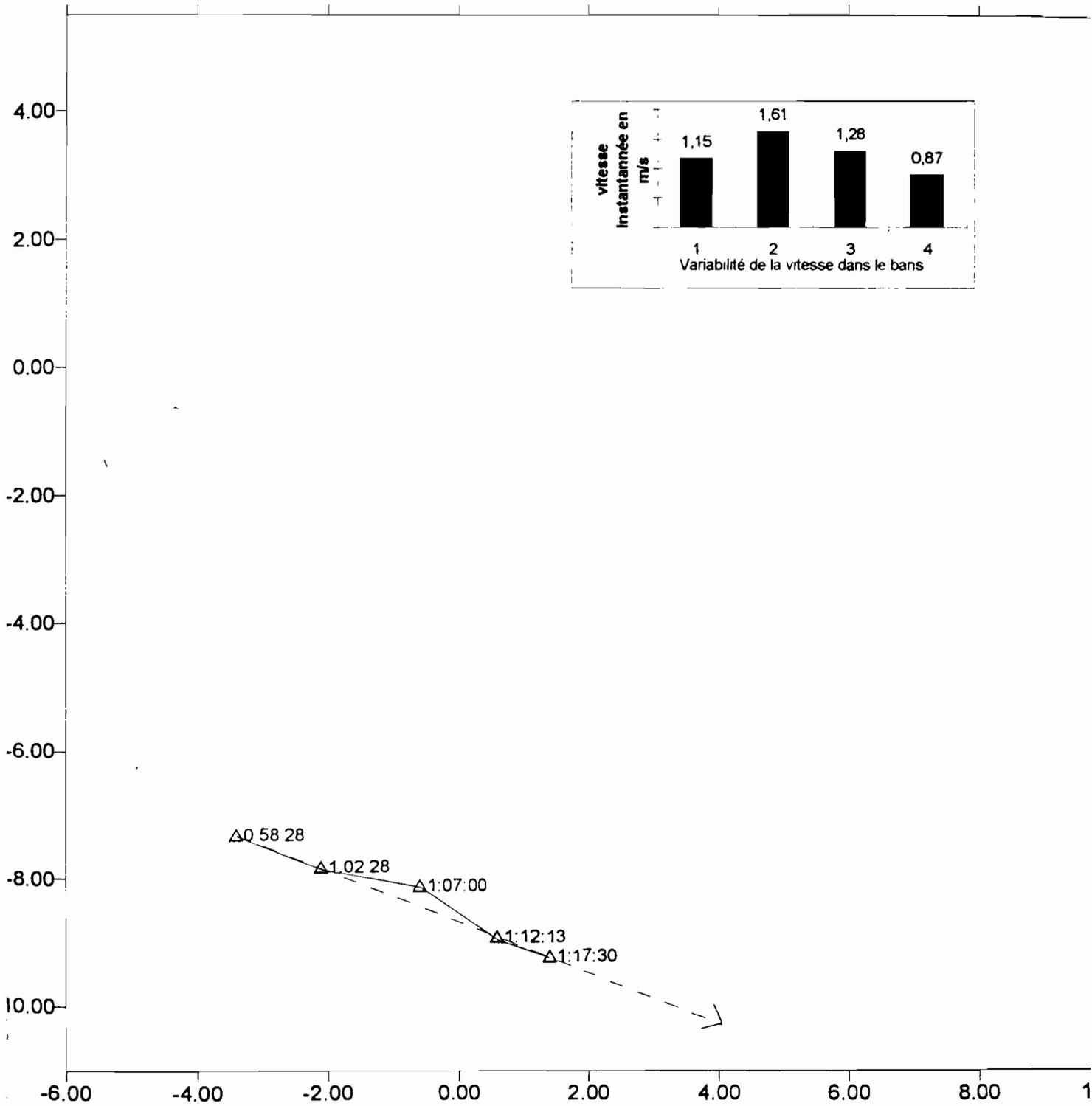
0.00 2.00

578.2 mètres

BANCS N°: 4



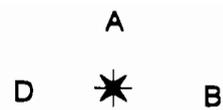
Direction relative a la position du navire



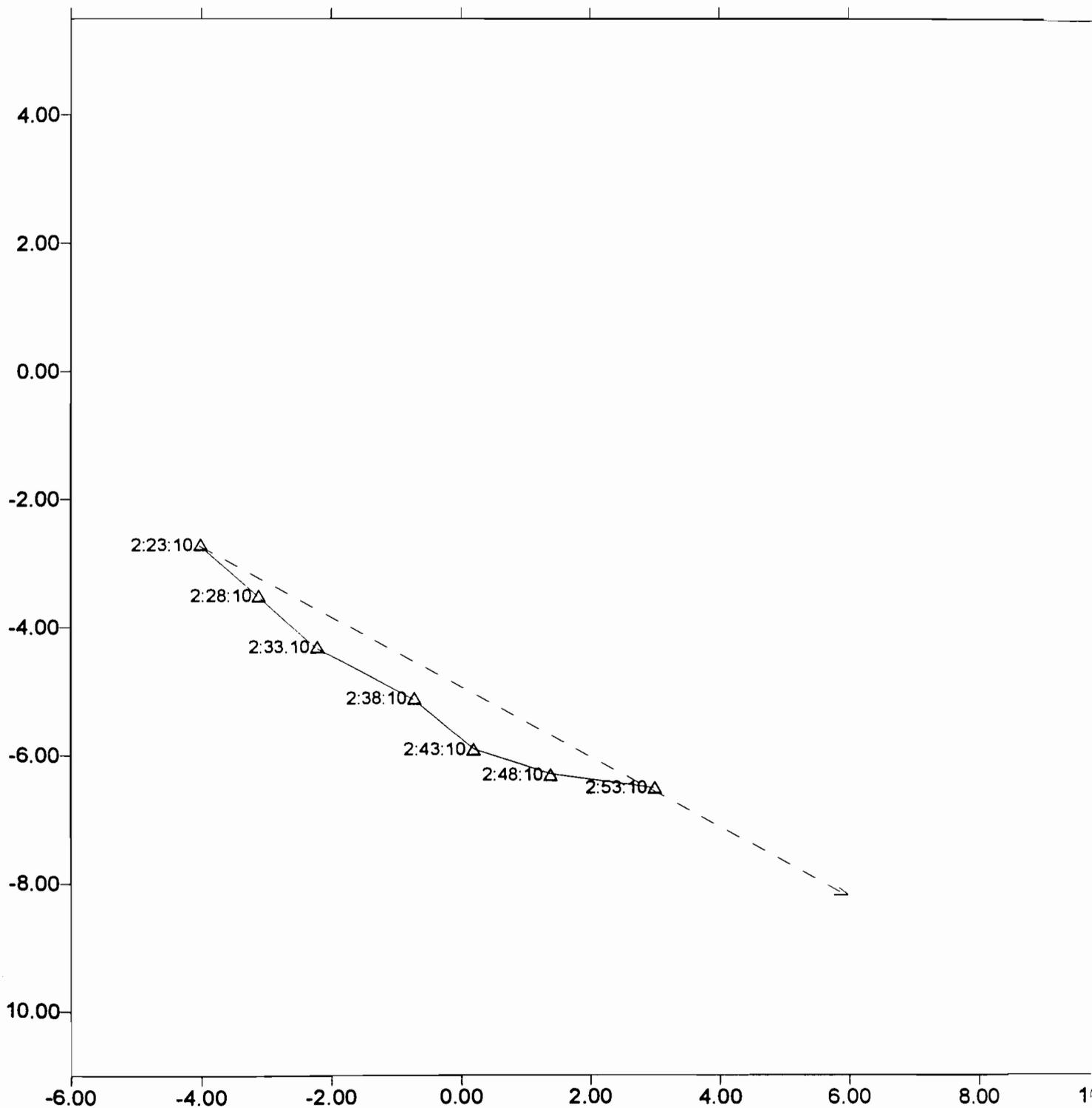
Vitesse moyenne : 1.32 m/s
Vitesse d'exploration : 1.19 m/s



BANCS N°: 10



C
Direction relative a la position du navire



Vitesse moyenne : 1.31 m/s
Vitesse d'exploration : 1.27 m/s

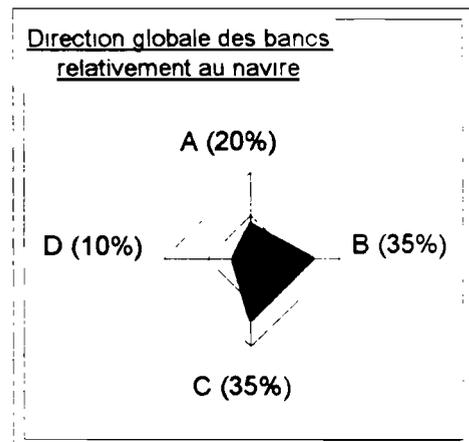
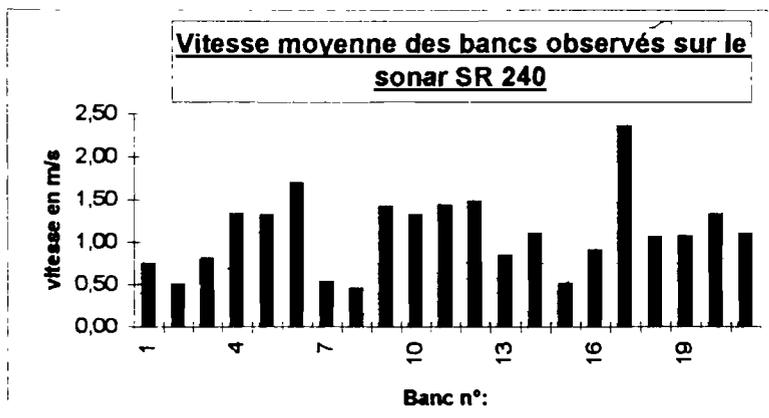
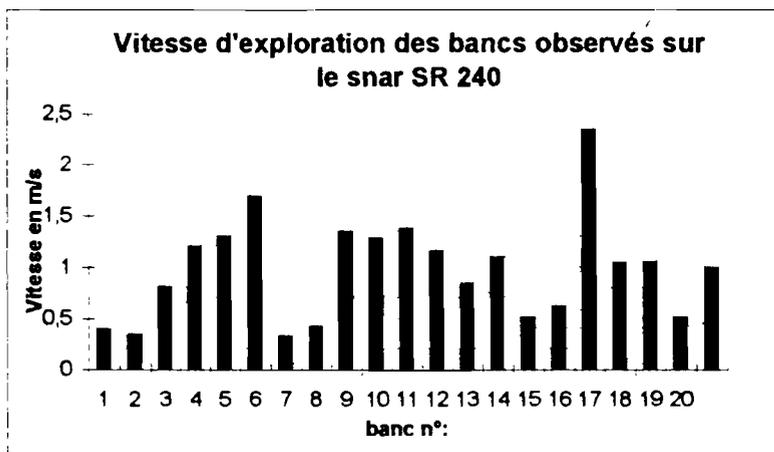


Banc n°:	vitesse moy.	vitesse explo.	Temps	Direction
1	0,74	0,3891	1 292	D
2	0,49	0,3397	1592	C
3	0,81	0,805	153	B
4	1,32	1,2	1142	C
5	1,31	1,295	825	C
6	1,69	1,686	313	B
7	0,52	0,322	2340	D
8	0,45	0,416	845	A
9	1,41	1,349	1500	B
10	1,31	1,277	1800	C
11	1,43	1,38	545	B
12	1,46	1,155	1142	C
13	0,84	0,837	300	C
14	1,09	1,089	300	B
15	0,50	0,502	300	C
16	0,89	0,614	900	B
17	2,35	2,346	300	B
18	1,047	1,036	1200	A
19	1,07	1,047	1200	A
20	1,32	0,502	1200	A
Moyenne :	1,09	0,988		

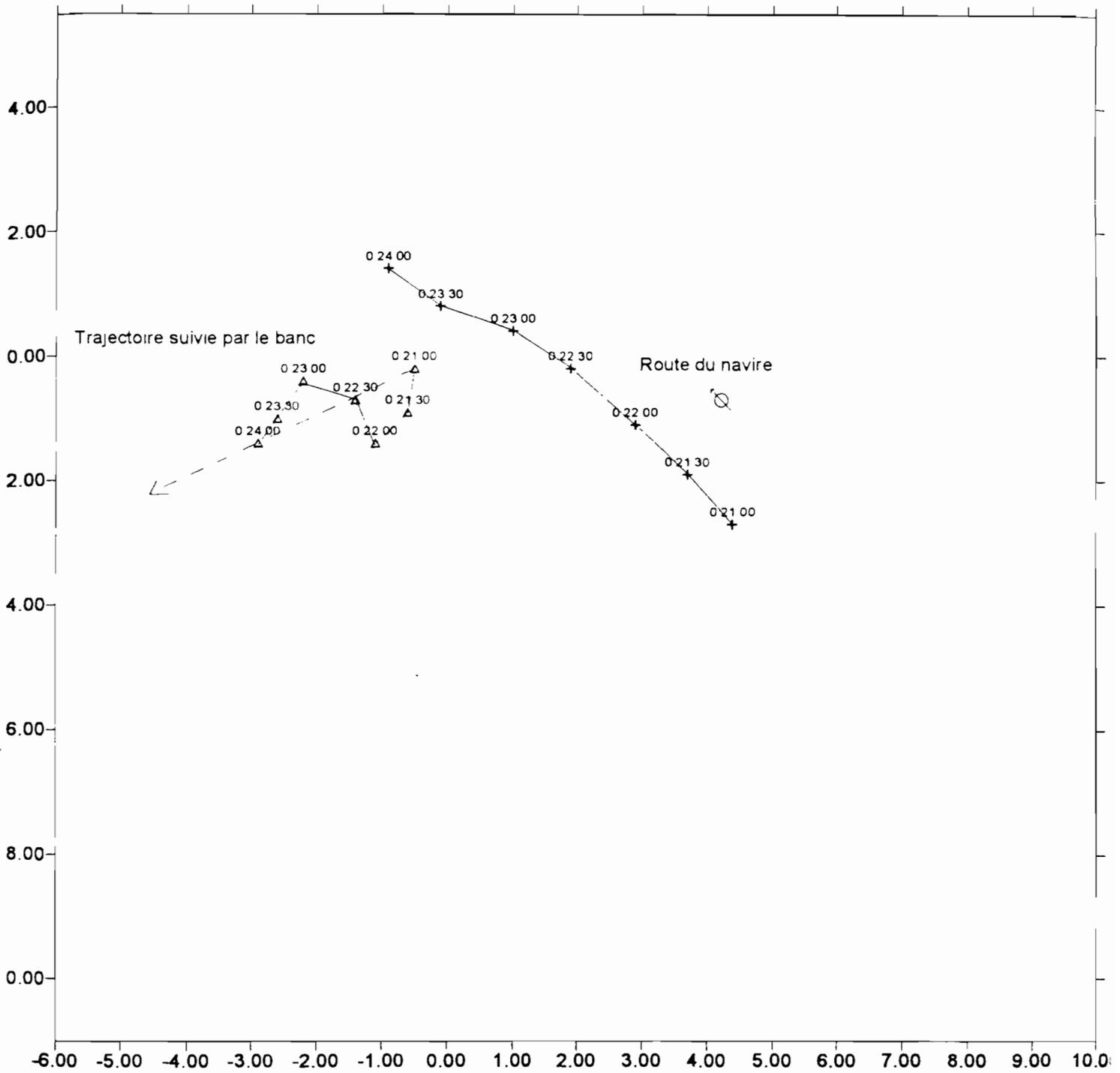
Direction	Nb de Banc
A	4
B	7
C	7
D	2

Unité : temps en secondes
distance en mètres
vitesse en m/s

Tableau des vitesses moyennes et d'explorations des bancs, ainsi que la direction globale des bancs, et leurs temps d'observations.



Annexe n°: 13.a



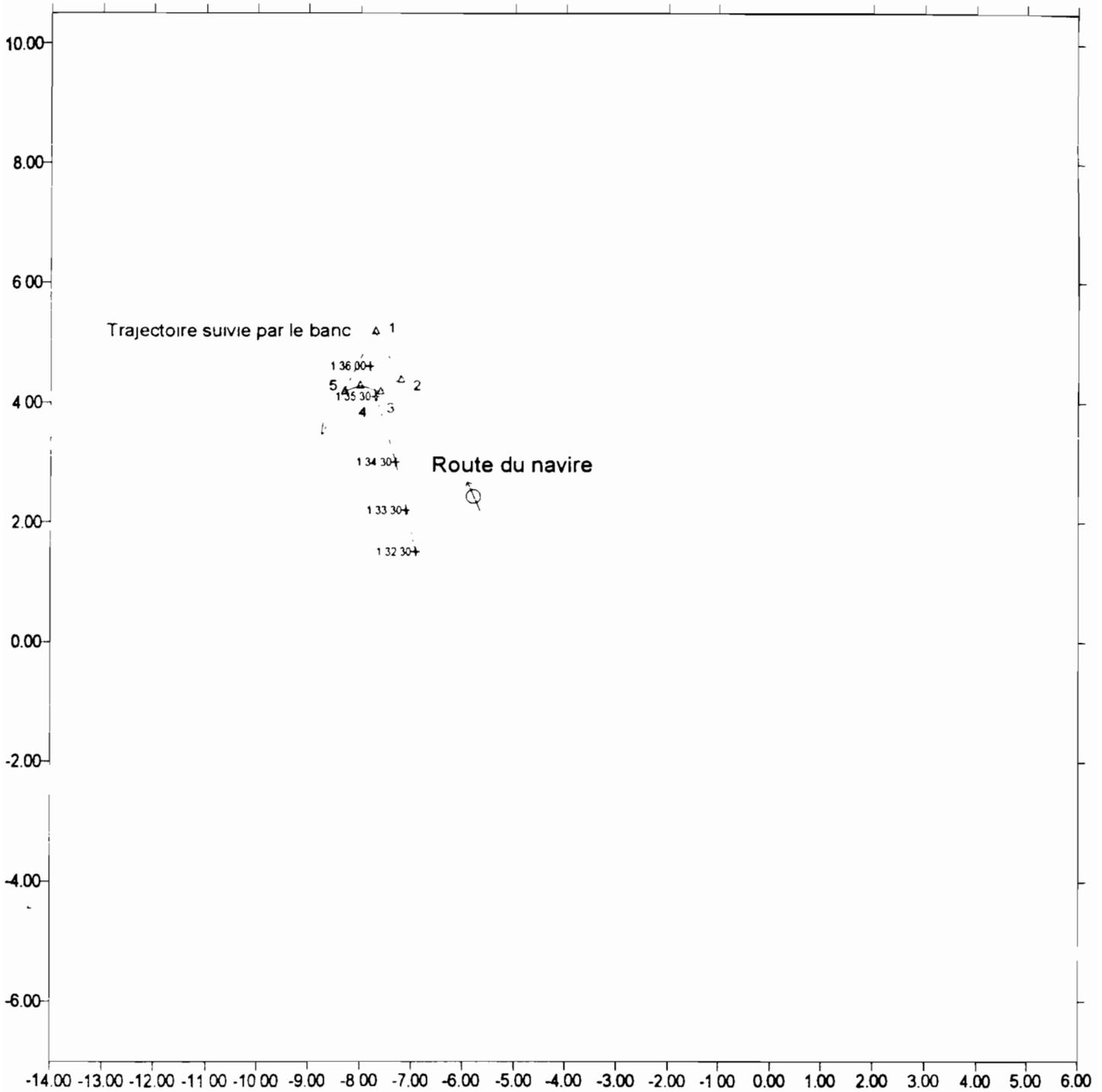
● Réaction " d'évitement d'un banc " face au navire faisant route ,
durant des opérations de " tracking " (poursuite de banc) .



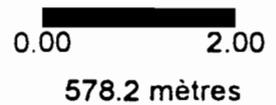
578.2 mètres

+ : Position du navire à un instant t .
 Δ : Position du banc à un instant t .
 Avec t en minutes et secondes
 relevé simultanément pour le
 navire et le banc .

Annexe n°: 13.b



● Absence de réaction d'un banc face au navire faisant route ,
durant une opération de " tracking " (poursuite de banc) .



+ : Position du navire à un instant t .
 Δ : Position du banc à un instant t .
 Avec t en minutes et secondes
 relevé simultanément pour le
 banc et le navire .

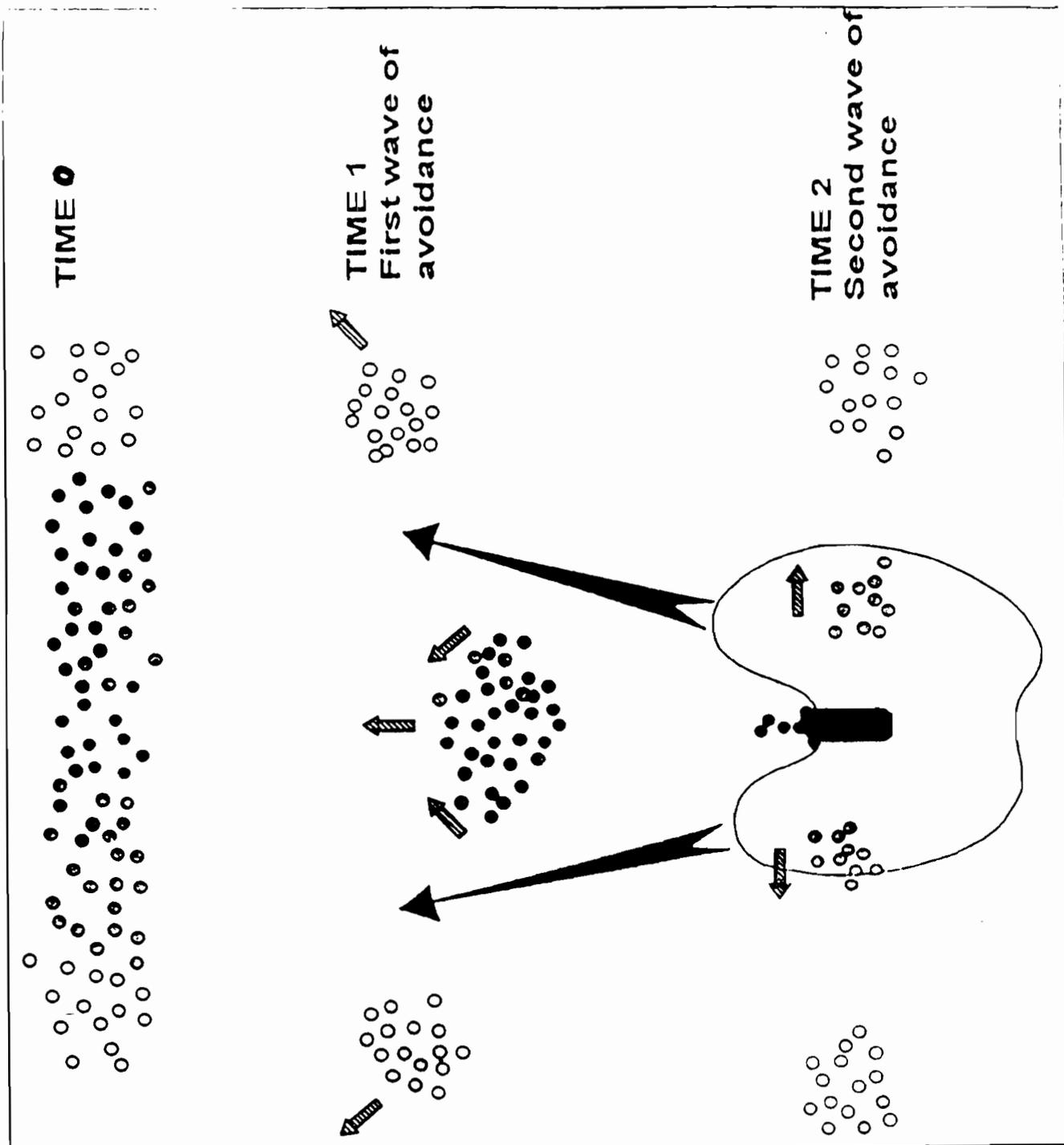


Fig. : Diagramme schématique de l'évitement , suivant un mécanisme de » double vague d'évitement » , selon M.Soria, P.Fréon, et F.Gerlotto.1996.

- Time 0 : Banc éloigné du navire
- Time 1 : Banc à une distance moyenne , 1° vague d'évitement
- Time 2 : Banc en dessous du navire , 2° vague d'évitement

(Fréon, et al. 1996)

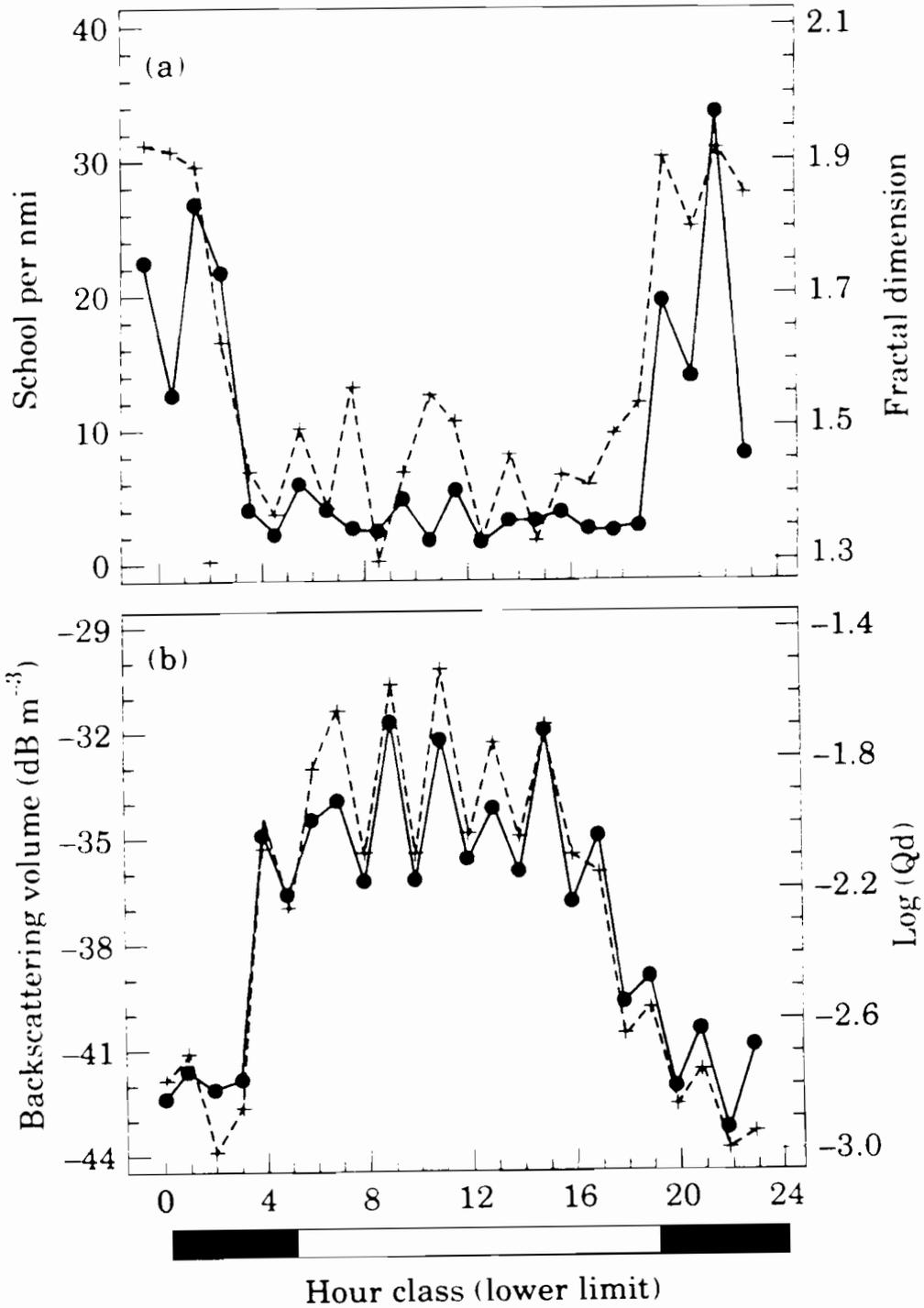


Fig.: Variation nyctémérale du nombre de banc, et de leur volume d'agrégation (en dB m⁻³). Le jour on observe une agrégation « maximum » avec un faible nombre de bancs, et la nuit un nombre plus élevé de bancs de moindre densité. Ce phénomène pourrait expliquer les résultats obtenus de la variation moyenne du nombre de banc que nous avons observé (cf. annexe n°9).

25

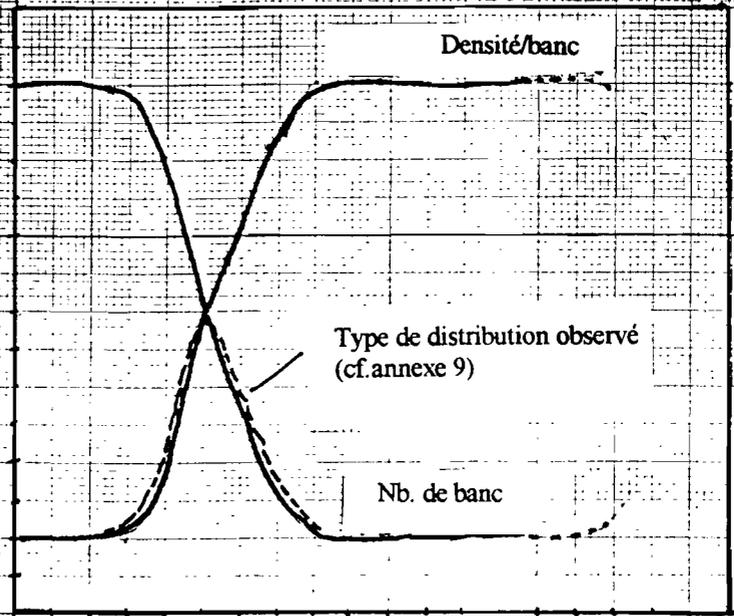
20

15

10

5

- Nombre de bancs observé
- Densité des bancs selon leurs valeurs agrégative.



Nuit Jour Nuit

→
Diminution du nombre de banc

→
Augmentation de la densité des bancs

Fig.: schéma approximatif de l'hypothèse formulé dans le § 5.1. : L'augmentation des bancs vues au sonar serait due à l'augmentation de leur taille, les petits bancs en dessous d'une valeur seuil, n'étant pas détectés au sonar. (cf. annexe n°:9)

ANNEXES

OBJECTIFS DU PROGRAMME VARGET (Résumé)

Dans un premier temps, l'objectif prioritaire du programme VARGET sera, en coordination avec les autres opérations du programme COMPAS dont il est partie prenante, de constituer une base de données acoustiques à partir des séries historiques qui ont été constituées par l'ORSTOM, le CRODT et la FLASA au cours des décennies 80 et 90. Cette base de données, tirée des campagnes acoustiques et en particulier des échogrammes, aura vocation à servir à diverses opérations de COMPAS, voire à d'autres programmes : ce sera le cas en particulier de MESSAGE avec le CRODT, de VECEP (programme européen) avec le Vénézuéla, du programme européen CLUSTER s'il est accepté, etc. Sans entrer dans les détails, disons qu'il s'agira d'extraire tout particulièrement les paramètres qualitatifs et spatiaux des échogrammes en suivant la méthodologie mise au point par Petitgas et Levenez sur quelques campagnes sénégalaises. Ceci évidemment en accord et en coopération avec la FLASA et le CRODT, respectivement co-inventeurs des données Vénézuéla et Sénégal.

C'est donc à partir de cette base de données et de ces sommes d'observation que le programme est proposé, avec la problématique suivante :

1. A partir de la base de données :

- Etablir une typologie des structures spatiales de *Sardinella aurita* sur trois stocks indépendants : Sénégal/Mauritanie, Côte d'Ivoire/Ghana, Vénézuéla.
- Rechercher dans les données historiques de prospection acoustique sur deux de ces stocks (Sénégal : 1980-1994; Vénézuéla : 1981-1992) les évolutions et la variabilité des structures spatiales (mesures sur les échogrammes).

2. A partir de campagnes et d'observations nouvelles : observer le comportement dynamique des poissons face à un même navire de prospection (le nouveau bateau de l'ORSTOM) sur les 3 stocks : réactions d'évitement latéral et vertical, réactions de jour et de nuit, vitesse moyenne de fuite, transformations d'un type de structures en un autre, déplacements nycthémeraux, etc.). Ceci répété sur 3 années.

3. Extraire les paramètres spécifiques invariants et les paramètres variables, à partir de l'ensemble de ces observations temporelles et géographiques, et tenter si possible de définir des caractéristiques propres aux différentes populations.

Ce programme devrait, suivant les résultats obtenus, mener à divers niveaux de compréhension des relations comportement/environnement :

- **au niveau le plus bas**, l'information minimale que l'on pourra extraire du programme, si la variabilité est très importante, sera la liste des caractéristiques spécifiques fondamentales du comportement de *S. aurita* : types de structures possibles, variabilité des réactions, etc.
- **à un niveau plus élevé**, on devrait pouvoir tester les facteurs environnementaux responsables des changements structuraux du comportement dans chacun des deux stocks les mieux connus (Sénégal et Vénézuéla).
- **enfin dans le cas le plus favorable**, il pourra être envisagé de rechercher dans l'histoire de l'exploitation par l'homme les raisons de différences significatives du comportement, "toutes choses égales par ailleurs".

Les paramètres à recueillir sont de plusieurs types :

- **les paramètres environnementaux**. D'une part les caractéristiques environnementales générales à l'époque de la campagne (images satellite avant -15 jours- et pendant la campagne); d'autre part les données hydrologiques de base : stations hydrologiques, mesures ADCP, transparence de l'eau.
- **les paramètres structurels** : forme, taille, densité, biomasse et position spatiale des bancs, observés au sondeur (Ines-Movies B pour l'analyse automatique des bancs; lecture des échogrammes pour les types) et au sonar latéral multifaisceaux.

Annexe n°:16

- les paramètres dynamiques : situation par rapport au navire (évitement vertical et latéral), vitesse de déplacement, changements circadiens dans les structures (observation et mesure au sonar latéral multifaisceaux).
- à ces données sur le comportement spatial il conviendra d'ajouter des données biologiques annexes, telles que reproduction, caractéristiques anatomiques, marques de croissance, caractéristiques génétiques...

MOYENS NECESSAIRES

Matériel

- sondeur dual beam (Biosonics) ou split-beam (SIMRAD), existant à l'ORSTOM
- sonar latéral multifaisceaux (SeaBat), existant à l'ORSTOM
- intégrateur INES-MOVIES B existant à l'ORSTOM
- sonde CTD, luxmètre, salinomètre et thermographe de surface
- courantomètre Doppler (ADCP), à poste sur le nouveau navire ORSTOM
- chalut pélagique, avec Net-sonde (à bord)
- instruments classiques de navigation (GPS, etc.); sonar multifaisceaux longue portée du navire.

Comme on le voit, le matériel lourd existe en totalité et le programme ne requiert aucun achat d'équipement coûteux supplémentaire. Pour le reste, le matériel sera celui utilisé en routine dans les programmes d'halieutique : micro ordinateur PC et logiciels courants, matériel de dissection, etc.

- Moyens d'analyse

- acoustique/sondeur : analyse des TS par logiciels SIMRAD ou Biosonics; analyse des caractéristiques des bancs par Movies B.
- acoustique/sonar : analyse d'image par les logiciels élaborés par notre équipe.
- caractéristiques spatiales : analyse géostatistique (EVA).
- analyse des tableaux de données historiques et campagnes (acoustique, biologique, environnementale) par analyse multivariée (AFC).
- analyses biologiques (gonades, pièces osseuses)

CAMPAGNE VARGET 1

Dakar, Sénégal, 25 février-9 mars 1996

1. DESCRIPTION DES ACTIVITES

1.1. Zone de travail et route de prospection

La zone de travail se limitera à la Petite Côte du Sénégal, du Cap Vert à la frontière sud du pays. Les radiales seront orientées sur les parallèles, es seront espacées de 10 milles. La prospection générale se réalisera en continu à une vitesse moyenne de 6 noeuds.

1.2. Activités prévues

- Calibration. Avant le démarrage de la prospection une calibration des sondeurs OSSIAN et BioSonics sera réalisée dans la baie de Gorée.
- acoustique. Le long des radiales de la prospection générale la prospection acoustique se fera avec le sondeur OSSIAN en fonction multifréquence et le sonar RESON. Le sonar SIMRAD sera également mis en oeuvre et les données enregistrées, à condition qu'il n'interfère pas avec le sondeur.
 - OSSIAN : utilisé en multifréquence si possible (fréquence prioritaire : 120 kHz). Les réglages seront décidés lors de la calibration, en fonction des expériences antérieures. ATTENTION : autant que possible ces réglages devront ensuite être utilisés durant les deux autres campagnes VARGET.

Annexe n°:16

L'intégration se fera en fonction bancs; suivant la disponibilité du matériel, on peut prévoir en simultané l'intégration par couche en utilisant INES-MOVIES.

- sonar RESON. Durant la prospection générale il sera utilisé en plan vertical, perpendiculaire à la route du navire, sur tribord. La prospection sera continue sur 24 heures et les données seront enregistrées sur cassette S-VHS. Durant les expérimentations particulières il pourra être utilisé dans diverses positions, en fonction de expériences réalisées et des situations rencontrées. L'utilisation du sonar RESON sera prioritaire durant la prospection générale, mais pourra être subordonnée à l'utilisation du sonar SIMRAD durant la partie expérimentale.

- sonar SIMRAD. Il sera utilisé en routine durant la prospection générale (sauf s'il interfère avec le sondeur) en fonction « omni vertical » et prospection verticale sur 180° perpendiculaire à la route du navire. Dans la prospection expérimentale plusieurs réglages seront utilisés, en fonction des situations rencontrées. Lors des chalutages le sonar sera utilisé en tracking.

- sondeur BioSonics. Durant la deuxième partie de la prospection générale, des mesures de TS seront réalisées avec le sondeur BioSonics.

- ADCP : sera testé et mis en oeuvre uniquement s'il ne provoque pas d'interférences avec les autres équipements acoustiques.

- Pêches d'identification Des chalutages pélagiques seront effectués à la demande (en fonction des détections), et le temps éventuellement économisé lors de la route de retour (élimination de stations) sera consacré à des pêches supplémentaires. Durant la prospection expérimentale des coups de chalut seront réalisés en liaison avec des observations sonar.

2. PERSONNEL

Nom	Nationalité	Institut	qualité
François GERLOTTO	Française	ORSTOM	Chef de mission
Jean-Jacques LEVENEZ	Française	ORSTOM	Acoustique
Pierre PETITGAS	Française	ORSTOM	Statistique
Birane SAMB	Sénégalaise	ISRA	Acoustique
Luis GONZALEZ	Vénézuélienne	FLASA	Acoustique
Laurent DAGORN	Française	ORSTOM	Ethologie
Jacques GRELET	Française	ORSTOM	Electronique
Patrice BREHMER	Française	Université Mpl	stagiaire
Mr LE CORRE	Française	Agence GAMMA	photographe
X	Sénégalaise	ISRA	pêche

CALENDRIER PREVU

- 25 février 1996 : arrivée de l'ANTEA à Dakar
- 26 février : escale
- 27 février : calibration, puis début prospection générale
- 27 février au 4 mars : prospection générale
- 5 au 8 mars : prospection expérimentale
- 9 mars : escale Dakar
- 10 mars : départ de l'ANTEA

- 9 mars : délivrance des données acoustiques, hydrologiques et pêche aux différents laboratoires
- septembre-octobre : délivrance des données sonar aux différents laboratoires.