

*Trois décennies de pêche sardinière
semi-industrielle au Sénégal :
Analyses multivariées de la pêcherie, des
puissances de pêche et des rendements*

P. Fréon, I. Sow et J.J. Lévénéz

RÉSUMÉ :

On a analysé les évolutions à long terme de la stratégie de pêche et des rendements, ainsi que les sources de variabilité à l'échelle interannuelle, saisonnière ou nycthémérale en relation avec le cycle lunaire. La longueur de la série actuellement disponible justifie l'utilisation de différents outils de l'approche multivariée, dont on a comparé les mérites respectifs.

Bien qu'il existe une stratégie globale de pêche relativement bien établie et adaptée aux cycles de vie des espèces (migration, capturabilité), on a pu constater d'important changements au cours de la période, à différentes échelles de temps. L'analyse des correspondances multiples permet d'obtenir une image synthétique de cette évolution et des interactions entre les variables. Elle est confirmée par l'utilisation de modèles linéaires. Une étude de la puissance de pêche des bateaux a permis de mettre en évidence l'importance de la taille du bateau et de celle de la senne, et démontre l'importance des facteurs temporels de courte échelle sur les tendances à long terme. Les conséquences en terme d'estimation d'indice d'abondance sont soulignées.

ABSTRACT :

Three decades of industrial sardine fishing in Senegal : multivariate analysis of the fishery, fishing powers and yields.

The long term trends of the fishing pattern and yields and the factors responsible for the variability at different time scales (inter-annual, seasonal or diurnal in relation to the moon cycle) are studied. The length of data-series presently available justify the use of different tools of the multivariate approach, which have been compared.

Although a global fishing strategy adapted to the species life cycle (migration, catchability) results from a global analysis of the whole data set, some important modifications in this strategy occur from year to year. The multiple correspondence analysis gives a synthesis of this evolution and describes the interactions between variables. The use of linear models confirm these interactions. An analysis of the boat fishing powers indicates the influence of boat size and purse-seine size on the yield, and demonstrate the importance of short time scale factor on the long term trends. Consequences for the estimation of abundance index are underlined.

INTRODUCTION

La pêche sardinière sénégalaise dite "semi-industrielle" recouvre l'activité de petits senneurs basés au port de Dakar. Cette dénomination, bien que discutable, a été retenue afin de distinguer cette pêcherie, d'une part de la pêcherie artisanale et d'autre part de la pêcherie industrielle. La première est réalisée à partir de pirogues ne disposant pas à bord de moyens mécaniques de traction sur la senne, et dont les caractéristiques socio-économiques reposent sur des traditions anciennes de partage du travail, des investissements et des bénéfices (Stequert *et al.*, 1979; Fréon et Weber, 1983). La seconde est pratiquée par de gros chalutiers usine ou par des senneurs rattachés à un bateau usine (Chabanne et Elwertowski 1973; Boely et Ostvedt, 1976).

La pêche semi-industrielle sénégalaise est pratiquée depuis fin 1961 par des senneurs dont la taille moyenne varie de 15 à 32 mètres, mais qui est le plus souvent proche de 20 mètres. Les caractéristiques de cette pêcherie et de son activité ont été

régulièrement décrites par les chercheurs du CRODT (Centre de Recherches Océanographiques de Dakar Thiaroye). Parmi les nombreux travaux disponibles, on retiendra pour l'aspect descriptif : Champagnat (1966), Boely et Champagnat (1969), Boely et Dieye (1971), Boely et Chabanne (1975), Fréon *et al.* (1978), Boely (1980), Fréon (1988). L'objectif de cette étude est d'analyser les évolutions à long terme ainsi que les sources de variabilité à l'échelle saisonnière ou nycthémérale, avec en arrière plan une meilleure connaissance de la pêcherie et une estimation plus fiable des indices d'abondance. Ceci a bien sûr déjà été abordé par d'autres auteurs que l'on mentionnera au fil du texte, mais grâce à la longueur de la série actuellement disponible et à l'utilisation d'outils d'analyse multivariée, jusqu'à présent préférentiellement utilisés dans le domaine de l'écologie, certains aspects peuvent être mieux décrits. On n'abordera pas ici les autres aspects concernant l'évaluation des stocks et l'aménagement de la pêcherie, aspects traités dans d'autres publications et nécessitant la prise en compte des autres pêcheries exploitant les mêmes stocks.

MATÉRIEL

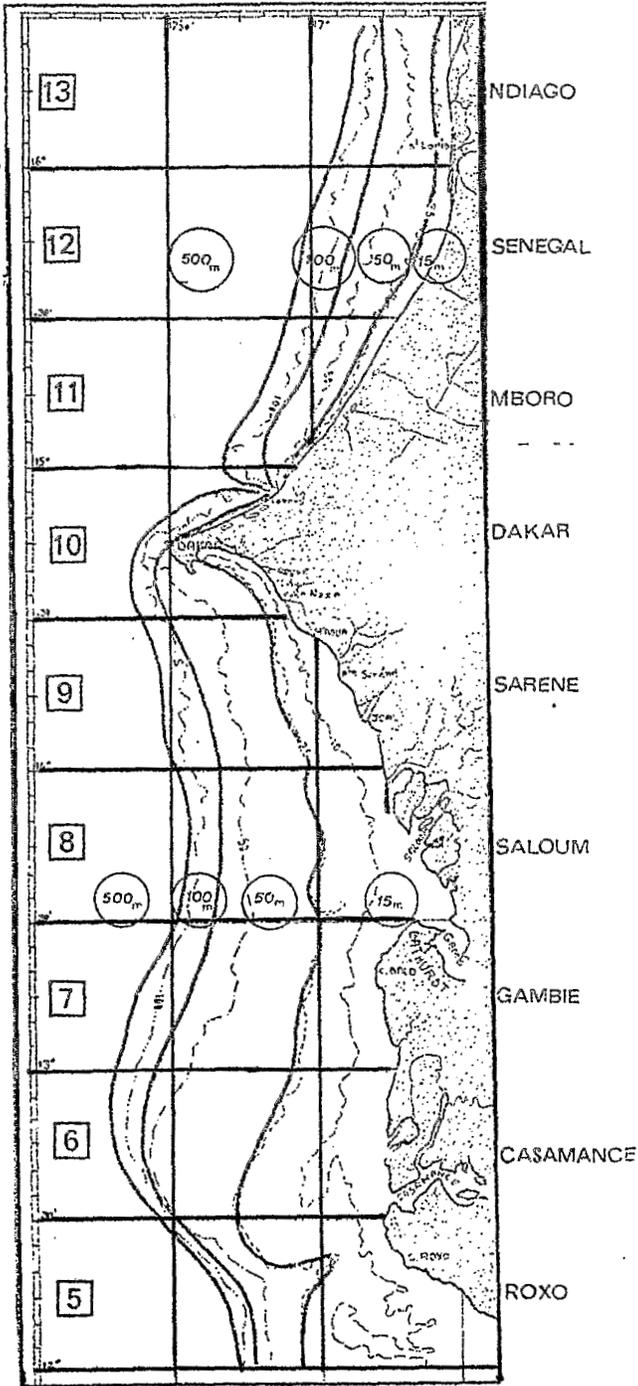
Cette étude est fondée exclusivement sur les données de débarquements des sardinières dakaroises recueillies par le CRODT et sur un fichier des caractéristiques de ces bateaux. On trouvera la description du système de collecte et de traitement préliminaire des données dans les références mentionnées ci-dessus et dans Fréon et Ndiaye (1979).

De 1961 à 1965, les données étaient uniquement obtenues par le dépouillement des carnets de bord et des livres des usines. De 1966 à 1968, un système d'enquêtes systématiques lors du débarquement a été progressivement installé par le CRODT au port de Dakar. De 1969 à nos jours, le système est resté globalement fonctionnel et les données ont été informatisées (à quelques exceptions près, dont l'année 1973 pour laquelle des estimations ont été réalisées pour quelques bateaux). Pour des analyses détaillées, seules les données postérieures à 1969 ont été utilisées.

Chaque enregistrement du fichier informatisé correspond à une visite de secteur par une embarcation (à l'exception de 1976, un seul secteur de pêche était prospecté au cours d'une sortie dans plus de 95% des cas). On a utilisé ici les variables suivantes :

- date;
- code du bateau;
- état de la mer indiqué par le patron de pêche;
- temps total en mer;
- temps de pêche (temps total moins temps de route estimé);
- heure de pêche, recueillie depuis 1975 uniquement (5 tranches horaires consécutives de durées inégales : 06h-10h; 10h-16h; 16h-19h; 19h-24h; 24h-06h, et 2 tranches larges, l'une de jour, l'autre de nuit pour les pêches de longue durée ou dont l'horaire est incertain : 06h-19h; 19h-06h);

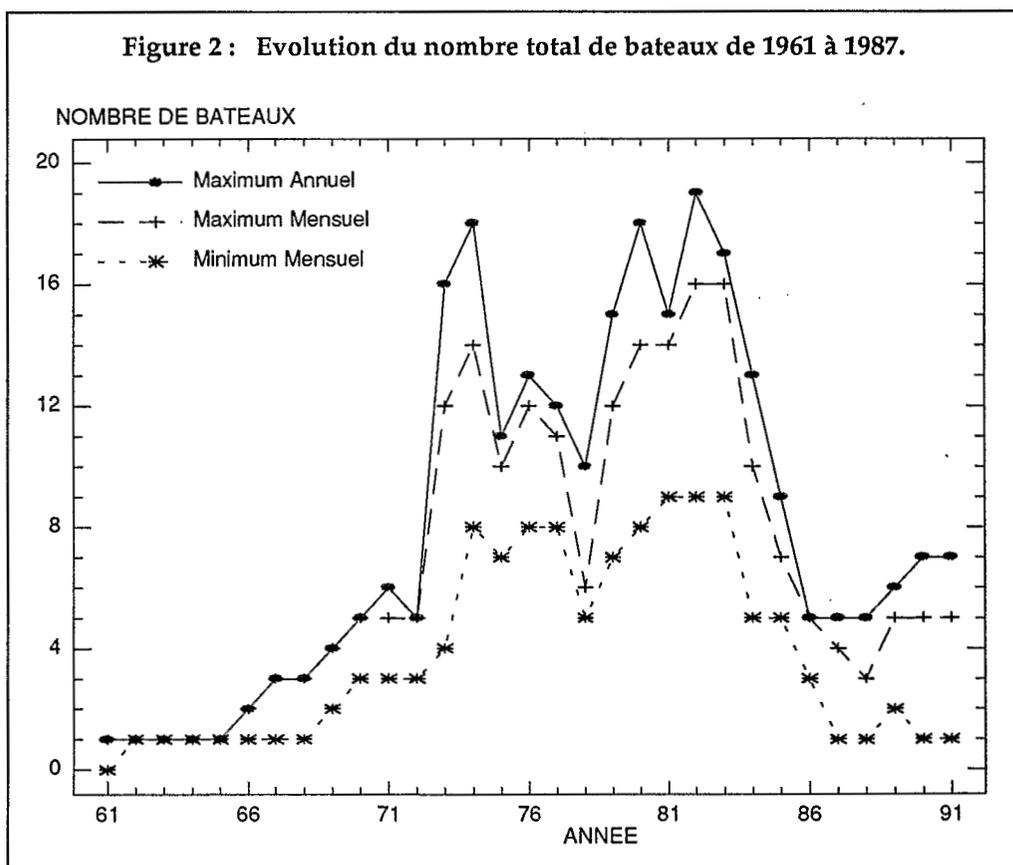
Figure 1 : Principaux secteurs de pêche retenus dans la codification
(d'après la carte n° 5847 de la SHOM).



- secteur de pêche (8 secteurs définis par leur latitude; (Figure 1) où seules apparaissent les principales);
- profondeur moyenne du fond (4 tranches : 0-25m; 26-75m; 76-150m; >150m);
- nombre de lancers de senne : total, "positif" (c'est à dire avec prise) et avec incident (filet déchiré ou incident mécanique); ces deux dernières informations ne sont disponibles qu'à partir de 1970;
- prises par espèce et par catégorie commerciale (8 classes de poids moyen individuel);
- destination du produit (usine, mareyeurs, congélation, mixte).

A partir de ces variables on a calculé d'autres variables, composites ou non. Les prises individuelles par lancer ou "calée" ne sont pas enregistrées dans le fichier, mais on dispose du nombre total de lancers et du nombre de lancers positifs, ce qui permet le calcul de divers indices de taille des bancs en limitant les biais liés à la saturation de l'unité de pêche et à la stratégie du patron en terme de sélection de taille des bancs (Fréon, 1991a). Toutefois on ne retiendra dans cette étude descriptive de la pêcherie que la prise moyenne par lancer positif (p.l.p.).

Figure 2 : Evolution du nombre total de bateaux de 1961 à 1987.



La prise par temps de recherche ou la prise par temps de pêche (temps de mer moins temps de route) sont considérées comme les meilleurs indices d'abondance disponibles pour ces pêcheries, bien que n'étant pas totalement exempts de biais (Fréon, 1980). Le temps de recherche est estimé en retirant du temps de pêche la durée des lancers (estimée en moyenne à 36 minutes par lancer) et la durée moyenne d'embarquement du poisson à bord en fonction de la prise (estimée à 42 minutes pour 10 tonnes).

On a calculé un indice d'intensité lumineuse nocturne sous la surface prenant en compte la réfraction et la surface éclairée du disque lunaire en fonction de hauteur de l'astre dans le ciel et de la phase lunaire (la couverture nuageuse, généralement très réduite en mer au Sénégal, n'a pas été prise en compte).

On notera que l'analyse s'arrête à l'année 1987, alors qu'à ce jour les données des quatre années suivantes sont disponibles. Ce choix est lié au déclin (Figure 2) et aux modifications profondes du schéma d'exploitation survenues dans la pêcherie ces dernières années, qui pour l'essentiel ont des causes extérieures aux stocks exploités. Ces changements nous incitent à considérer les résultats de la pêche comme étant non comparables à ceux des années antérieures.

MÉTHODES

Le jeu de données a été analysé d'une part à l'aide de logiciels statistiques et graphiques disponibles dans le commerce (Statgraphics, SAS, BMDP, ADDAD) et d'autre part de programmes écrits par les auteurs (calculs des cooccurrences d'espèces, indices d'abondance, calcul des phases lunaire, etc). Ces programmes font appel à des méthodes désormais classiques d'analyses multivariées (Benzecri, 1973; Lebart *et al.*, 1977). Afin de calculer les puissances de pêche relatives des différents sardi-niers, on a utilisé le programme PUIS2 (IFREMER Département des Ressources Halieutiques), dérivé de la méthode de Robson (1966). Il a été modifié afin de pouvoir traiter plus de 25000 visites réalisées par 35 bateaux dans 353 strates spatio-temporelles de 1969 à 1987. Les strates retenues sont bimensuelles et concernent uniquement quatre secteurs les plus fréquentés et définis en fonction de la latitude et de la profondeur (Dakar 0-25m; Dakar 25-75m; Sarène 0-25m; Sarène 25-75m). Les bateaux qui ont effectué au total moins de 100 visites au cours de ces 19 années n'ont pas été retenus dans cette analyse. Ce logiciel ne permet de calculer aucune des interactions entre facteurs, ce que nous avons pu faire avec le modèle linéaire de SAS, après transformation normalisante des indices d'abondance non nuls par la méthode de Box-Cox (Box et Cox, 1964). Nous avons de plus inclus dans le modèle d'autres facteurs temporels (heure de pêche, phase lunaire) et des variables quantitatives (intensité de l'éclairage lunaire, taille des bateaux et taille de la senne).

Quelques analyses en composante principale (ACP) ont été réalisées sur un nombre limité de variables quantitatives, à titre exploratoire uniquement. En effet, compte tenu du grand nombre de valeurs nulles pour certaines variables, et du fait de l'existence de variables qualitatives, on a préféré l'analyse factorielle des correspondances multiples (ACM). De plus l'ACM permet de déceler d'éventuels effets non

linéaires. On a donc recodé les données afin d'obtenir un tableau disjonctif complet dont on a ensuite croisé les éléments (tableau de Burt présenté en annexe). Le recodage en variable logique a été réalisé en retenant les classes suivantes et en prenant soin d'équilibrer les effectifs des classes de chaque variable, chaque fois que cela était possible :

- années; 4 périodes : 69-74; 75-78 ; 79-81; 82-87;
- mois; 6 bimestres : janvier-février; mars-avril; etc;
- taille du bateau; cinq classes de longueur : <19 m; 19-20 m; 20-21 m; 21-24 m; >24 m;
- état de la mer; maintient des trois valeurs codées : 1,2,3;
- effort de pêche; quatre classes de durée croissante : 0-6,5h; 6,5-8,5h; 8,5-10,5h; > 10,5 h;
- heure de pêche; maintient des 7 tranches horaires initiales, de durées inégales;
- secteurs de pêche; regroupement en deux zones : méridionale (Sarène, Saloum, et Gambie) et septentrionale (Dakar et Mboro), les autres secteurs étant peu fréquentés et trop éloignés pour être comparable aux précédents (autre biotope, autre stratégie de pêche);
- profondeur du fond; regroupement en deux tranches : 0-25 m et > 25 m;
- prise totale; quatre classes : 0 t 1-7 t; 7-19 t; >19 t;
- prise par lancer positif; trois classes : 1-3,8 t; 3,8-11,5 t; > 11,5 t;
- destination; maintient des quatre classes codées;
- phase lunaire; huit phases de durée égale : 1, 2 et 3, lune montante; 4 pleine lune; 5, 6 et 7, lune descendante; 8, nouvelle lune et code 0 pour inconnue;
- indice d'éclairement lunaire relatif; quatre classes équilibrées pour une répartition aléatoire de l'activité : 0-25; 26-55; 56-82; 83-100;
- "présence" des huit principales espèces (neuf variables en réalité car on a subdivisé en deux groupes de taille l'espèce *Sardinella aurita* afin de séparer les adultes des jeunes reproducteurs). On a retenu un critère empirique de présence (cf infra).

RÉSULTATS

Efforts de pêche

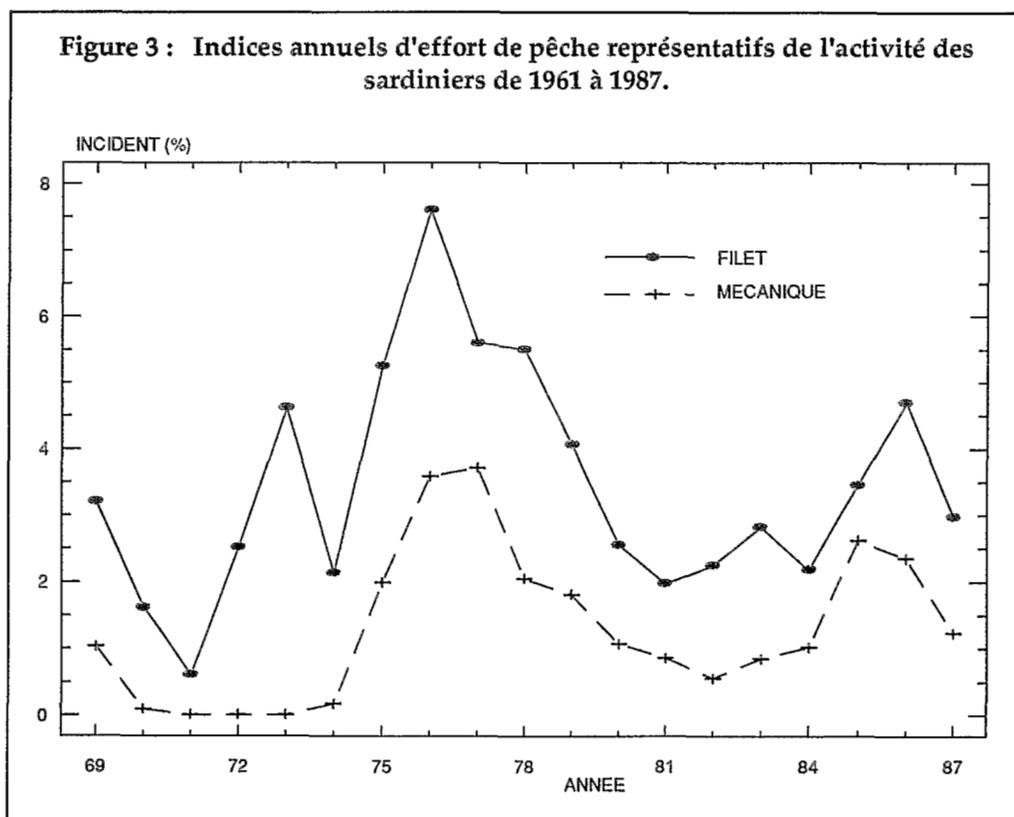
Variabilité interannuelle

Divers indices peuvent être utilisés pour mesurer l'intensité de pêche déployée par la flotte en fonction de l'objectif recherché.

L'activité globale du secteur sera bien décrite par le nombre de bateaux en activité, le nombre de sorties en mer et le nombre total d'heures en mer (Figures 2 et 3, Tableau. 1). Sur une quarantaine de sardiniers ayant travaillé depuis le début de la pêcherie, trois ont assuré à eux seuls 36% des sorties. On atteint 79% de l'activité avec seulement 12 bateaux. Sept bateaux n'ont jamais dépassé la centaine de sortie au cours de la période. L'évolution de l'activité des senneurs depuis 1962 peut se schématiser de la façon suivante :

- de 1961 à 1967 faible niveau d'effort;
- de 1968 à 1973 accroissement rapide de l'effort de pêche;
- de 1974 à 1977 stabilisation;
- de 1978 à 1982 nouvel accroissement rapide;
- depuis 1983 déclin de la flottille.

Figure 3 : Indices annuels d'effort de pêche représentatifs de l'activité des sardiniers de 1961 à 1987.



Le nombre de visites avec filet déchiré ou avec un incident mécanique peuvent constituer deux indicateurs intéressants à considérer : ils peuvent être reliés à l'état de vétusté et/ou d'entretien de la flotte (bien que n'étant pas exempt d'influences extérieures telles que l'habileté de l'équipage, le zèle de l'enquêteur et la taille des

bancs en ce qui concerne les déchirures de filet). Ces deux indices varient de façon synchrone sur la période d'observation (Figure 4), mais l'interprétation des résultats reste difficile et mériterait d'être approfondie (analyse par bateau, analyse économique du secteur, effet enquêteur).

AN	Nombre bateaux *	Variation mensuelle **	Nombre sorties	Heures en mer x 10 ***	Heures de pêche x 10 ***	Total lancers de senne	Lancers de senne positifs	Captures totales (t)
1961	1	0 à 1	19	77	?	?	49	398
1962	1	1	106	250	?	?	265	1488
1963	1	1	261	388	?	?	629	4218
1964	1	1	298	360	?	?	773	4990
1965	1	1	325	352	?	?	758	6519
1966	2	1 à 2	339	384	328	996	(883)	8826
1967	3	1 à 3	(311)	(373)	292	(715)	?	8500
1968	3	1 à 3	(729)	(702)	578	(1176)	?	14000
1969	4	2 à 4	1062	1167	1017	1922	1858	18406
1970	5	3 à 5	1210	1318	1146	1626	1510	17173
1971	6	3 à 5	884	1133	820	1023	906	14304
1972	5	3 à 5	1232	1320	1061	1843	1461	25006
1973	16	4 à 12	(1749)	(1299)	1602	(1935)	(1433)	31957
1974	18	8 à 14	2228	2655	2190	3739	2839	34009
1975	11	7 à 10	2240	2195	1882	3046	2415	31017
1976	13	8 à 12	2299	2253	1961	3339	2484	31745
1977	12	8 à 11	2323	2147	1855	3312	2441	27852
1978	10	5 à 6	1918	1777	1508	2763	2223	21566
1979	15	7 à 12	2250	2215	1873	3703	2808	26264
1980	18	8 à 14	2559	2634	2283	4420	3257	28267
1981	15	9 à 14	2827	2799	2613	5386	4288	31716
1982	19	9 à 16	3198	3272	3054	6368	4502	25310
1983	17 ****	9 à 16	2908	3065	2814	5190	3793	17892
1984	13 ****	5 à 10	1459	1527	1320	2605	1956	6990
1985	9 ****	5 à 7	1057	1086	918	1861	1378	5984
1986	5 ****	3 à 5	671	758	676	1299	833	3147
1987	5 ****	1 à 4	570	650	567	999	780	4708
1988	5 ****	2 à 4	439	482	439	838	582	2658
1989	3 ****	1 à 3	528	795	628	1143	955	9655
1990	3 ****	1 à 2	636	824	640	1097	877	17693
1991	2 ****	1 à 2	461	551	459	585	458	6916

Tableau 1 : Evolution de l'effectif de la flottille sardinière de senneurs dakarois traditionnels, de son activité et des captures totales depuis de début de la pêcherie.

- Bateaux ayant effectué au moins une sortie.
- ** Intervalle de variation du nombre de bateaux en activité au cours d'un même mois.
- *** Efforts non standardisés.
- **** N'incluant pas les gros sardiniers industriels (travaillent surtout en Casamance).

() Données extrapolées pour quelques bateaux

Figure 4 : Fréquence des incidents (filet déchiré et problème mécanique) survenus de 1969 à 1987.

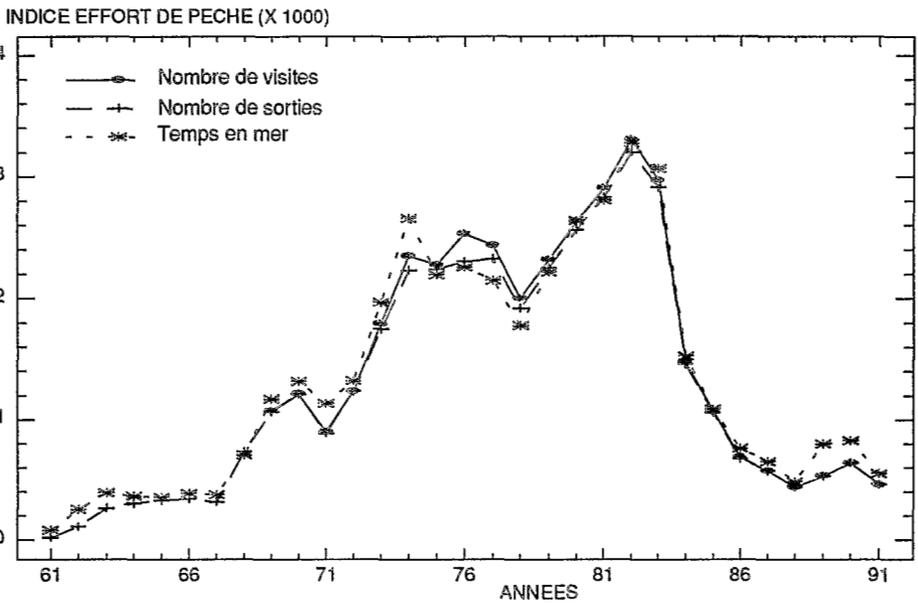
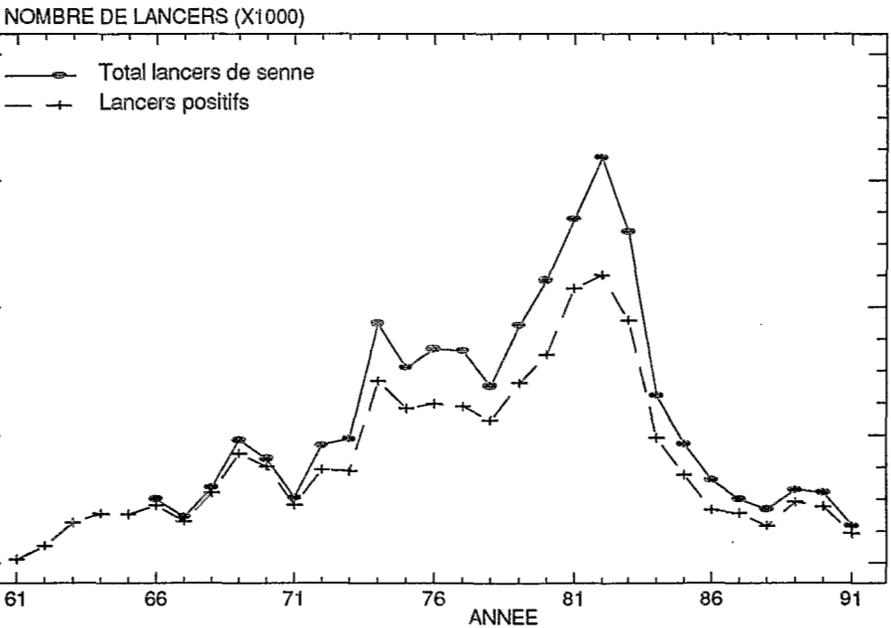


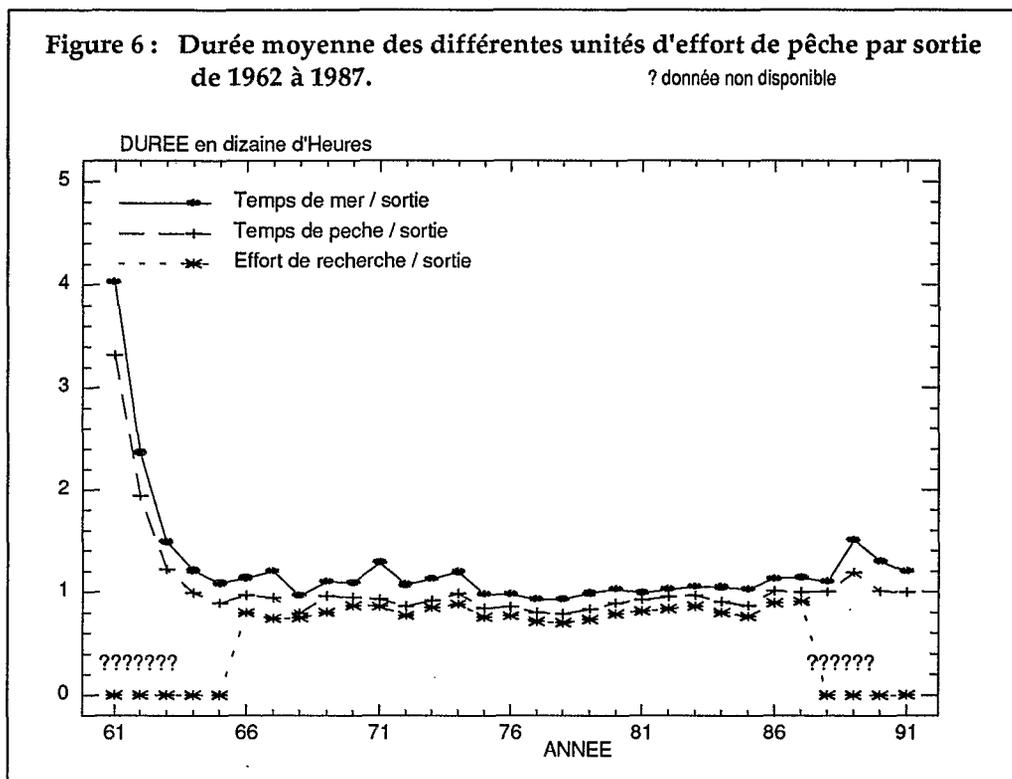
Figure 5 : Nombre de lancers total et de lancers positifs, de 1961 à 1987.



Si l'on cherche plutôt à mettre en évidence la pression de pêche subie par les stocks, on préférera des indices d'effort de pêche tels que le temps de pêche, le temps de recherche ou encore le nombre de lancers (Figure 5; Tableau. 1).

On notera toutefois que tous ces indices d'effort varient de façon parallèle (en dehors des premières années d'apprentissage) du fait qu'à ce niveau, la stratégie de pêche ne présente pas de trop fortes variations interannuelles. On relève cependant que la durée moyenne des sorties passe par un minimum durant les années 1975-79, qui demeure peu visible sur la figure 6 du fait de l'échelle imposée par les plus fortes valeurs.

Figure 6 : Durée moyenne des différentes unités d'effort de pêche par sortie de 1962 à 1987. ? donnée non disponible



La taille moyenne des bateaux, après pondération par le nombre respectif de leurs sorties effectuées sur la période d'observation, n'a pas changé considérablement (valeurs moyennes annuelles extrêmes : 22,53 m en 1983 et 20,15 m en 1986). Cependant, la gamme de tailles des bateaux en activité a augmenté brutalement en 1973 avec l'arrivée dans la pêcherie de trois gros bateaux (anciens thoniers transformés) travaillant irrégulièrement (Figure 7). Ces gros bateaux ont totalement cessé leurs activités en 1977 et 1978, puis certains d'entre eux l'on reprise de façon encore très irrégulière jusqu'en 1984, parallèlement à deux ou trois autres grosses unités. Par ailleurs, dès le début des années 80 sont apparues de petites unités (15-16 m) armées par le gouvernement dans le cadre d'un projet de la FAO.

Figure 7 : Taille moyenne et écart-type (barres verticales) de l'ensemble des sardiniers de 1962 à 1987.

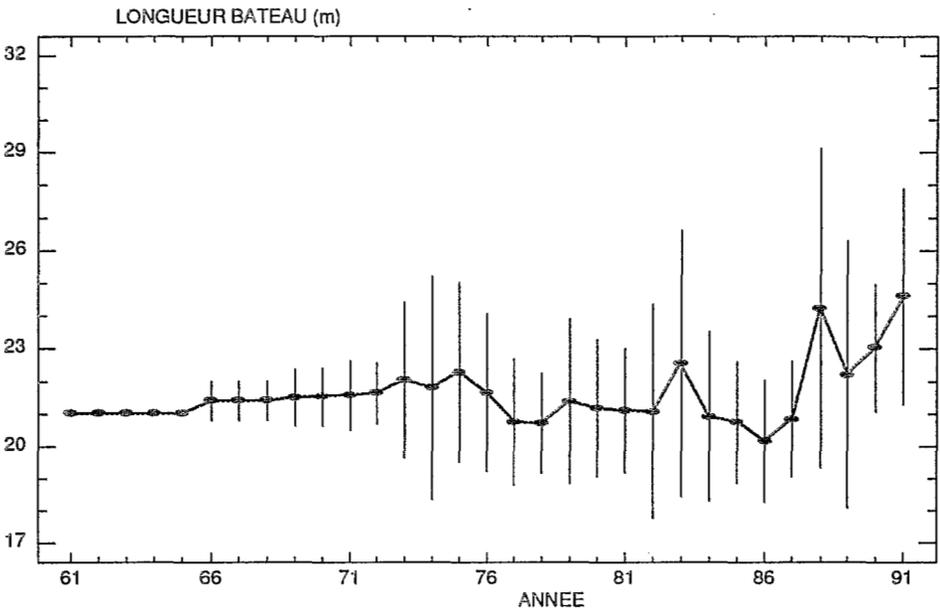
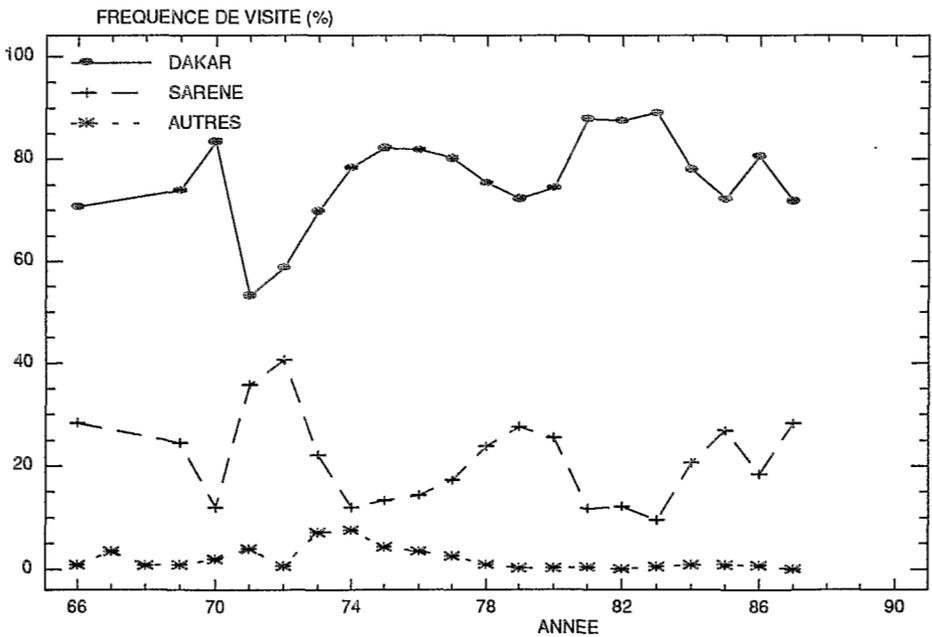
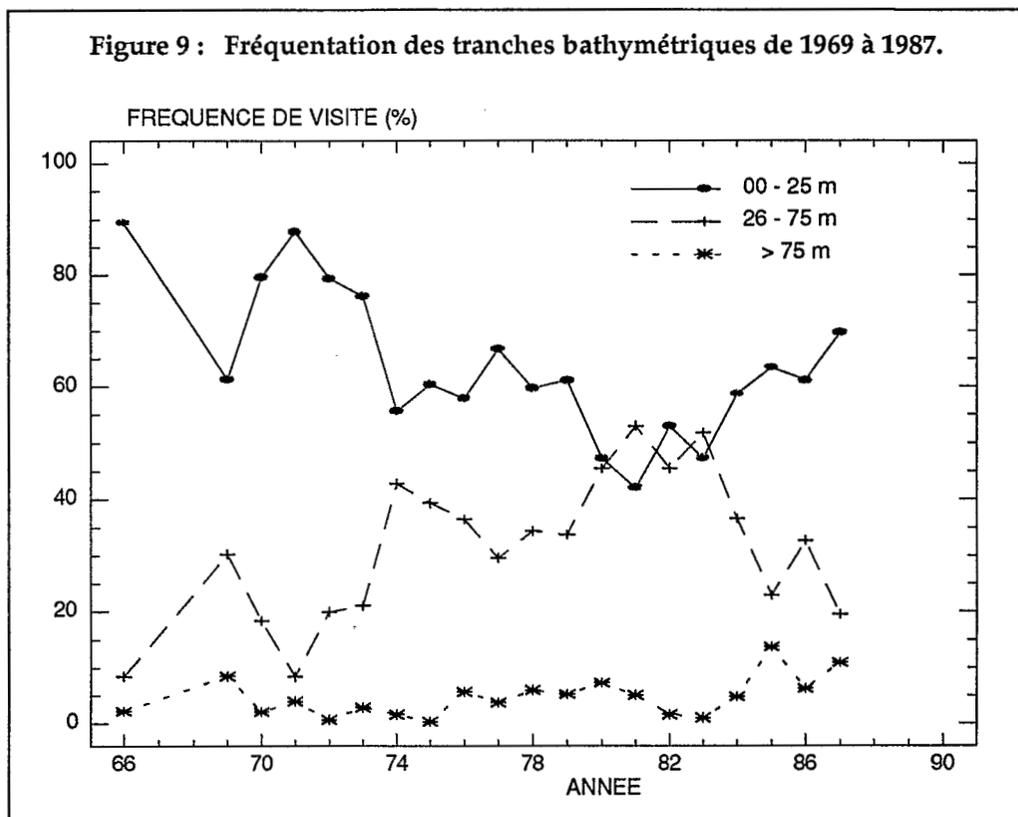


Figure 8 : Fréquentation des zones de pêche de 1969 à 1987.



La zone de pêche était autrefois légèrement plus étendue vers le sud et concernait davantage les secteurs peu profonds par rapport à la pêche de ces dernières années (Figures 8 et 9). Ces deux variables (profondeur de pêche et éloignement du port d'attache) sont étroitement corrélées ($r = 0,75^{**}$) en raison de l'élargissement du plateau continental sénégalais vers le sud, et du fait que les pêcheurs ne s'éloignent guère des côtes. Cette pratique tient probablement à l'absence de moyens de navigation à bord, ainsi qu'à la richesse des eaux côtières du sud.

Figure 9 : Fréquentation des tranches bathymétriques de 1969 à 1987.



Variabilité saisonnière

Depuis qu'elle est devenue régulière et stable, l'activité de pêche des sardinières présente en moyenne de faibles variations saisonnières dans l'intensité de pêche, en dépit de fluctuations interannuelles non négligeables (Figure 10). En revanche on observe une saisonnalité plus marquée dans les secteurs de pêche fréquentés (Figures 11 et 12), telle que relevée dans des travaux antérieurs (Champagnat, 1966; Boely et Chabanne, 1975) : de janvier à juillet la pêche a lieu essentiellement autour de la presqu'île du Cap Vert, et assez fréquemment aux accores du plateau continental, alors que le reste de l'année elle est très côtière et se déplace progressivement vers le sud.

Figure 10 : Variabilité saisonnière de la durée moyenne de l'effort de pêche de 1969 à 1987; les barres horizontales représentent les moyennes mensuelles, l'extrémité libre de chaque barre verticale représente la valeur mensuelle d'une année, la hauteur de la barre est donc l'anomalie.

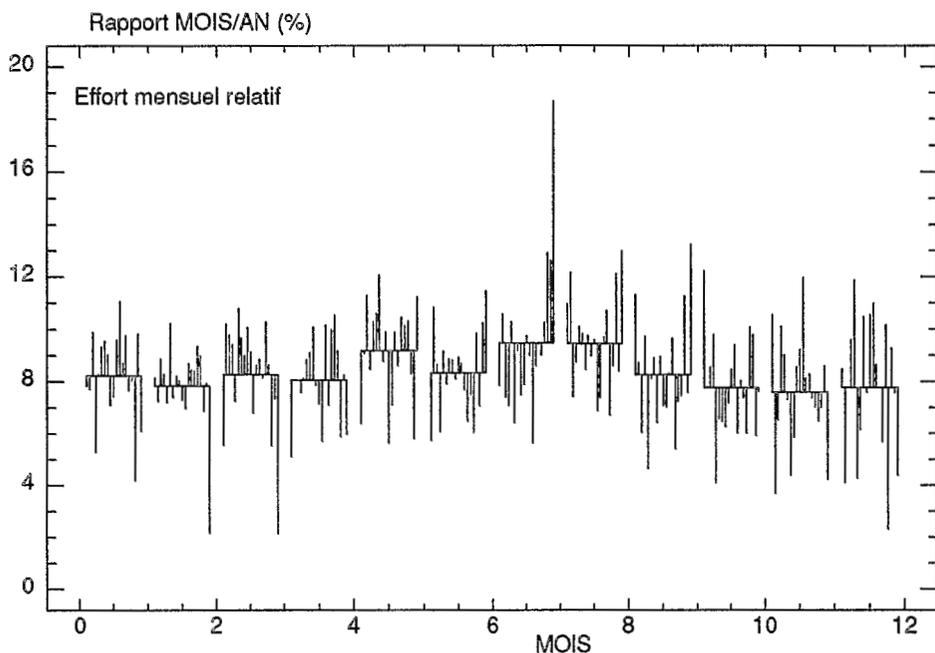


Figure 11 : Variabilité saisonnière des zones de pêche fréquentées de 1969 à 1987.

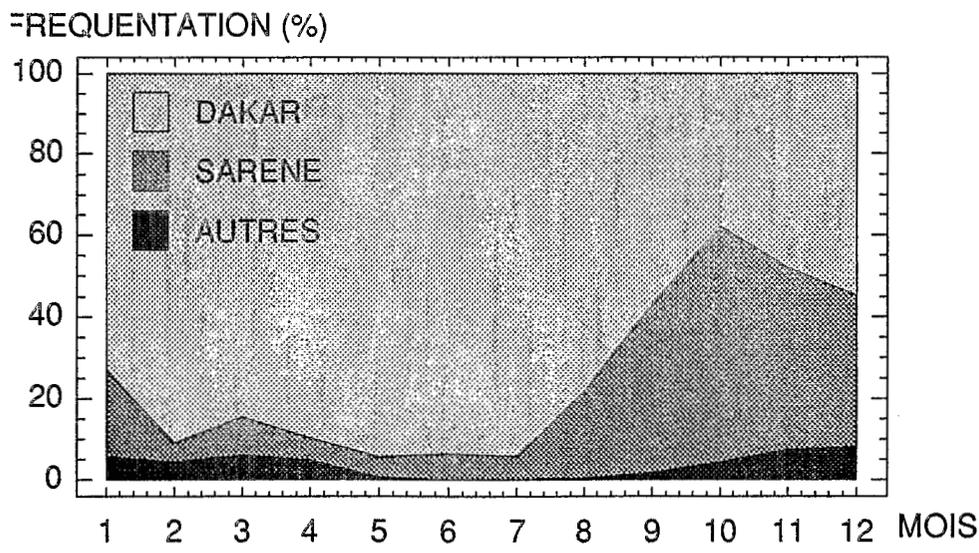


Figure 12 : Variabilité saisonnière des profondeurs moyennes des zones de pêche de 1969 à 1987.

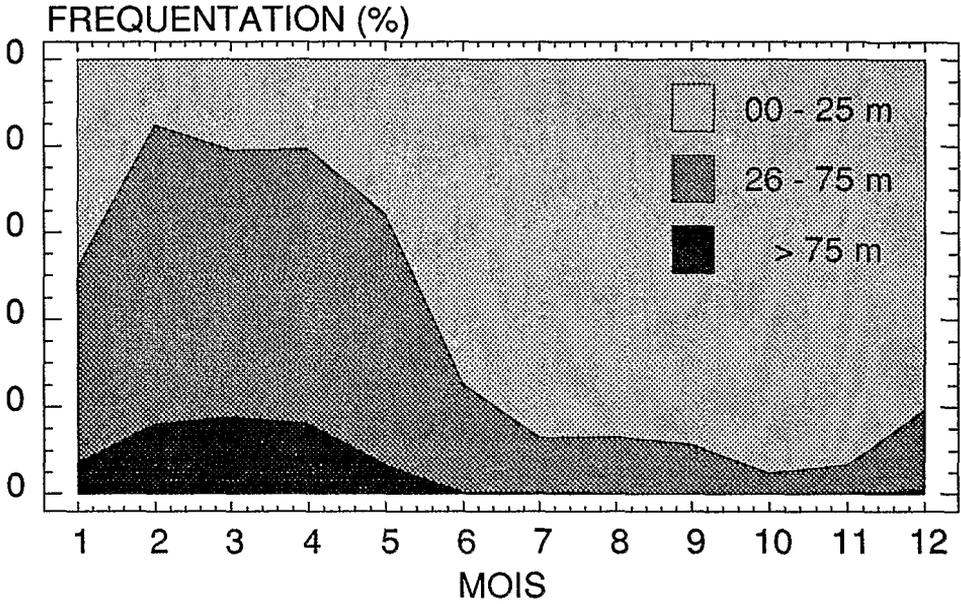
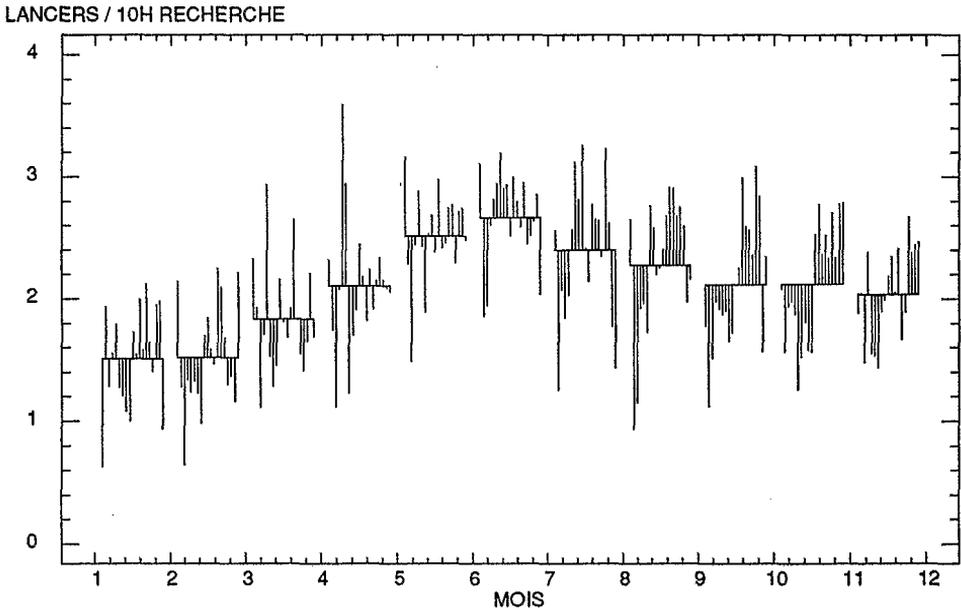


Figure 13 : Variabilité saisonnière du nombre de lancer par dizaines d'heure de recherche de 1969 à 1987.



Le nombre de lancers de senne par temps de recherche constitue à la fois un indice d'effort de pêche et d'abondance (relation avec la densité des bancs). Il présente une saisonnalité bien marquée, avec un minimum de 1 lancer par dizaine d'heure de recherche au cours du premier trimestre, et un maximum voisin de 2 lancers en milieu d'année (Figure 13), à une époque où les bancs sont nombreux et de petite taille (cf infra).

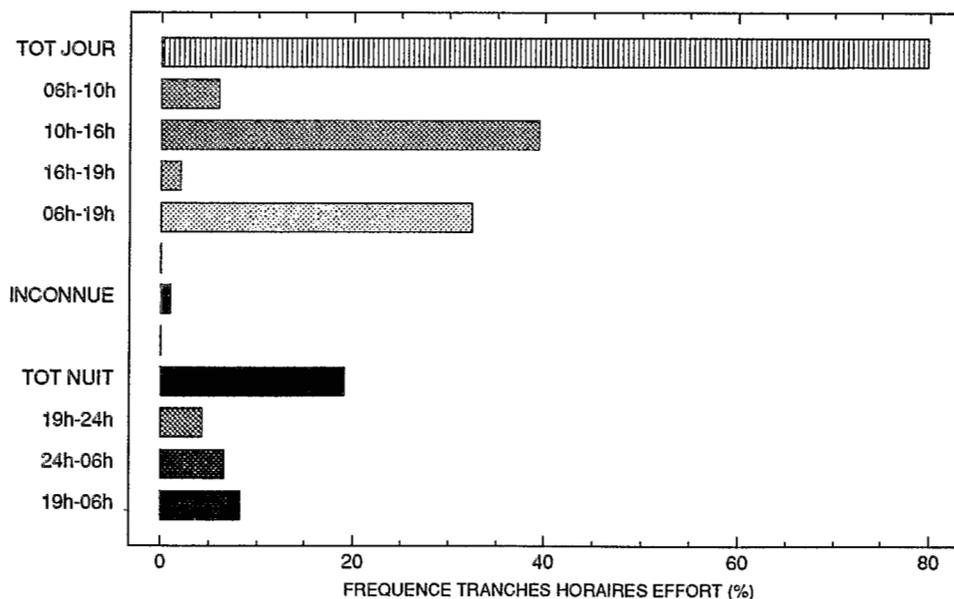
Le nombre de visites avec filet déchiré présente une nette saisonnalité, avec un minimum marqué en avril, mai et juin, tandis que les incidents mécaniques semblent plus fréquents en fin d'année. Ces deux variables sont indépendantes du secteur de pêche et de sa profondeur (résultats non présentés). L'interprétation de ces résultats reste délicate, d'autant que le signal saisonnier présente une forte variabilité interannuelle.

Variabilité nyctémérale

L'effort de pêche s'exerce principalement de jour (80% des sorties de la période 1975 à 1987). Une étude plus fine des horaires de pêche montre que l'essentiel de cet effort diurne correspond aux tranches horaires de mi-journée (10 h à 16 h) et journée entière (06 h à 19 h) tandis que les tranches horaires de début et de fin de journée (06 h à 10 h et 16 h à 19 h respectivement) sont beaucoup moins fréquentées (Figure 14), même si leur plus faible durée biaise un peu la comparaison.

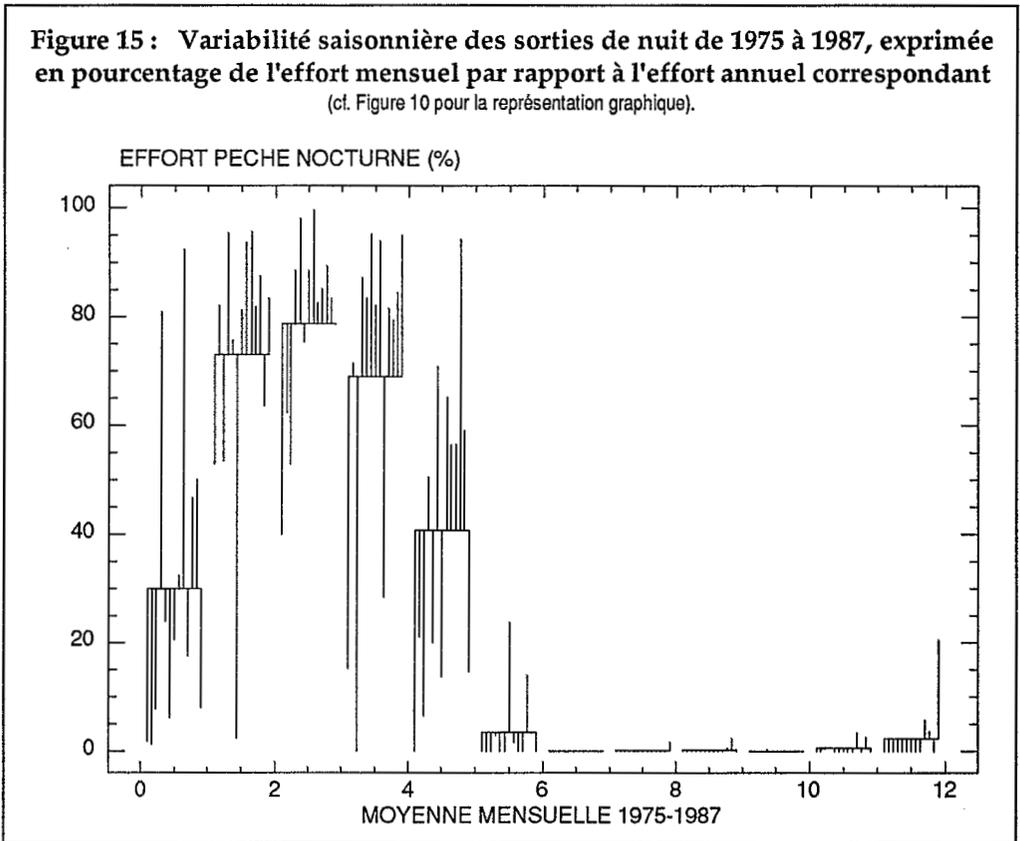
Figure 14 : Répartition moyenne de l'effort de pêche selon différentes tranches horaires de durées inégales, de 1975 à 1987

(les tranches 06h-9h et 19h-06h comportent une partie non négligeable de visites dont l'horaire est imprécis et qui pourrait appartenir à une tranche horaire plus courte).



L'allocation de l'effort de pêche dans le cycle nyctéméral varie en fonction de divers facteurs. Parmi ceux-ci, le signal saisonnier est de loin prépondérant : les sorties de nuit n'ont pratiquement lieu que durant le coeur de la saison froide, de janvier à mai (Figure 15), lors du passage des espèces migratrices. Bien que ce signal saisonnier (moyennes mensuelles, toutes années confondues) soit fortement corrélé au signal saisonnier de la vitesse du vent ($r = + 0,86^{**}$ pour une régression de type exponentiel) et davantage encore au signal des températures de surface ($r = - 0,94^{**}$) il est difficile à partir de ces simples observations de tirer des conclusions sur le déterminisme des fluctuations de l'allocation de l'effort de pêche journalier. La comparaison visuelle des anomalies saisonnières de 1975 à 1987 ne permet pas d'entrevoir l'existence d'une relation entre la fréquence des efforts nocturnes et la vitesse du vent ou la température.

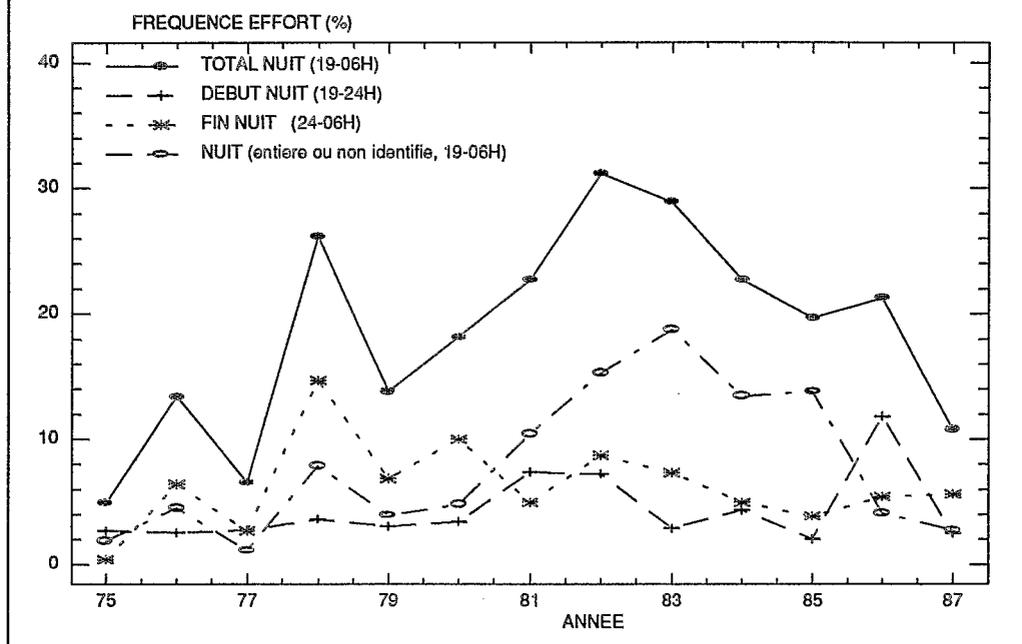
Figure 15 : Variabilité saisonnière des sorties de nuit de 1975 à 1987, exprimée en pourcentage de l'effort mensuel par rapport à l'effort annuel correspondant
(cf. Figure 10 pour la représentation graphique).



On note en effet une augmentation irrégulière de la fréquence des efforts de pêche nocturne de 1975 à 1982 (Figure 16), au détriment essentiellement des pêches matinales de 6 h à 10 h ou de l'ensemble de la journée (Figure 17). Toutefois, les fluctuations de la fréquentation de la grande tranche horaire correspondant en principe à l'ensemble de la journée (06 h à 19 h) pourrait être essentiellement un artefact lié à

une amélioration du recueil de l'information conduisant à mieux identifier les tranches horaires de courte durée : on note de fait une forte corrélation négative entre l'effort dans cette tranche et celui appliqué entre 10 h et 16 h; par ailleurs, s'il s'agissait réellement d'un changement d'allocation de l'effort, il devrait se traduire par une augmentation de la durée moyenne de l'effort par sortie, or ce n'est ce que l'on observe sur la Figure 6. De 1982 à 1987, la fréquence des efforts de pêche nocturnes a diminué régulièrement au profit des efforts de pêche diurnes dans les tranches horaires de milieu et de fin de journée, voire de l'ensemble de la journée (Figures 16 et 17).

Figure 16 : Fréquence des sorties nocturnes par tranche horaire (cf. Figure 14 pour commentaire) de 1975 à 1987.



Une autre source de variabilité de l'allocation de l'effort de pêche dans le cycle nyctéméral peut résider dans l'influence du cycle lunaire sur les rendements (cf infra). On a donc analysé la variation du nombre de secteurs visités en fonction de la tranche horaire et du cycle lunaire (Figures 18 et 19). On voit que de nuit l'influence du cycle lunaire est très marquée : globalement (enveloppe de la figure 18) les sardiniers travaillent deux fois moins en période de pleine lune qu'en période de nouvelle lune. Une étude plus détaillée montre qu'en période de lune montante, les pêcheurs préfèrent travailler en fin de nuit, c'est à dire après le coucher de lune, alors qu'en période de lune descendante ils travaillent plutôt en début de nuit, donc avant le lever de lune. De jour, l'influence de la lune sur l'effort semble peu marquée, quelle que soit la tranche horaire (Figure 19). La légère augmentation du nombre de visites en période de pleine lune correspond probablement au contre coup du faible nombre des sorties de nuit en saison froide.

Figure 17 : Fréquence des sorties diurnes par tranche horaire (cf. Figure 14 pour commentaire) de 1975 à 1987.

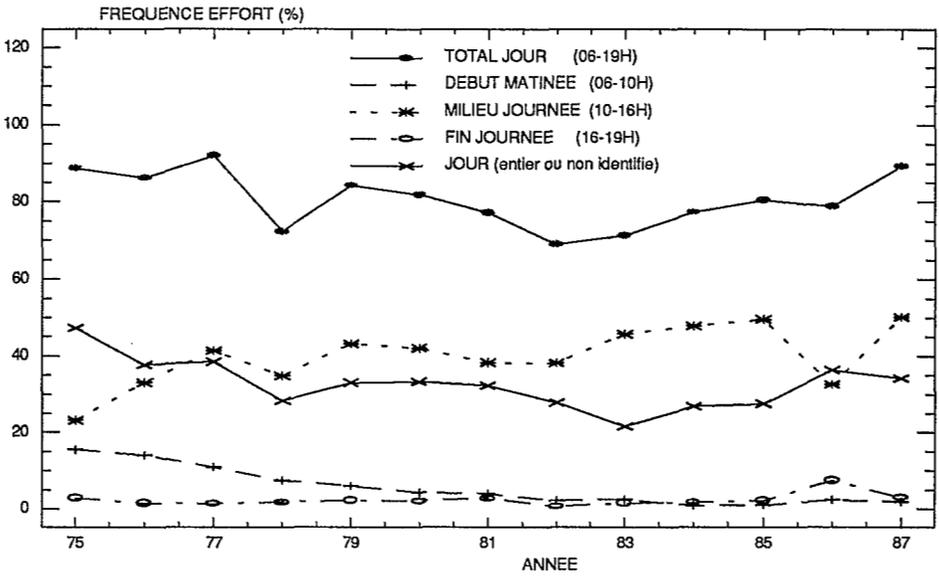


Figure 18 : Fréquence du nombre de visites par tranche horaire nocturne (cf. Figure 14 pour commentaire) selon le cycle lunaire (moyenne de 1975 à 1987).

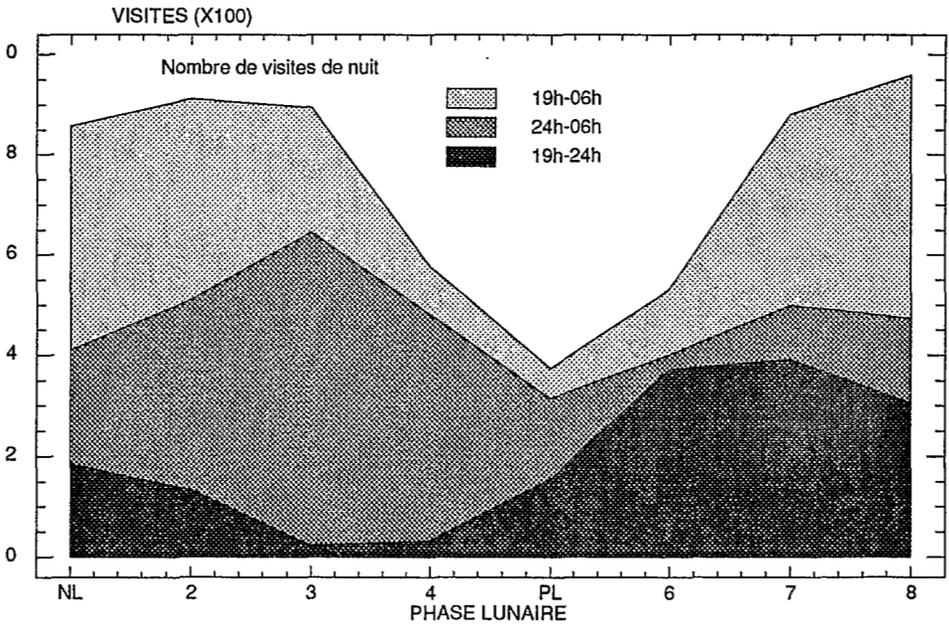
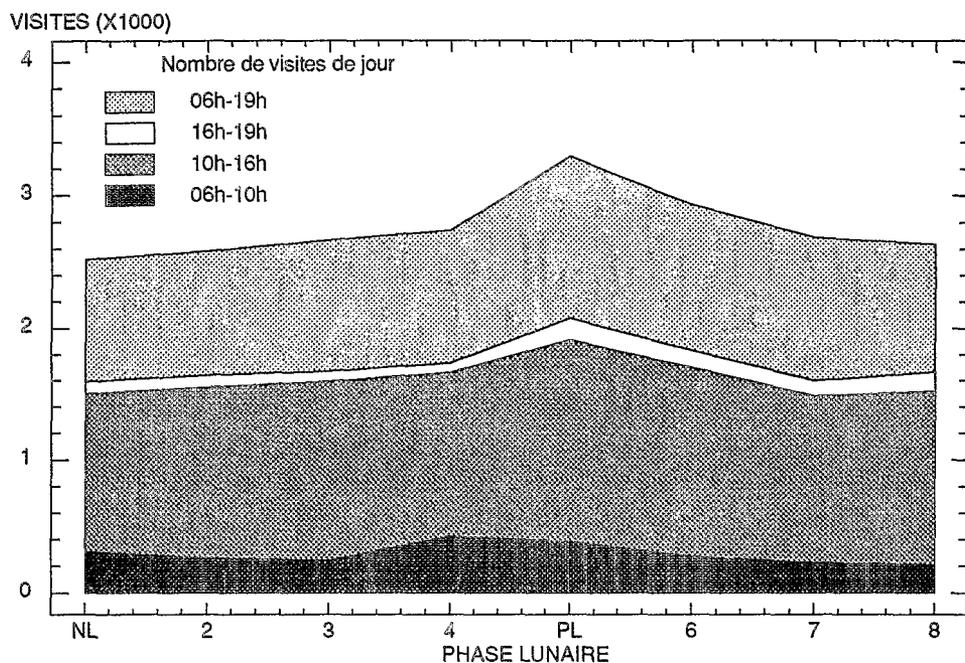


Figure 19 : Fréquence du nombre de visites par tranche horaire diurne (cf. Figure 14 pour commentaire) selon le cycle lunaire (moyenne de 1975 à 1987).



Captures

Généralités

La variabilité des captures est bien évidemment la résultante de celle de l'effort de pêche et de celle des rendements. Du fait que l'effort présente une faible variabilité saisonnière, nous n'avons pas jugé utile d'analyser ici le signal saisonnier des captures totales, préférant détailler celui des rendements. En revanche les indices d'effort ayant varié aux échelles interannuelle et nyctémérale, l'analyse de la variabilité des captures à ces deux échelles sera présentée ici.

Variabilité interannuelle

Les débarquements totaux annuels (Tableau. 1) sont largement dépendants des fluctuations de l'effort de pêche. Les fluctuations interannuelles de la composition spécifique ont déjà été analysées (Fréon, 1991a) et présentent pour toutes les espèces de larges variations, généralement sans tendance très nette, si ce n'est une diminution des jeunes *S. aurita* au profit de *S. maderensis* de 1969 à 1984, et une diminution de toutes les autres espèces de saison chaude (principalement *Pomadasys spp.*, *Choroscombrus chrysurus* et *Ethmalosa fimbriata*). Les fluctuations des espèces de saison froide (principalement *Caranx rhonchus*, *Scomber japonicus*, *Trachurus trecae* et les adultes de *S. aurita*) sont sans tendance.

Variabilité nyctémérale

On se limitera ici à rappeler les variations d'occurrences des différentes espèces en fonction de la tranche horaire de pêche. Certaines espèces ne sont capturées pratiquement que de jour (plus de 97% des cas), tandis que d'autres le sont de jour et de nuit, avec parfois une prédominance des captures de nuit (Fréon *et al.* 1989). C'est ainsi que l'on trouve dans le premier groupe les jeunes *Sardinella aurita* et toutes les espèces de saison chaude, ce qui n'est pas surprenant puisque nous avons vu que l'effort de pêche ne s'exerçait pratiquement jamais de nuit à l'époque de l'année où elles sont capturées. Dans le second groupe on observe les adultes de *S. aurita* (44% de jour), les chinchards (*Caranx rhonchus*, 44% et *Trachurus spp.*, 32%) et les maque-reaux (47%).

Rendements

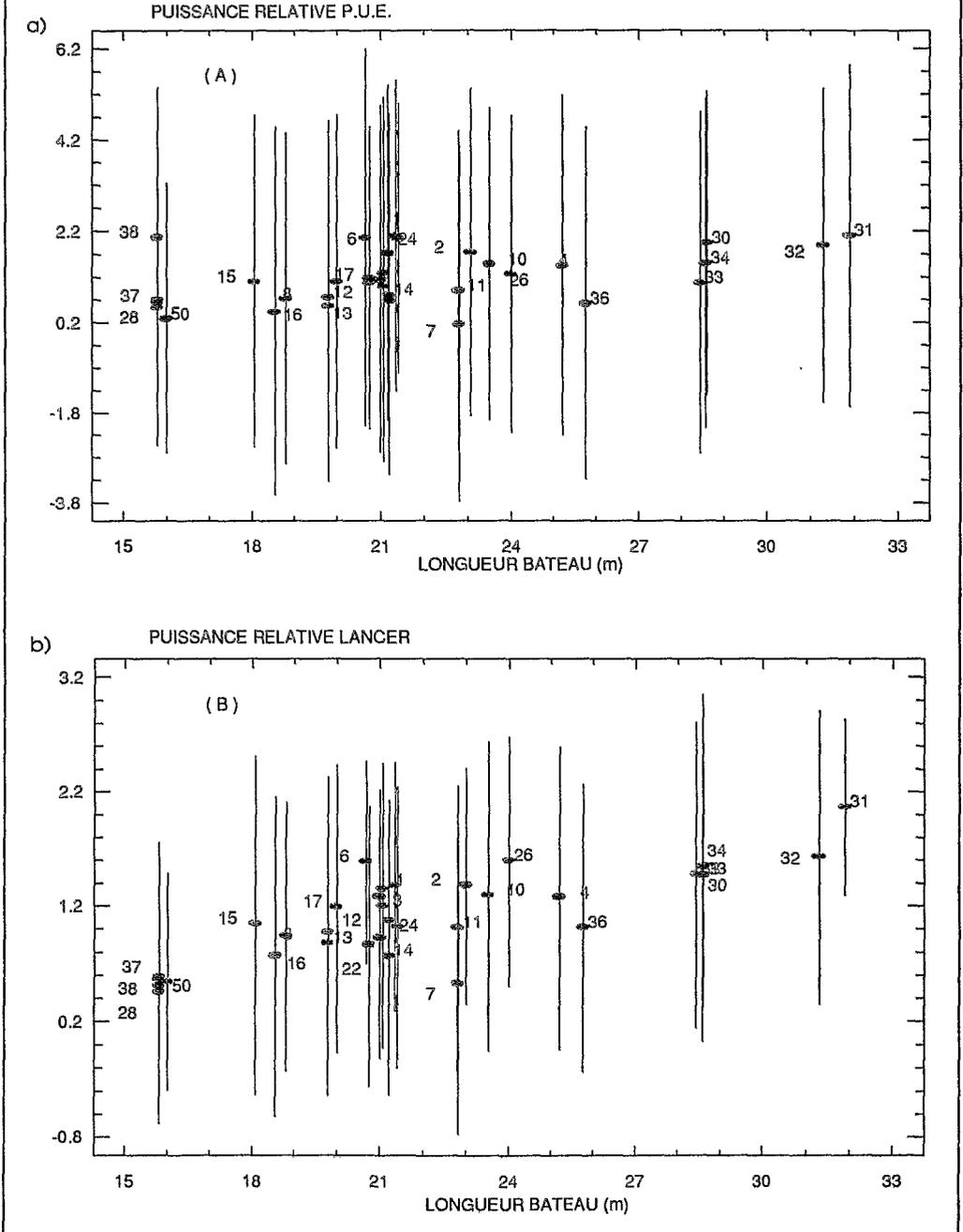
Puissance de pêche des unités

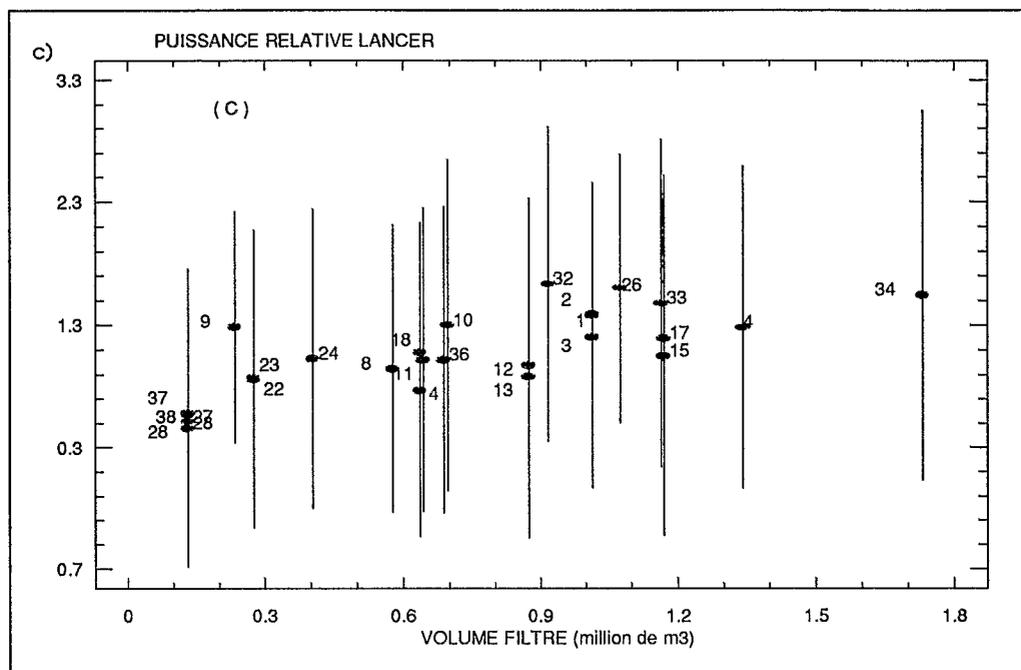
La faible influence de la taille des bateaux et des engins sur les rendements avait été mentionnée dans un travail antérieur, ne prenant en compte que les données de 1977-78 (Fréon, 1980). On a ici utilisé l'ensemble du jeu de données de 1967 à 1987 pour estimer les puissances moyennes par bateau à l'aide du logiciel PUIS2 qui applique en fait un modèle linéaire simple sans interaction (log p.u.e. = bateau + strate-spatio-temporelle). On voit que l'introduction récente des petites unités de pêche, et secondairement la réapparition des grosses, fait que la puissance de pêche moyenne est maintenant dépendante de la taille des bateaux. Cela apparaît dans les figures où la puissance moyenne du bateau est exprimée en prise moyenne par unité d'effort (Figure 20a où la valeur de r calculé sur les moyennes est de 0,44 *), et plus encore en prise moyenne par lancer (Figure 20b où $r = 0,84$ **).

De même la taille de la senne joue un rôle prépondérant comme l'avait souligné Brendel (1988). Nous avons utilisé comme variable le volume filtré par la senne, que nous avons assimilé à un cylindre, bien que cet indice puisse être amélioré par la connaissance des caractéristiques détaillées de l'engin dont nous ne disposons pas (Salas *et al.*, 1985). Les données longueur et chute de la senne sont extraites de Brendel (1988) pour 27 bateaux ayant travaillé de façon significative sur la période. On n'a pas pris en compte d'éventuels changements des caractéristiques de l'engin au cours de cette période. On voit que la puissance de pêche, exprimée en prise par lancer, est liée au volume filtré et donc aux dimensions de la senne (Figure 20c où $r = 0,77$ **). Une régression multiple entre cette puissance de pêche (variable dépendante) d'une part, et la taille des bateaux et le volume filtré par la senne d'autre part (variables indépendantes) explique 78% de la variabilité (r^2 multiple) et les coefficients de régression sont significatifs ($P < 0,01$), en dépit d'une forte colinéarité entre les variables indépendantes ($r = 0,66$ **). En revanche, si l'on exprime la puissance de pêche sous la forme de prise par unité d'effort de pêche (p.u.e.), elle est n'apparaît pas liée de façon significative au volume de la senne ($r = 0,35$). L'introduction de la puissance motrice dans la régression multiple n'apporte pas d'amélioration significative et n'est pas retenue par la méthode stepwise (seuil $F > 4$).

Figure 20 : Relation entre la longueur des bateaux et leur puissance de pêche relative exprimée en P.U.E. (a) ou en prise par lancer (b), et relation entre le volume filtré par la senne et la prise par lancer (c);

les chiffres indiquent le code du bateau, les barres verticales l'écart-type estimées par le logiciel PUIS2 (voir texte).





Il est vraisemblable que la puissance de pêche locale (Laurec et Le Guen, 1977) dépende essentiellement de la taille de l'engin de pêche (et secondairement de la taille des cales), alors que la taille du bateau intervient également dans la puissance globale (aptitude à pêcher plus loin, en particulier du fait de la plus grande taille des cales).

En conséquence, les analyses suivantes qui ont trait à des indices d'abondance, n'ont été réalisées que sur les bateaux de taille moyenne (18 à 23 m) qui ont en fait toujours représenté la majorité de la flottille, tout au moins jusqu'en 1987 où s'arrête notre analyse. Il s'agit là d'une solution plus grossière que celle utilisant la standardisation des puissances de pêche -dérivée de la méthode de Robson- retenue jusqu'à présent lors de la modélisation des stocks (Fréon, 1988). Elle a été préférée ici car elle évite d'avoir à effectuer des standardisations différentes selon que l'on considère les p.u.e. ou les prises par lancer. Ceci conduit à une meilleure "lisibilité" des résultats, en particulier pour l'analyse multivariée, résultats qui diffèrent en fait très peu de ceux obtenus par l'autre méthode comme nous avons pu le vérifier par l'utilisation du modèle linéaire (cf infra).

Variabilité interannuelle

L'objectif de cette étude n'étant pas de modéliser mais de décrire la pêcherie, on n'a pas cherché à obtenir des indices d'abondance les plus représentatifs pour chaque espèce, ce qui impliquerait l'utilisation de l'effort de recherche (non disponible avant 1969) et la mise en oeuvre pour chaque espèce d'un modèle linéaire prenant en compte non seulement les puissances de pêche, mais aussi des effets spatio-temporels à différentes échelles (voir l'exemple de la p.u.e. totale ci-dessous). On a préféré

Figure 21 : Prise par unité d'effort de pêche (P.U.E.) totale et des sardinelles de 1962 à 1987 (bateaux de 18 à 23 m).

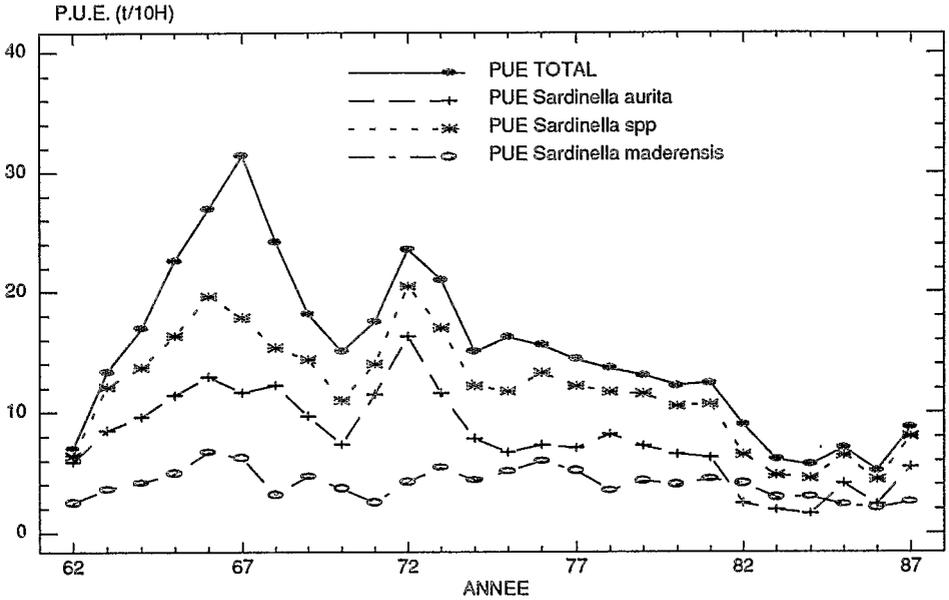
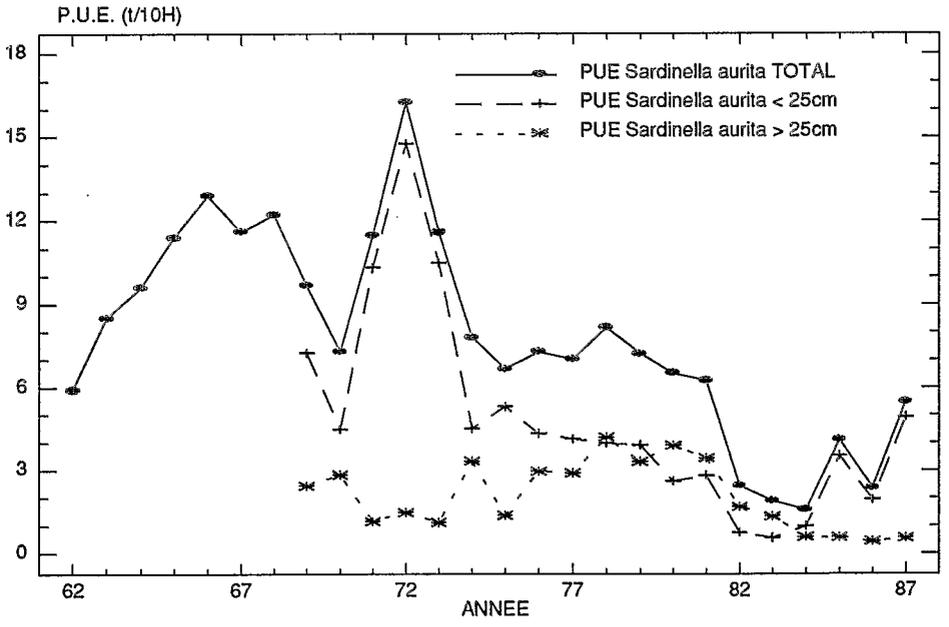


Figure 22 : Prises par unité d'effort de pêche (PUE) des sardinelles rondes de 1962 à 1987 (bateaux de 18 à 23 m).



retenir ici, comme expression de la p.u.e., la prise moyenne annuelle par dizaine d'heure d'effort de pêche des bateaux de taille moyenne, non pondérée par l'effort mensuel, quelle que soit l'espèce. Par ailleurs, l'effort retenu est ainsi plus proche d'un effort nominal, plus pertinent pour l'aménagement des pêcheries (Laloë et Samba, 1990).

Les p.u.e. totales annuelles présentent de larges variations interannuelles, dues pour l'essentiel aux deux principales espèces de Clupéidés : *S. aurita* et *S. maderensis* (Figure 21), qui représentent la majorité des captures. On notera que pour *Sardinella aurita* les fluctuations de rendement des jeunes reproducteurs (< 25 cm de longueur à la fourche) et des adultes ne sont pas identiques (Figure 22). Toutes ces variations ont déjà été expliquées par :

- l'effet d'apprentissage des pêcheurs jusqu'en 1966, qui est responsable de l'augmentation rapide et régulière des rendements (les améliorations technologiques ne semblent pas avoir joué un rôle prépondérant, les bateaux disposant tous d'un power-block et d'un sondeur dès 1961);
- l'augmentation de la pression de pêche (artisanale, semi-industrielle et industrielle) sur les stocks au cours de la période considérée;
- les variations interannuelles de l'intensité des vents au cours de la saison d'upwelling;

A partir de ces observations, des modèles globaux de production incorporant l'effet de l'upwelling ont été proposés pour les sardinelles (Fréon, 1984, 1988, 1991b).

Les p.u.e. des Pomadasidés et de *Choroscombrus chrysurus* -les deux principales espèces de saison chaude après *S. maderensis*- montrent ici encore un fort accroissement durant la période d'apprentissage (Figure 23). Leur déclin est ensuite beaucoup plus prononcé que pour les sardinelles. Concernant les Pomadasydés, il est probable qu'il s'agisse là du signe d'une surexploitation par l'ensemble des pêcheries (y compris la pêche chalutière) comme l'indiquent les modèles globaux de production appliqués (bien que dans des conditions limites) à ce stock (Fréon et Lopez, 1983). Pour les *Chloroscombrus* qui, contrairement aux Pomadasydés, ont une faible valeur commerciale, il est difficile de faire la part entre les effets de l'exploitation sur l'abondance et ceux provenant d'un changement d'espèces cible.

Les variations de rendements des autres espèces sont parfois plus erratiques et difficiles à expliquer, en particulier pour les chinchards (*Caranx rhonchus* et *Trachurus spp.*) capturés en saison froide. Il s'agit là de grands stocks migrateurs sur lesquels les pêcheries sénégalaises ont un impact minime.

Les prises par lancer (p.l.p.) et les p.u.e. de *S. aurita* et des deux espèces de sardinelles confondues montrent des tendances similaires (Fréon, 1991a). Ceci indique que le nombre moyen de lancers (incluant les coups nuls) par temps de recherche n'a pas varié considérablement au cours de la période d'observation. En effet, la p.u.e. est bien le produit de la prise moyenne par lancer (p.l., incluant les coups nuls) par le nombre moyen de lancers (n) divisé par l'effort de pêche (f) (p.u.e. = p.l. n/f). Seul un léger accroissement de n/f est noté à partir de 1970 (Figure 24).

Figure 23 : Evolution des prises par unité d'effort de pêche (PUE) des sardinelles plates (*S. maderensis*), des pomadasydés (*Pomadasys spp.*) et des plat-plats (*Chloroscombrus chrysurus*), de 1962 à 1987 (bateaux de 18 à 23 m).

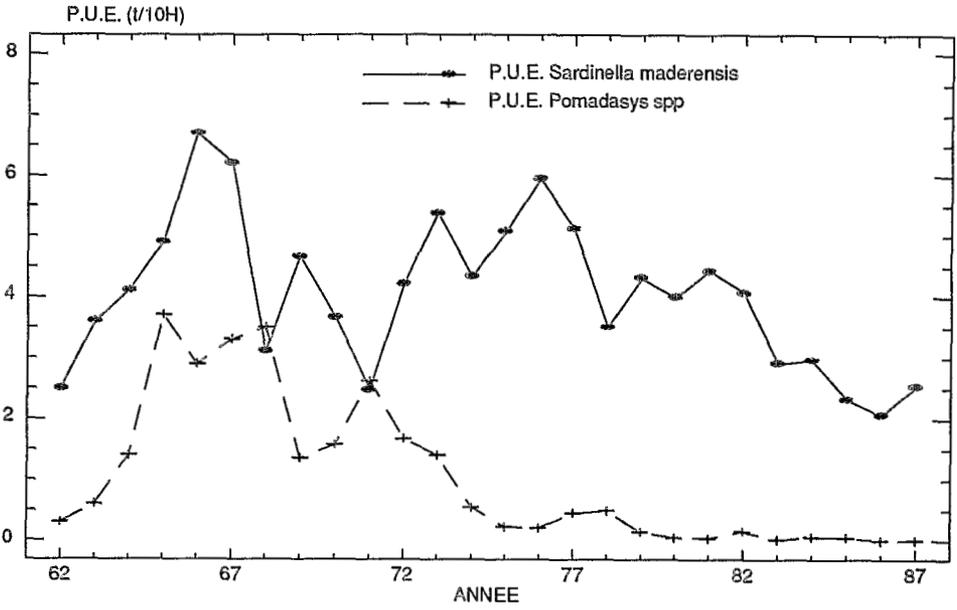
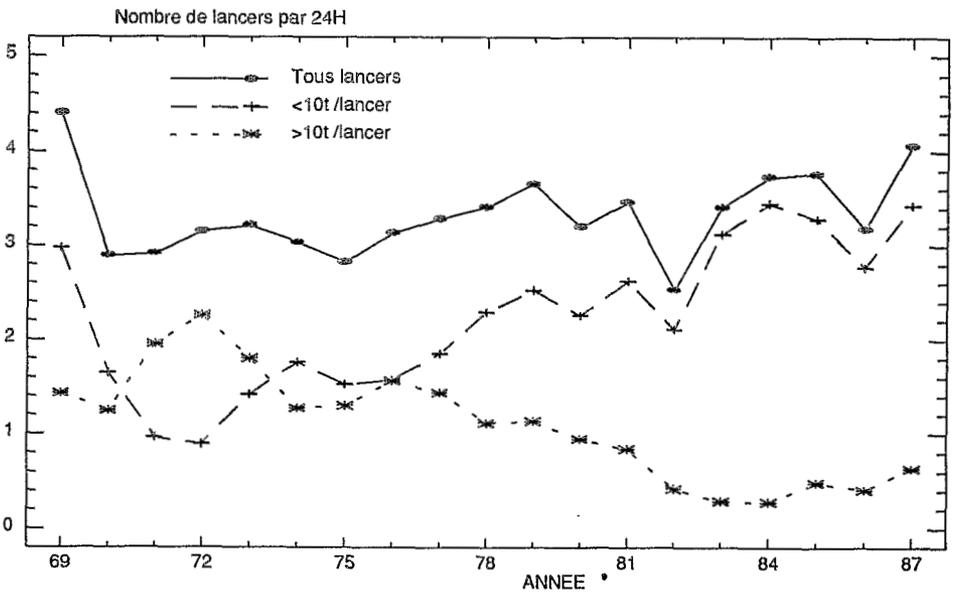


Figure 24 : Nombre de lancers sur *Sardinella spp.* par 24 heures de recherche de 1969 à 1987 (bateaux de 18 à 23 m).

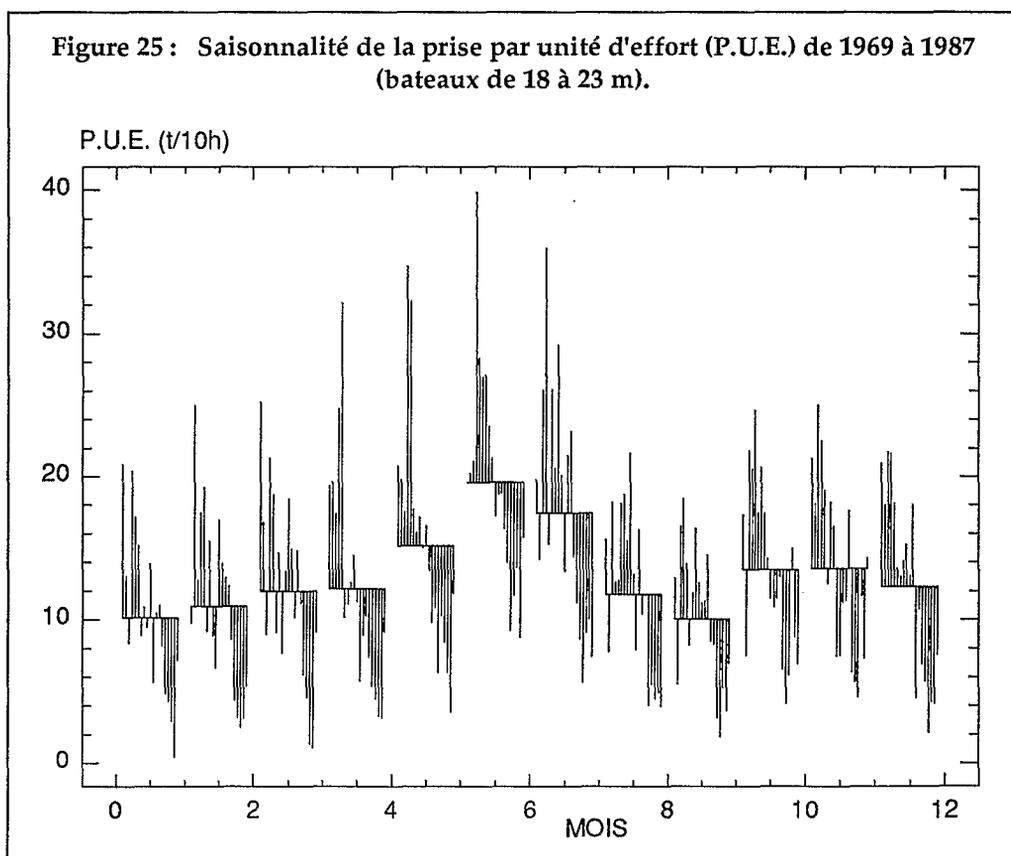


Lorsque l'on étudie l'évolution de n/f pour chaque classe de poids de lancer prise séparément, il apparaît que la tendance décroissante des p.u.e. et des prises par lancers est due à la fois à un accroissement de l'occurrence des lancers dont les captures sont faibles (moins de 10 tonnes), et à la diminution de ceux dont les captures sont moyennes ou grosses (plus de 10 tonnes, Figure 24).

Variabilité saisonnière

Les p.u.e. (Figure 25) montrent de fortes fluctuations saisonnières. Il en est de même des prises par lancer lorsque l'on considère tous les lancers; ces deux indices d'abondance saisonnière varient ici encore de façon tout à fait synchrone pour une même espèce, alors que l'on observe une opposition des cycles saisonniers de *S. aurita* et de *S. maderensis* (Fréon, 1991a). Cependant, du fait que les deux espèces sont souvent mélangées dans le même banc, en particulier en saison chaude, ces signaux saisonniers ne sont plus aussi marqués si l'on ne retient que les calées dites "monospécifiques", c'est à dire pour lesquelles l'espèce dominante représente au moins 97% du poids total. Les figures correspondantes (non présentées) restent toutefois difficiles à interpréter du fait de la rareté des données, au cours de certains mois, pour l'une ou l'autre des deux espèces.

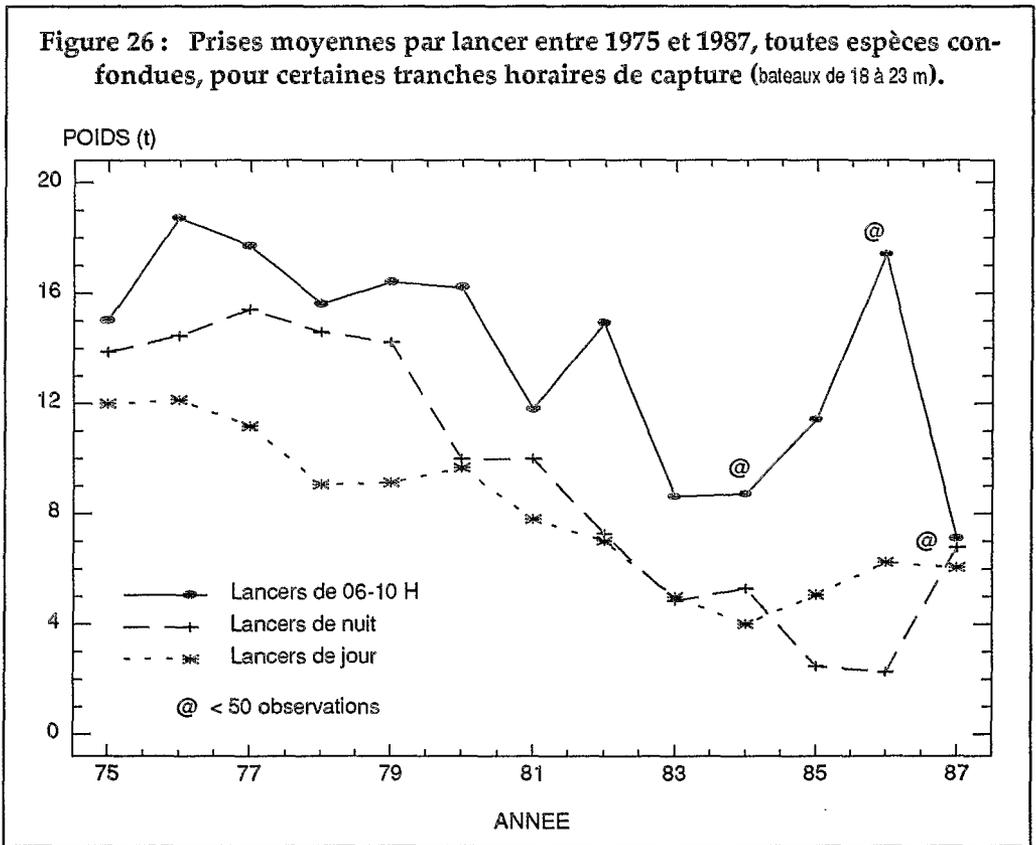
Figure 25 : Saisonnalité de la prise par unité d'effort (P.U.E.) de 1969 à 1987 (bateaux de 18 à 23 m).



Variabilité nycthémerale

Du fait que la prise par lancer explique l'essentiel des variations de p.u.e., seule cette variable sera analysée ici. L'étude comparative de la prise moyenne par lancer et par tranche horaire (après pondération par la durée des tranches), toutes espèces confondues, montre des différences notables (Figure 26). Les calées de nuit semblent légèrement supérieures à celles de jour (sauf ces dernières années mais cela tient peut-être au faible nombre d'observations). Plus significative est la supériorité des calées effectuées en début de matinée par rapport à toutes les autres tranches horaires, et plus particulièrement par rapport aux autres captures diurnes. Ce résultat est d'autant plus étonnant qu'il est en contradiction avec les observations sur d'autres espèces de Clupéidés présentant un cycle inverse de variation de la taille des bancs (Kemmerer, 1980).

Figure 26 : Prises moyennes par lancer entre 1975 et 1987, toutes espèces confondues, pour certaines tranches horaires de capture (bateaux de 18 à 23 m).



Discussion

Plusieurs facteurs peuvent affecter les prises moyennes par lancer enregistrées par un senneur :

- la taille du filet et la capacité de charge du bateau qui toutes deux peuvent

- conduire à une sous-estimation de la taille des bancs par effet de saturation;
- la décision du pêcheur de lancer ou non son filet, en fonction de sa propre estimation de la taille du banc et de son espoir de rencontrer de plus gros bancs;
 - la distribution réelle de la taille des bancs sur les lieux de pêche (c'est là notre hypothèse de travail) : les changements de taille ou de forme des bancs en fonction d'un rythme circadien, de la présence de prédateurs et des conditions d'environnement, en particulier de la densité des proies, sont bien décrites (Kemmerer, 1980; Blaxter et Hunter, 1982; Fréon *et al.*, 1993; Pitcher, 1993). L'influence de la pression de pêche est en revanche plus controversée (Nonoda, 1985).

Ces divers éléments ont été analysés dans une étude plus détaillée, montrant qu'en dépit de quelques biais liés au comportement du poisson et/ou à la stratégie de pêche, c'est bien la taille des bancs dans le milieu qui pour l'essentiel détermine la prise moyenne par lancer (Fréon, 1990b).

Analyses multivariées

Modèle linéaire

Nous avons d'abord ajusté le modèle suivant sur la quasi-totalité des observations unitaires, où la p.u.e dépend des caractéristiques de l'unité de pêche (longueur du bateau et volume filtré par la senne), de facteurs spatio-temporels, de la durée de la visite et d'interactions (Tableau. 2):

$$(p.u.e.^{\lambda} - 1) / \lambda = \text{longueur} + \text{volume} + \text{an} + \text{longueur}*\text{volume}*\text{an} + \text{mois} + \text{zone} + \text{longueur}*\text{volume}*\text{zone} + \text{mois}*\text{zone} + \text{an}*\text{zone} + \text{profondeur} + \text{longueur}*\text{volume}*\text{profondeur} + \text{phase nyctémère} + \text{heure}(\text{nyctémère}) + \text{DUREE} + \varepsilon$$

où λ est le coefficient de transformation optimale de Box-Cox estimé par la méthode du maximum de vraisemblance ($\lambda = 0,3$) et ε le résidu; les facteurs figurent en lettres minuscules, la variable quantitative en majuscule. Les interactions du modèle sont indiquées par des astérisques et les variables imbriquées par des parenthèses. Ce modèle, déséquilibré, explique 17% de la variance. Tous les effets sont significatifs au seuil de 0,001, à l'exception de la durée de pêche et de certaines des interactions testées. Les autres interactions ont une contribution modérée dans le modèle, en particulier celle qui serait la plus gênante pour la standardisation des puissances de pêche sur le long terme : l'interaction longueur*volume*an. L'effet saisonnier domine dans le modèle, et les carrés moyens les plus forts, parmi les autres variables, sont ceux du nyctémère, de l'heure de pêche, de la phase lunaire et de la taille du bateau. L'effet de la phase lunaire reste donc très significatif, même lorsque sont pris en compte les effets de l'éclairement et de l'heure de pêche. L'ajustement du même modèle aux données de pêche diurne uniquement montre que cet effet, bien que plus faible, s'exerce également sur les pêches de jour. Il est donc probable que l'effet de la lune sur la structure et/ou le comportement des bancs

obéisse à une dynamique temporelle de l'éclairement (les marées et les courants associés sont négligeables dans les zones de pêche habituelles).

	DL	SC	CM	F	Pr > F
LONG	1	82,1	82,1	33,16	0,0001
VOL	1	48,2	48,2	19,47	0,0001
AN	12	327,0	27,6	11,00	0,0001
LONG*VOL*AN	12	106,3	8,9	3,58	0,0001
MOIS	11	1726,0	156,9	63,34	0,0001
ZONE	1	25,1	25,1	10,11	0,0015
LONG*VOL*ZONE	1	3,0	3,0	1,21	0,2716
MOIS*ZONE	11	428,4	38,9	15,72	0,0001
AN*ZONE	12	288,2	24,0	9,70	0,0001
PROF	1	34,1	34,1	13,74	0,0002
LONG*VOL*PROF	1	2,1	2,1	0,85	0,3555
PHASE	3	255,7	85,2	34,41	0,0001
NYCTHE	1	367,8	367,8	148,46	0,0001
HEUR(NYCTHE)	5	556,9	111,4	44,96	0,0001
DUREE	1	0,5	0,5	0,22	0,6421
TOTAL MODELE	75	11211,4	149,5	60,34	0,0001
ERREUR	22448	55611,6	2,5	-	-
TOTAL CORRIGE	22523	66822,9	-	-	-

Tableau 2 : Résultats du modèle linéaire (1) appliqué à l'ensemble des valeurs de p.u.e. de 1975 à 1987 (12 mois, pêches de jour et de nuit) pour les bateaux ayant accompli un total de visites supérieur à 100.

-DL : degrés de liberté

-SC : somme partielle des carrés (avec prise en compte des effets de tous les autres facteurs)

-CM : carré moyen

On a ajusté le même modèle à la prise par lancer (Tableau. 3). Ce modèle permet d'expliquer 26% de la variance totale, amélioration qui s'explique en grande partie par la non prise en compte ici des visites sans capture (21% des cas). Les carrés moyens les plus forts sont liés à la durée de pêche, l'heure de pêche et la taille du bateau. Contrairement au cas précédant, la zone, la profondeur et le nycthémère jouent un rôle faible ou non décelable. Ceci tient sans doute au fait que si la capturabilité des bancs change selon les strates ainsi qu'entre le jour et la nuit, le poids moyen de ceux capturés (estimé par la prise par lancer) ne change pas pour autant. En revanche la forte contribution de l'heure de pêche au sein du nycthémère est bien due à la supériorité des prises par lancer relevée en début de matinée et précédemment mentionnée. On a vérifié, pour ces modèles et pour les suivants, que l'allure de la distribution des résidus n'était pas trop éloignée de celle de la variable à expliquer (distribution bimodale, du fait des valeurs nulles dans le cas des p.u.e.; distribution quasi-gaussienne pour les prises par lancers).

Afin de vérifier l'importance des effets nycthémeraux, à partir de modèles moins déséquilibrés que les précédents, seules les données des mois de pêche nocturne (janvier à mai inclus) ont ensuite été analysées. Les deux modèles n'expliquent plus que 12% et 23% de la variance, mais ce sont pratiquement les mêmes facteurs qui dominent les analyses.

	DL	SC	CM	F	Pr > F
LONG	1	820,8	820,8	71,40	0,0001
VOL	1	211,4	211,4	18,39	0,0001
AN	12	4077,0	339,7	29,55	0,0001
LONG*VOL*AN	12	733,8	61,1	5,32	0,0001
MOIS	11	1874,1	170,4	14,82	0,0001
ZONE	1	3,2	3,2	0,28	0,5974
LONG*VOL*ZONE	1	1,4	1,4	0,12	0,7289
MOIS*ZONE	11	648,6	59,0	5,13	0,0001
AN*ZONE	12	1398,5	116,5	10,14	0,0001
PROF	1	33,1	33,1	2,88	0,0898
LONG*VOL*PROF	1	0,2	0,2	0,02	0,8946
PHASE	3	606,2	202,1	17,58	0,0001
NYCTHE	1	14,5	14,5	1,27	0,2607
HEUR(NYCTHE)	5	3469,9	694,0	60,37	0,0001
DUREE	1	1505,7	1505,7	130,98	0,0001
TOTAL MODELE	75	73797,5	984,0	85,60	0,0001
ERREUR	17948	206323,0	11,5	-	-
TOTAL CORRIGE	18023	280120,5	-	-	-

Tableau 3 : Résultats du modèle linéaire (1) appliqué à l'ensemble des valeurs de prises par lancer de 1975 à 1987 (12 mois, pêches de jour et de nuit) pour les bateaux ayant accompli un total de visites supérieur à 100.

-DL : degrés de liberté

-SC : somme partielle des carrés (avec prise en compte des effets de tous les autres facteurs)

-CM : carré moyen

Enfin, on a analysé les seules données de nuit de janvier à mai avec le modèle :

$$(p.u.e.\lambda - 1) / \lambda = \text{taille} + \text{volume} + \text{an} + \text{taille*volume*an} + \text{mois} + \text{zone} + \text{taille*volume*zone} + \text{mois*zone} + \text{an*zone} + \text{profondeur} + \text{taille*volume*profondeur} + \text{phase} + \text{ECLAIREMENT} + \text{heure} + \text{DUREE} + \varepsilon$$

Le modèle explique 15% de la variance et ce sont les facteurs "durée de pêche", "éclairage" et "taille du bateau" qui sont prépondérants (Tableau. 4). Les facteurs spatiaux et des autres facteurs temporels à grande échelle ne sont pas significatifs.

	DL	SC	CM	F	Pr > F
LONG	1	24,6	24,64	9,13	0,0025
VOL	1	10,8	10,84	4,02	0,0451
AN	12	47,6	3,97	1,47	0,1273
LONG*VOL*AN	12	67,0	5,59	2,07	0,0159
MOIS	4	9,7	2,42	0,90	0,4658
ZONE	1	1,4	1,44	0,53	0,4651
LONG*VOL*ZONE	1	0,0	0,00	0,00	0,9832
MOIS*ZONE	4	18,1	4,53	1,68	0,1526
AN*ZONE	9	37,2	4,13	1,53	0,1315
PROF	1	0,2	0,17	0,06	0,8000
LONG*VOL*PROF	1	0,0	0,00	0,00	0,9725
PHASE	3	22,1	7,36	2,72	0,0426
LUM	1	29,1	29,15	10,79	0,0010
LUM*PHASE	3	30,4	10,14	3,76	0,0104
HEUR	2	23,4	1,69	4,33	0,0132
TPECH	1	32,4	32,39	12,00	0,0005
TOTAL MODELE	58	2312,6	39,87	14,77	0,0001
ERREUR	4908	13251,9	2,70	-	-
TOTAL CORRIGE	4966	15564,5	-	-	-

Tableau 4 : Résultats du modèle linéaire (1) appliqué aux valeurs de p.u.e. des visites nocturnes réalisées de janvier à mai, de 1975 à 1987, pour les bateaux ayant accompli un total de visites supérieur à 100.

-DL : degrés de liberté

-CM : carré moyen

-SC : somme partielle des carrés (avec prise en compte des effets de tous les autres facteurs)

Le même modèle ajusté à la prise par lancer explique 25% de la variance, avec encore une fois la prépondérance de la durée de pêche et de la taille du bateau (Tableau. 5). Curieusement, l'effet de l'intensité de l'éclairement lunaire n'est plus très significatif (0,028), ce qui donne à penser que si cette variable influence bien la capturabilité des bancs, elle n'intervient pas sur leur taille (pour le moins en ce qui concerne les bancs suffisamment proche de la surface pour être capturés).

En conclusion, ces résultats confirment largement l'analyse précédente et permettent de quantifier l'effet des différents facteurs. Ils indiquent de plus que les effets "durée de pêche" et "nyctémère" ont des niveaux de signification opposés sur la p.u.e. et sur la prise par lancer.

Analyse en composante principale

On a réalisé une ACP (non présentée) en utilisant les variables suivantes : taille du bateau, durée de l'effort de pêche, distance entre le port et la zone de pêche, profondeur moyenne de la zone, nombre de lancers totaux, positifs et avec filet déchiré, prise totale, rejets. Le but était de vérifier que les visites avec incident ne présentaient pas de particularité majeure. On constate en fait qu'elles ne se distinguent des autres que par la durée des visites et les captures, mais ne correspondent pas à une zone de pêche particulière.

Source	DL	SC	CM	F	Pr > F
LONG	1	241,9	241,9	20,48	0,0001
VOL	1	78,7	78,7	6,66	0,0099
AN	12	86,5	48,9	4,14	0,0001
LONG*VOL*AN	12	316,5	26,4	2,23	0,0085
MOIS	4	459,3	114,8	9,72	0,0001
ZONE	1	18,4	18,4	1,55	0,2126
LONG*VOL*ZONE	1	23,8	23,8	2,02	0,1558
MOIS*ZONE	3	49,6	16,5	1,40	0,2413
AN*ZONE	4	24,8	6,2	0,52	0,7176
PROF	1	27,0	27,0	2,29	0,1303
LONG*VOL*PROF	1	29,6	29,6	2,50	0,1138
PHASE	3	208,4	69,5	5,88	0,0005
LUM	1	57,0	57,1	4,83	0,0280
LUM*PHASE	3	74,6	24,9	2,11	0,0974
HEUR	2	93,3	46,7	3,95	0,0193
TPECH	1	370,1	370,1	31,33	0,0001
TOTAL MODELE	53	14512,8	273,83	23,18	0,0001
ERREUR	3613	42680,6	11,81	-	-
TOTAL CORRIGE	3666	57193,4	-	-	-

Tableau 5 : Résultats du modèle linéaire (1) appliqué aux valeurs de prises par lancer des visites nocturnes réalisées de janvier à mai, de 1975 à 1987, pour les bateaux ayant accompli un total de visites supérieur a 100.

-DL : degrés de liberté

-SC : somme partielle des carrés (avec prise en compte des effets de tous les autres facteurs)

-CM : carré moyen

Analyse du tableau de Burt

On a tout d'abord éliminé du fichier les visites pour lesquelles avait été signalé un incident grave (filet déchiré ou incident mécanique qui semblait affecter notablement la prise ou la durée de la sortie, d'après des critères empiriques) ainsi que les rares visites dans les secteurs éloignés du port (au nord de Mboro et sud de la Gambie), soit au total 1265 visites sur 35067. Le croisement des 14 principales variables retenues, codées ou recodées en 3 à 9 modalités conduit a un tableau croisé et symétrique de 65 modalités (tableau en annexe). Les valeurs situées sur la diagonale du tableau représentent les effectifs d'une modalité et ont été soulignés.

Nous n'analyserons pas dans le détail les 2080 valeurs du demi-tableau : d'une part certaines conclusions sont déjà présentées dans les chapitres précédents, d'autre part certains croisements offrent un intérêt limité dans le cadre actuel de notre étude (mais ils peuvent intéresser d'autres disciplines). Le tableau sera analysé colonne par colonne. Rappelons que le tableau disjonctif de départ concerne les visites de secteur de pêche par un bateau (tous bateaux retenus).

Années (AN1 à AN4)

La faible saisonnalité de l'activité de pêche signalée à partir de l'analyse de l'ensemble de la période (Figure 10) n'est pas homogène : la période 1979-1981 (AN3) présente une large accentuation de la prédominance des visites au cours des mois de début et de fin d'année, tandis qu'au cours des autres périodes c'est au contraire les premiers et les derniers mois de l'année qui sont les mieux représentés.

Globalement, le produit est destiné en priorité au mareyage (D2) et secondairement aux usines de transformation (D1) et à la congélation (D3). La congélation et les destinations mixtes (D4) se sont accrues à partir de 1974, tandis que la destination exclusive aux usines a diminué notablement au cours des dernières années d'observation.

Bimestres (M01 à M11)

Hormis le fait déjà souligné (Figure 15) que les pêches nocturnes ont lieu au cours du premier semestre, on notera que les pêches matinales ont cours pour essentiellement de mars à août, que les pêches de mi-journée ne sont plus prédominantes de janvier à avril, et enfin que les pêches de fin de journée se concentrent durant les mois de janvier-février.

Le schéma global de répartition des destinations du produit varie peu d'un mois à l'autre, si ce n'est une certaine prépondérance de la congélation et des destinations mixtes en milieu d'année.

La répartition mensuelle des occurrences dans les captures fait apparaître l'opposition maintes fois décrite entre les espèces de saison froide (*Sardinella aurita* adultes, *Caranx rhonchus*, *Trachurus spp*, *Scomber japonicus*) et de saison chaude (*Sardinella maderensis*, *Pomadasys spp*, *Ethmalosa fimbriata*, *Choroscombrus chrysurus*). Les jeunes *Sardinella aurita* présentent une répartition saisonnière plus complexe avec deux maxima annuels en milieu et en fin d'année.

Taille des bateaux (BAT1 à BAT5)

La taille des bateaux n'est fortement liée qu'aux années (peu de petit et de gros bateaux en début de période), à la durée des sorties (plus faible pour les petits que pour les gros bateaux), et à la capture maximale par sortie (PD1 à PD4)).

Météo (MET1 à MET3)

L'état de la mer a varié considérablement d'une année à l'autre. Selon les pêcheurs, il était très mauvais en 1976 et de 1979 à 1986. La surprenante répartition saisonnière des déclarations de beau temps (prédominance en saison d'alizés) ainsi que l'absence de relation entre la durée de l'effort de pêche et l'état de la mer nous ont conduit à vérifier la représentativité de ces données. Il s'est avéré que celles-ci ne sont pas toujours cohérentes entre unités de pêche ayant travaillé à la même heure dans la même zone de pêche. Nous avons également comparé ces données aux relevés météorologiques de la station côtière de Dakar-Yoff (ASECNA) qui ne présentent pas de caractère subjectif et qui semblent représentatives de la situation dans les zones de pêche proches. Le coefficient de corrélation r entre la vitesse moyenne

annuelle du vent relevée à Yoff et le pourcentage de déclaration de mauvais état de la mer par les pêcheurs est proche de zéro ($r=.01$), ce qui corrobore nos doutes.

Si les captures ne semblent pas structurées par le très beau temps, il en va tout autrement pour les jours de mauvais temps (déclaré par les patrons) qui sont associés à des prises totales et des prises par lancers très faibles. On est donc en droit de ce se demander quelle est la véritable variable explicative dans la relation entre la météo déclarée et la capture.

Durée de l'effort de pêche par visite (F1 à F4)

Les visites des tranches horaires de début (H1) et dans une moindre mesure de fin de journée (H3) sont nettement plus courtes que celles des autres tranches, ce qui est à rapprocher des meilleurs rendements (lié à la taille des bancs) obtenus le matin, en dépit du biais lié à l'inégalité des intervalles de temps retenus.

La durée de l'effort de pêche dans un secteur ne semble pas fortement liée à l'éloignement de celui-ci (ZO1 plus proche que ZO2).

Les visites durant lesquelles les prises sont nulles (PD1) ou faibles (PD2) sont écourtées, ainsi que, dans une moindre mesure, celles pour lesquelles les prises par lancer sont moyennes ou élevées (PD3 et PD4). Il en résulte donc un effet non linéaire sur les p.u.e. qui explique pourquoi le premier modèle linéaire utilisé ne permet pas de mettre en évidence cette relation (on a pu ensuite le vérifier en remplaçant dans ce modèle le facteur quantitatif DUREE par un facteur qualitatif obtenu en le codant en classes de durée croissante).

La phase lunaire (PH1 à PH8) ne semble pas influencer la durée des visites, pour autant que l'on ne distingue pas celles de nuit de celles de jour. Le croisement du rayonnement lunaire avec la durée des visites exprimée en pourcentage (Tableau. 6, colonne de droite) confirme que les périodes de faible éclairage (LUM1) sont préférées des pêcheurs. Par ailleurs, les forts éclairages (LUM4) sont plus souvent associés à des courtes durées de visites que ne le sont les éclairages faibles.

	F1	F2	F3	F4	EFFECTIF TOTAL
LUM1	18%	31%	32%	19%	4124
LUM2	23%	38%	28%	11%	784
LUM3	35%	34%	20%	11%	588
LUM4	40%	38%	12%	10%	470
EFFECTIF TOTAL	1333	1961	1710	961	5966

Tableau 6 : Analyse du sous-tableau de contingence de Burt où les valeurs sont exprimées en pourcentage des lignes. F1 à F4 : classes croissantes de durée d'effort. LUM3 à LUM4 : classes croissantes d'indice de rayonnement lunaire.

Heure de pêche (H1 à H7)

Nous avons déjà distingué les espèces exclusivement capturées de jour de celles capturées préférentiellement de nuit. L'analyse détaillée par tranche horaire montre que les espèces d'un même groupe se répartissent de façon homogène au cours de la journée ou de la nuit, à l'exception des *Trachurus sp* qui semble plus capturable en fin qu'en début de nuit.

Profondeur (PR1 et PR2)

L'analyse du sous-tableau concernant la composition spécifique (tableau 7) montre une forte incidence de la profondeur du fond : les espèces "diurnes" sont capturées sur les fonds inférieurs à 25 mètres (PR1) dans près de 80% des cas, tandis que les espèces "nocturnes" sont capturées dans plus de 80% des cas sur des fonds supérieurs à 25 mètres (PR2).

ESPECES	PROFONDEUR DU FOND		
	< 25 m (PR1)	> 25 m (PR2)	EFFECTIF
<i>S. aurita</i> jeunes *	81%	19%	9795
<i>S. aurita</i> adultes	18%	82%	5084
<i>S. maderensis</i> *	81%	19%	13826
<i>Caranx rhonchus</i>	21%	79%	3075
<i>Pomadasys spp</i> *	87%	13%	817
<i>Chloroscombrus c.*</i>	84%	16%	635
<i>Trachurus spp</i>	8%	92%	1196
<i>Scomber japonicus</i>	11%	89%	1053

* espèces capturées exclusivement de jour.

Tableau 7 : Analyse du sous-tableau de contingence de Burt où les valeurs sont exprimées en pourcentage du total des lignes.

Prises par visite (PD1 à PD4) ou prises par lancer (CA1 à CA4)

Ces deux variables, étroitement liées, seront analysées conjointement, en ne retenant que celle des deux qui paraît logiquement la plus pertinente dans l'association avec une troisième variable.

Le schéma général des destinations est légèrement influencé par l'importance du débarquement en ce sens que la part du mareyage, usuellement majoritaire à 56%, est encore renforcé lorsque les prises sont très faibles (93%) ou faibles (76%). Les fortes captures en revanche favorisent les destinations mixtes (56%).

Les faibles prises par lancer sont légèrement plus importantes en phase 5 (pleine lune), alors qu'en phase 8 (nouvelles lune) les grosses calées prédominent sensiblement (jour et nuit confondus).

La prise par lancer varie sensiblement en fonction de l'espèce : *Sardinella aurita* et *Pomadasys spp* fournissent les plus grosses calées, tandis que les calées de *Sardinella*

maderensis sont plus petites. Les autres espèces procurent des calées de taille moyenne (AFC simple non présentée).

Destination du produit (D1 à D5)

Elle ne semble pas être notablement influencée par la composition spécifique des captures, si ce n'est pour les usines qui délaissent les *Sardinella maderensis* au profit des espèces de saison froide.

Phase (PH1 à PH8) et rayonnement lunaire (LUM1 à LUM4)

Le croisement de la phase et du rayonnement lunaire confirme la stratégie de pêche nocturne. La période encadrant la pleine lune est peu fréquentée car elle ne permet pas d'échapper à l'éclairement lunaire. En revanche les périodes encadrant la nouvelle lune sont tout aussi fréquentées que celles de la pleine lune elle-même, grâce à l'ajustement déjà mentionné de la période de pêche nocturne au lever ou au coucher de la lune.

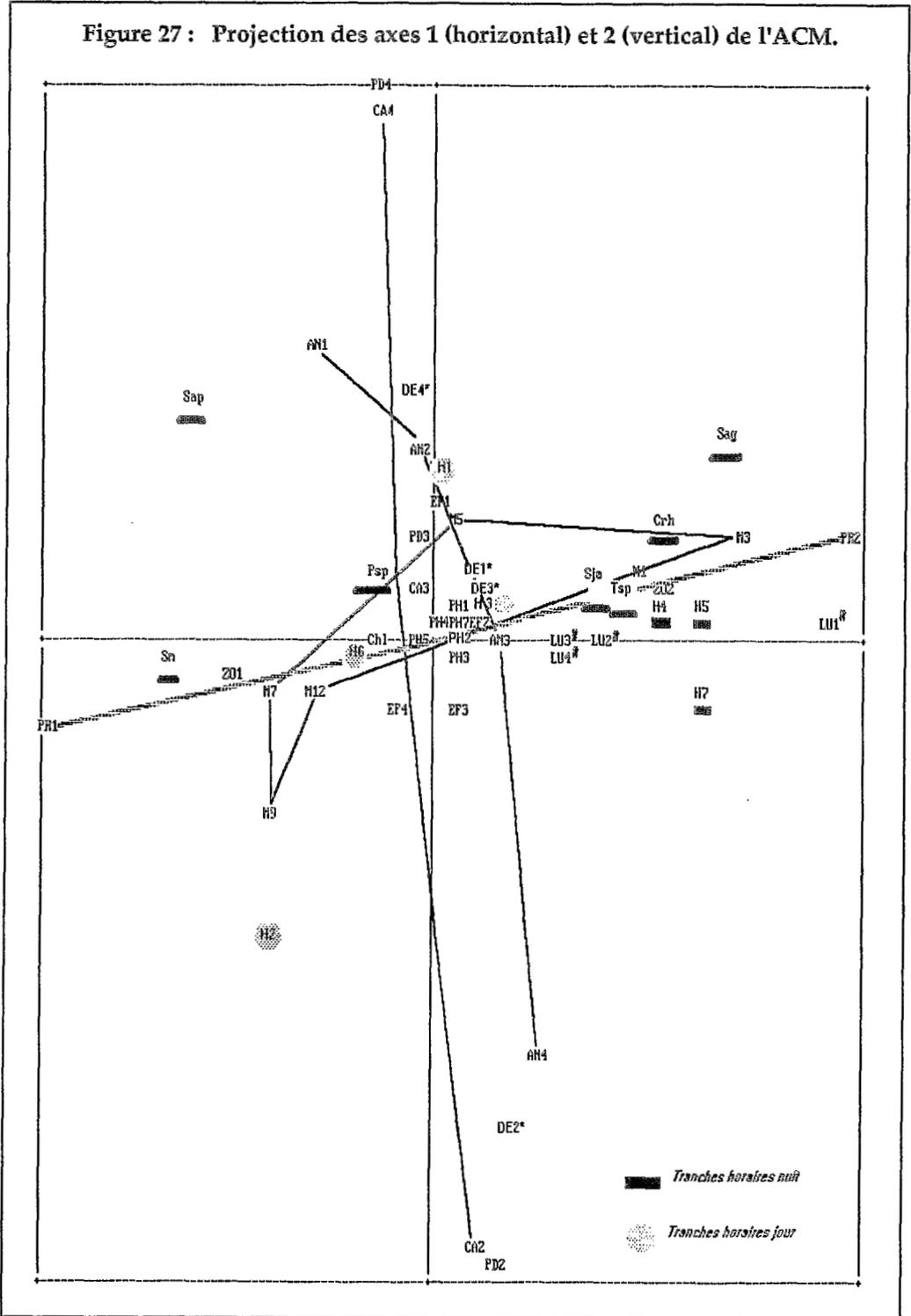
On pourrait s'attendre à ce que les espèces "nocturnes" soient moins souvent capturées en période de nouvelle lune. Si cela est nettement le cas pour les *Trachurus spp.* et dans une moindre mesure pour *Scomber japonicus*, on constate en revanche que les *Caranx rhonchus* et les *Sardinella aurita* adultes sont presque aussi souvent débarquées en période de pleine lune qu'en période de nouvelle lune. Cela tient au fait que ces deux dernières espèces sont souvent capturées de jour en période de pleine lune. A l'inverse, certaines espèces "diurnes" semblent être plus capturables en période de nouvelle lune : c'est le cas des *Pomadasys spp.* et des *Choroscombrus chrysurus*. Ce phénomène ne peut s'expliquer par une augmentation de l'effort diurne en période de pleine lune, car ces deux espèces sont capturées au cours du second semestre, donc en dehors de la saison de pêche de nuit. Il est possible qu'il s'agisse là encore d'un effet de la dynamique de l'éclairement.

Composition spécifique

Rappelons tout d'abord que le sous-tableau de Burt concernant les espèces a été construit en retenant un critère arbitraire de "présence / absence", permettant d'éviter la prise en compte des cas où la présence de l'espèce n'est pas significative en terme d'abondance. On ne considère comme présente dans une visite, la ou les espèces dont les captures dépassent 200 kg par visite.

Le sous-tableau de Burt montre donc les associations d'espèces dont les captures par un même bateau et dans un même secteur de pêche sont considérées comme "quantitativement significatives". On voit que ces associations sont exceptionnelles entre les deux classes de taille de *Sardinella aurita* (moins de 1%) mais qu'elles sont fréquentes entre les jeunes *Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis* (67% du nombre de captures de la première espèce et 47% de celui de la seconde). On voit aussi que 44% du nombre de capture de *Caranx rhonchus* sont associés à celles de grosses *Sardinella aurita*. De façon plus générale, les espèces typiques de saison froide sont associées entre elles, et il en va de même de celles de saison chaude. Une étude par classe de taille commerciale montre que ces associations d'espèces se font selon la taille (Fréon, 1990a).

Figure 27 : Projection des axes 1 (horizontal) et 2 (vertical) de l'ACM.



Analyse des correspondances multiples (ACM)

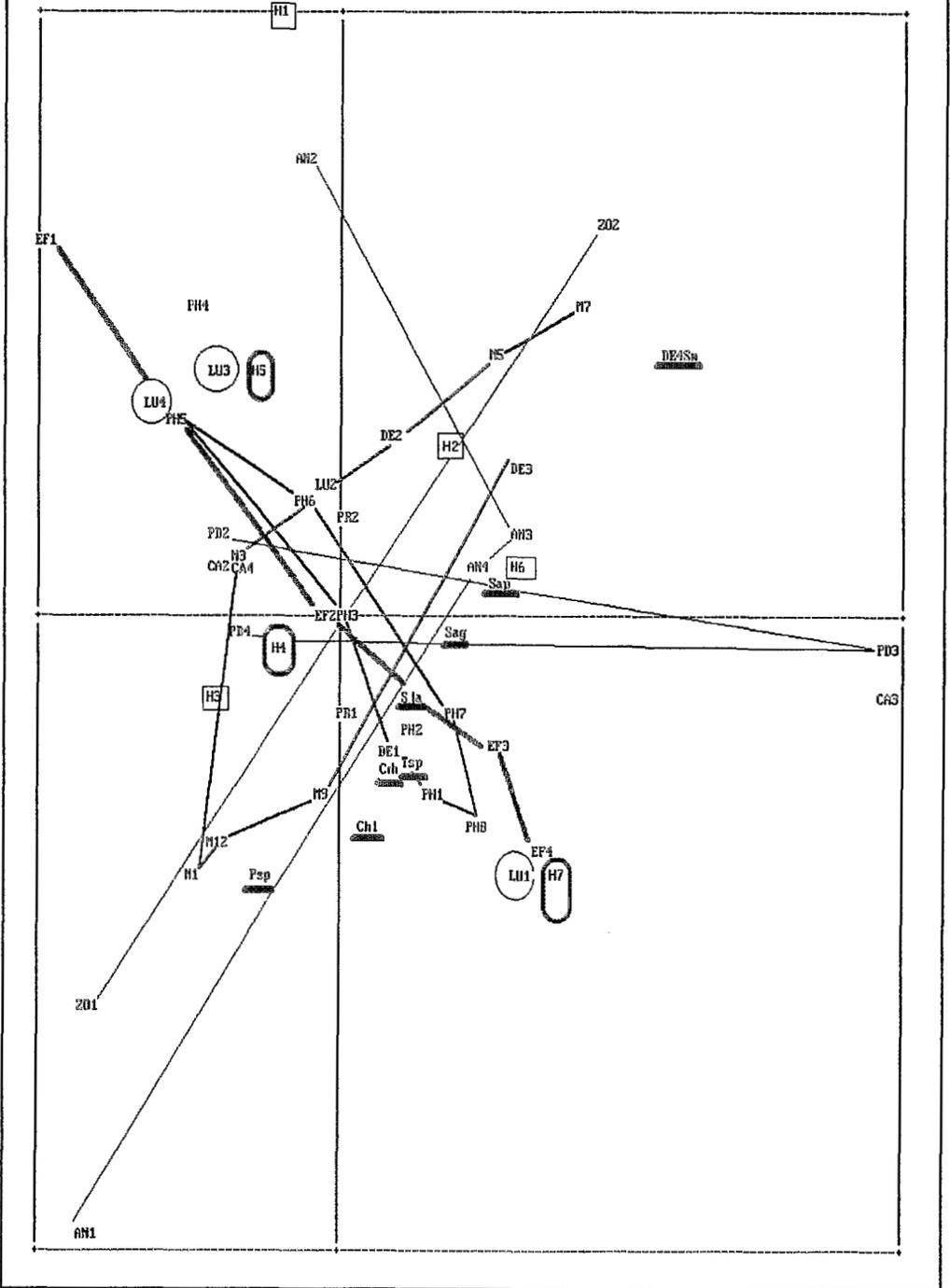
On a d'abord réalisé une première ACM sur l'ensemble des variables et de leurs modalités, telles que présentées dans le tableau de Burt. Les figures résultantes (non présentées) font apparaître une structuration dominée sur les premiers axes par l'effet des visites sans prise, pour lesquelles les modalités "capture nulle" et "prise par lancer nulle" s'opposent grandement à de nombreuses variables, telles que la prise par espèce ou la destination. Sur d'autres axes on trouve un effet prépondérant des visites pour lesquelles une variable n'est pas renseignée (heure et destination inconnues associées aux premières années d'observation). Dans une deuxième ACM, on a donc éliminé toutes ces modalités ainsi que celles correspondant à la taille des bateaux, car elles structurent de façon trop triviale le jeu de donnée et alourdissent les figures.

La deuxième analyse a donc été réalisée sur 12 variables et 57 modalités. On notera l'absence de modalités rares et un équilibre à peu près satisfaisant entre les différentes modalités d'une même variable (seule les heures, les profondeurs de pêche, les destinations, l'éclairement lunaire et les prises par espèce n'ont pu être convenablement équilibrées). Enfin le nombre de modalités par variable varie de 2 (profondeurs) à 8 (phases lunaires) avec une large prédominance des nombres 3 et 4, ce qui permet de supposer que les différentes variables auront des poids presque équivalents dans l'analyse. Il est reconnu que l'analyse des valeurs propres (variances sur les axes) est difficilement interprétable dans le cas d'une ACM, car le sous codage disjonctif conduit à une estimation trop pessimiste de l'information extraite. Dans notre cas, aucune valeur propre ne peut représenter plus de $(100 \times 12) / (57 - 12)$, soit 27% de l'inertie du nuage des observations. Nous avons seulement représenté les 6 premiers axes qui n'expliquent théoriquement que 27% de l'inertie, mais qui en fait représentent une excellente synthèse des résultats obtenus par l'analyse du tableau de Burt.

Le premier axe est nettement structuré par la profondeur de la zone de pêche (bien qu'elle ne représente que 16% de l'inertie de cet axe du fait de son faible nombre de modalités), les espèces (25%), l'heure de pêche, la saison et la lumière (d'environ 16% chacune). On voit en effet que les zones profondes (PR2) sont fréquentées essentiellement en début d'année et de nuit, de préférence lors de faibles éclaircissements lunaires, et que l'on y capture des grosses *S. aurita*, des *C. rhonchus*, des *Trachurus spp* et des *S. japonicus*, tandis que les jeunes *S. aurita* et les *S. maderensis* sont capturées dans les zones côtières (PR1), de préférence au cours du second semestre et de jour (Figure 27).

Le second axe est dominé par l'influence de la taille des captures (tout au long de l'analyse on regroupera sous cette appellation la prise par visite (PD) et la prise par lancer (CA) qui sont toujours étroitement associées) qui explique 60% de l'inertie, tandis que l'année et la destination expliquent environ 12% chacune. Les fortes captures sont dans une certaine mesure associées aux années 1969-74 (AN1) et aux destinations mixtes, tandis que les faibles captures sont liées aux années récentes et au mareyage. On note également une légère préférence des sorties de milieu de journée ces dernières années.

Figure 28 : Projection des axes 3 (horizontal) et 4 (vertical) de l'ACM.



Le troisième axe montre un effet non-linéaire très net de la taille des captures (Figure 28). Les captures moyennes s'opposent aux captures faibles et fortes ainsi qu'aux faibles efforts de pêche, ce qui confirme que la durée des visites est raccourcie lorsque l'abondance et/ou la capturabilité sont faibles (abandon prématuré de la zone) ou très forte (saturation de l'unité de pêche). Ceci était moins net dans le tableau de Burt, probablement en raison de l'existence d'interactions entre variables. Secondairement, on relève une association des captures moyennes avec *S. maderensis* et les destinations mixtes.

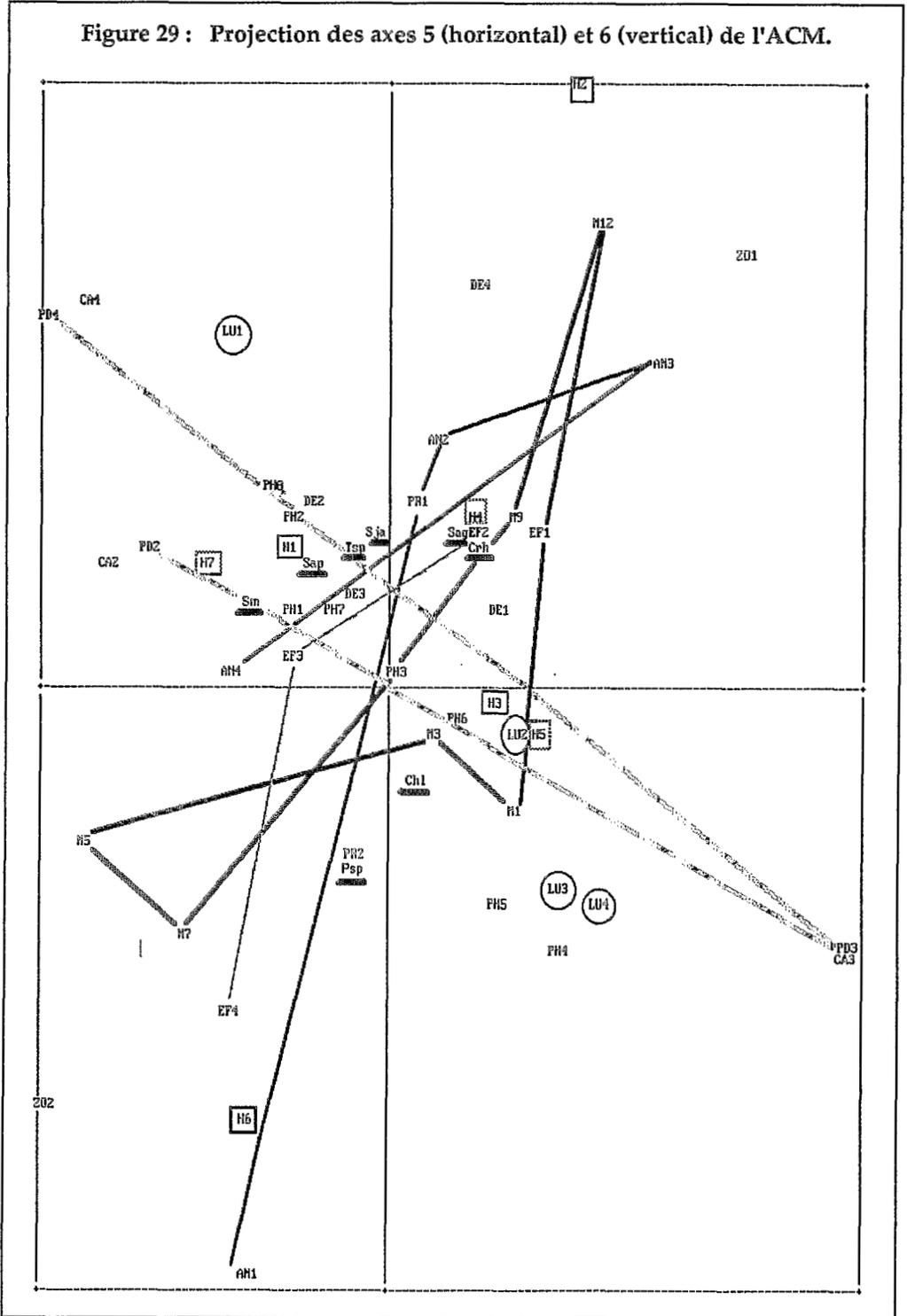
Le quatrième axe est structuré par les effets année et l'heure. On notera également que la conjonction des axes 3 et 4 montre des structurations intéressantes. Sur la diagonale descendante (de gauche à droite) on voit l'association entre les phases lunaires et la lumière lunaire. Cette association n'est pas triviale en ce sens qu'elle indique bien que l'essentiel des sorties nocturne s'effectue au moment où la lune n'est pas visible durant au moins une partie de la nuit (4 phases lunaires sur 8 sont nettement associées au plus faible des quatre niveaux d'éclairément). Sur la diagonale montante on notera la structuration par les années, les mois et les zones et, secondairement par les espèces. Ainsi, on remarque l'association des années 1969-74 avec les mois de saison froide et la zone de Dakar (ZO1), qui s'opposent aux autres années, aux mois de milieu d'année, à la zone sud (ZO2) et aux captures de *S. maderensis*. On notera aussi au passage l'association entre les pêches de début de journée et les années 1975-77 (AN2).

La projection sur les axes 5 et 6 génère également des associations dans les deux diagonales (Figure 29). Sur la diagonale descendante on observe le même phénomène non linéaire observé sur l'axe 3 pour les variables poids et prise par lancer, mais il est ici plus difficile à interpréter (relation avec la lumière?). Sur la diagonale montante on retrouve une structuration par les variables années, mois et zone de pêche, auxquelles vient se rajouter l'heure, avec des associations complémentaires aux précédentes. Les années 1969-74 sont cette fois-ci associées à la zone sud pour les mois de milieu d'année et les pêches qui durent toute la journée, tandis que durant les deux groupes d'années de milieu de période (AN2 et AN3) les pêches dans la zone de Dakar ont dominé en fin d'année, ces pêches étant effectuées la plupart du temps en milieu de journée.

CONCLUSION

Cette étude a permis de décrire, et en grande partie d'expliquer, la variabilité spatiale et temporelle observée à différentes échelles dans la pêcherie sardinière semi-industrielle. Bien qu'il existe une stratégie globale de pêche relativement bien établie et adaptée aux cycles de vie des espèces (migration, capturabilité), on a pu cependant constater d'importants changements au cours des trois décennies passés. Le modèle linéaire permet de vérifier quels sont les facteurs statistiquement significatifs et de tester les interactions. L'ACP permet une bonne représentation des données, à l'exception des relations non linéaires (et surtout non monotones), mais ne permet pas d'intégrer des variables qualitatives, ce qui est un handicap majeur dans le cas d'étude des pêcheries. L'analyse détaillée du tableau de Burt autorise une étude

Figure 29 : Projection des axes 5 (horizontal) et 6 (vertical) de l'ACM.



fine des relations bivariées, y compris non linéaires, mais ignore les relations multivariées et les interactions. De son côté l'ACM permet d'obtenir une image synthétique des résultats et de représenter d'éventuels effets non-linéaires. Le codage disjonctif complet qui précède ces deux dernières méthodes permet de rendre des variables qualitatives et quantitatives homogènes entre elles, quelle que soit la distribution de ces dernières. En contrepartie, ce codage est responsable d'une perte d'information par rapport à une ACP. Ces analyses multivariées, conduites uniquement sur les prises totales, mériteraient d'être répétées sur les espèces principales.

Les variations de p.u.e. dépendent plus du poids des captures par lancer que du nombre de bancs détectés par unité de temps. Cela renvoie donc au problème de la représentativité de la prise par lancer, fortement liée à la taille des bancs et à leur densité interne, comme indice d'abondance. De nombreux facteurs agissent sur la variabilité des p.u.e., parmi lesquels on retrouve les facteurs spatio-temporels habituels (année, saison, zone, profondeur) et des facteurs liés à l'unité de pêche. L'originalité de ce travail est de montrer que d'autres facteurs temporels, de plus petite échelle, sont tout aussi importants. Il s'agit du cycle lunaire, de l'alternance jour/nuit, et de l'heure de pêche au sein de la journée ou de la nuit. Au Sénégal, l'essentiel des captures de poissons pélagiques côtiers est réalisé par la pêche artisanale. L'engin principal est là aussi la senne tournante, et les zones de pêches des artisans et des sardiniers se recouvrent largement. Du fait que la stratégie de pêche est la même dans les deux pêcheries, et que l'on retrouve chez les artisans la même diversité dans la taille des unités de pêche et des engins, il est vraisemblable que nos résultats pourraient aussi s'appliquer à la pêche artisanale. Pour le vérifier pleinement il faudrait collecter quelques informations supplémentaires qui actuellement font défaut : la taille de la senne et celle de la pirogue (ou mieux la capacité d'embarquement totale de l'unité de pêche qui comporte souvent deux pirogues), ainsi qu'un indice de distance à la côte ou de tranche bathymétrique dans laquelle se situe le fond de pêche.

A partir de cette analyse, il est clair que l'on ne peut espérer obtenir des indices représentatifs de l'abondance des principales espèces exploitées au Sénégal à partir des p.u.e. moyennes. Il est bien sûr impératif de standardiser les puissances de pêche, soit bateau par bateau tant que l'on dispose d'unité(s) étalon(s), soit à partir des deux principaux facteurs qui régissaient la puissance de pêche de la flotte durant notre période d'étude : la taille du bateau et le volume filtré par sa senne. De plus, puisque la plupart des espèces voient leur capturabilité changer fortement en fonction de divers facteurs spatio-temporels, il est indispensable de prendre aussi en compte ces facteurs dans l'estimation des tendances à long terme des indices d'abondance. Cela est d'autant plus nécessaire que l'on a noté des tendances dans l'allocation spatio-temporelle de l'effort de pêche au cours de la période d'observation.

L'utilisation des modèles linéaires paraît bien adaptée pour résoudre ces types de problèmes, au Sénégal comme dans d'autres pêcheries, sous deux conditions : d'une part les interactions entre l'année et les différentes variables explicatives de la puissance de pêche doivent rester faibles, d'autre part s'il existe une dérive temporelle dans la puissance de pêche des unités, il faut être en mesure d'éviter sa confusion avec l'effet année. Ce dernier point suppose, soit que l'on dispose d'une unité(s)-éta-

lon stable et pérenne, soit de période(s) de recouvrement entre unités ayant et n'ayant pas adopté les innovations technologiques. On peut alors raisonnablement attendre de l'analyse des p.u.e un indice des variations d'abondance à long terme non biaisé par les variations de puissance de pêche ou les changements d'allocation spatio-temporelle de l'effort à différentes échelles. Toutefois cette démarche a ses limites, et nous avons estimé que les changements structurels de la pêche sardinière dakaroise ont été si profonds depuis 1987, où la pêcherie traditionnelle a commencé à décliner, qu'il ne nous a pas semblé raisonnable d'utiliser les données correspondantes pour décrire l'évolution des stocks. Il est donc maintenant impératif d'analyser conjointement les indices d'abondance des pêcheries artisanales et industrielles.

REMERCIEMENTS

Les auteurs renouvellent leurs remerciements aux pêcheurs et aux armateurs dakarois pour leur coopération dans la fourniture des données, ainsi qu'à Viveca Fonteneau et aux techniciens du CRODT qui ont assuré la saisie informatique et la gestion de la base de données. Nous sommes également très reconnaissants envers Monsieur Bidoux du CDSA de Martinique pour son aide au cours de la mise au point des logiciels de calculs astronomiques.



RÉFÉRENCES

- Blaxter J.H.S., Hunter J.R., 1982. The biology of the clupeoid fishes. *Adv. in Mar. Biol.*, 20, 1-223.
- Benzecri J.P., 1973. L'analyse des données, Tome 2: l'analyse des correspondances. *Dunod, Paris*. 624 p.
- Boely T., 1980. Biologie des deux espèces de Sardinelles : *Sardinella aurita* (Valenciennes 1847) et *Sardinella maderensis* (Lowe 184)1 des côtes sénégalaises. *Thèse Doc. d'état. Université de Paris VI* : 286 p.
- Boely T. et Chabanne J., 1975. Les poissons pélagiques côtiers au Sénégal. La pêche sardinière à Dakar ; état actuel et perspectives. *Bull. Inst. Fond. Afr. Noire (A)*, 37 (4) : 859-886.
- Boely T. et Champagnat C., 1969. La pêche industrielle au Sénégal des poissons pélagiques côtiers, 1967 et 1968. *Doc. Sci. Prov. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 22 : 20 p. multigr.
- Boely T. et Dieye I., 1971. La pêche sardinière au Sénégal en 1969. *Doc. Sci. Prov. Centre Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 28 : 9 p. multigr.
- Boely T. et Østvedt O., 1976. Les poissons pélagiques côtiers au Sénégal; observations faites à bord du navire usine "Astra" de la Mauritanie aux Iles Bissagos. *Bull. Inst. Fond. Afr. Noire (A)*, 38 (3) : 677-702.
- Box G.E. and D.R. Cox, 1964. An analysis of transformation. *J.R. Stat. Soc. B* 26: 211-252.
- Brendel R., 1988. Etude des paramètres qui déterminent la puissance de pêche des navires sardiniers senneurs dakarois. *Arch. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 163 : 54 p.
- Chabanne J. et Elwertowski J., 1973. Cartes des rendements de la pêche des poissons pélagiques sur le plateau continental nord-ouest africain de 11° à 26°N. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 49 : 8 pp., 88 cartes.
- Champagnat C., 1966. Indice relatif d'abondance saisonnière des sardinelles de la Petite Côte du Sénégal. *Doc. Sci. Prov. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye*, 1 : 5 p.

- Fréon P., 1980. Choix d'une unité d'effort de pêche pour les flottilles sardinières semi-industrielles et artisanales du Sénégal. *Doc.Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 11 (1) : 1-35.
- Fréon P. 1984. Des modèles de productions appliquées à des fractions de stock des vents d'Upwelling. *Océanographie Tropicale* 19 (1) : 67-94.
- Fréon P., 1988 . Réponses et adaptations des stocks de Clupéidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation. *Etudes et Thèses, ORSTOM Editions* : 287 p.
- Fréon P. 1991a. Variabilités saisonnière et inter-annuelle de la prise moyenne par calée dans la pêcherie sardinière dakaroise et possibilité d'utilisation comme indice d'abondance. in: Cury, P. et Roy, C. *Pêcheries Ouest-Africaines : variabilité, instabilité et changements. ORSTOM Editions, Paris* : 259-268.
- Fréon P. 1991b. L'introduction d'une variable climatique dans les modèles globaux de production. in: Cury, P. et Roy, C. *Pêcheries Ouest-Africaines : variabilité, instabilité et changements. ORSTOM Editions, Paris* : 395-424.
- Fréon P., Gerlotto F. et Mullon C. 1989. Les Changements d'échelle en Halieutique : l'exemple des petits pélagiques côtiers. in: SEMINFOR 4; *Eco-systèmes et sociétés. ORSTOM Editions* : 343-363.
- Fréon P., Gerlotto F. and Soria M. 1993. Variability of *Harengula spp.* school reactions to boats and predators in shallow water. *CIEM Mar. Sci. Symp.* : 26-31.
- Fréon P. et Lopez J. 1983. Les Ressources pélagiques côtières au Sénégal : état des stocks et perspectives en 1981. *Arch. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye* 127 : 83 p. multigr.
- Fréon P. et Ndiaye M., 1979. Les poissons pélagiques côtiers au Sénégal : chaîne de programme de traitement informatique des données statistiques et démographiques de la pêche sardinière dakaroise. *Arch. Cent. Rech. Océanogr. Dakar Thiaroye* 74 : 71 p. multigr.
- Fréon P., Stéquert B. et Boely T. 1978. La pêche des poissons pélagiques côtiers en Afrique de l'Ouest des îles Bissagos au nord de la Mauritanie : description des types d'exploitation. *Cah. ORSTOM Sér. Océanogr.* 18 : 209-228.
- Fréon P. et Weber J. 1983. Djifère au Sénégal : la pêche artisanale en mutation dans un contexte industriel. *Rev. Trav. Inst. Pêches Mar.* 47 (3-4) : 304.
- Kemmerer A.J., 1980. Environmental preferences and behaviour patterns of gulf menhaden (*Brevoortia patronus*) inferred from fishing and remotely sensed data. In Fish behaviour and its use in the capture and culture of fishes, pp. 345-370. Ed. by J.E. Bardach, J.J. Magnuson, R.C. May and J.M. Reinhart. *ICLARM Conference Proceedings, Manila.* 512 pp.
- Laloë F. et Samba A., 1990. La pêche artisanale au Sénégal : ressource et stratégie de pêche. *Editions de l'ORSTOM, Paris.* 395 p.
- Laurec A. et Le Guen J.C., 1977. c.p.u.e. des senneurs et abondance; impact des structures fines. *Rec. Doc. Sci. ICCAT*, 8 : 30-54.
- Lebart L., Morineau A. et Tabard N., 1977. Technique de la description statistique. *Dunod, Paris.* 352 p.
- Nodona T., 1985. On the differences between anchovy fishing and sardine fishing by Patti-Ami. *Bull. Fac. Fish., Mie Univ.* : 79-89.
- Pitcher T.J., 1993. Behaviour of teleost fishes (Seconde édition). *Chapman & Hall, Londres.* 715 p.
- Robson D.S., 1966. Estimation of the relative fishing power of individual ships. *ICNAF*, 3 : 6-14.
- Salas J.N., Melo T.F. et Reyes A.P., 1985. Poder de pesca funcional en embarcaciones de cerco. in: T.M. Fuentes. *Estudios en pesquerias chilenas. Univ. Catol. Valparaiso* : 123-130.
- Stéquert B., Brugge W.J., Bergerard P., Fréon P. et Samba A. 1979. La Pêche artisanale maritime au Sénégal : étude des résultats de la pêche en 1976 et 1977. Aspects biologiques et économiques. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye.* 73 : 48 p.



Annexe: Demi-tableau de Burt des observations de 1969 à 1987.

	AN1	AN2	AN3	AN4	NO1	NO3	NO5	NO7	NO9	NO11	BA1	BA2	BA3	BA4	BA5	NET1	NET2	NET3
AN1	7688																	
AN2	0	8745																
AN3	0	0	7627															
AN4	0	0	0	9742														
NO1	1255	1394	1321	1421	5391													
NO3	1243	1592	1327	1671	0	5835												
NO5	1456	1616	1291	1815	0	0	6218											
NO7	1431	1597	1195	1942	0	0	0	6165										
NO9	1171	1228	1682	1688	0	0	0	0	5082									
NO11	1692	1318	1411	1285	0	0	0	0	0	5106								
BA1	354	1750	938	1649	691	785	971	980	741	673	4751							
BA2	681	1756	1818	993	976	1023	1601	784	607	767	0	5158						
BA3	4308	2223	2681	4358	2087	2245	2491	2449	2078	2148	0	0	13490					
BA4	2616	2279	1942	1472	1297	1319	1317	1440	1244	1692	0	0	0	7789				
BA5	329	737	260	1369	430	461	438	512	427	426	0	0	0	0	2694			
NET1	3758	15	88	0	950	814	593	561	529	414	115	160	2533	949	104	3861		
NET2	3515	7278	5750	7182	2930	3476	4985	4980	3639	3652	3617	3984	8674	5416	1951	0	23642	
NET3	415	1455	1789	2640	1451	1543	640	704	921	1040	1019	1014	2283	1344	639	0	0	6299
F1	1871	3163	1921	1848	1402	1703	1829	1524	1111	1234	1399	1652	3502	1758	552	901	6171	1731
F2	1801	2371	1989	2404	1393	1614	1635	1441	1144	1250	1243	1373	3458	1877	534	782	6161	1542
F3	1811	1876	1848	2491	1217	1323	1545	1493	1215	1225	1182	1178	3141	1933	584	628	5702	1488
F4	2205	1335	1957	2999	1379	1193	1209	1787	1619	1389	987	955	3389	2141	1024	1350	5608	1538
H1	2	1294	532	385	157	500	582	547	181	166	421	363	644	503	202	4	1708	421
H2	2	2839	3948	4234	725	307	1551	2428	2431	2671	1756	1627	3736	2146	858	79	7980	2073
H3	112	225	293	232	359	141	61	65	109	127	107	148	362	182	63	121	552	189
H4	0	344	457	692	669	819	94	1	3	7	208	265	556	361	143	6	961	565
H5	0	581	704	777	520	1153	383	0	1	5	297	465	691	494	115	0	1546	516
H6	1032	2928	1970	2110	1069	840	1797	1912	1346	1076	1225	1166	3194	1766	689	1046	5505	1489
H7	0	254	538	1391	754	563	459	0	0	7	348	881	768	460	225	1	1593	589
Z01	2171	1752	1612	1555	518	522	330	656	2359	2305	772	905	3091	1719	603	992	4758	1340
Z02	5517	6939	6015	6187	4473	5311	5888	5589	2730	2801	3979	4253	10399	5930	2091	2869	18884	4959
FR1	5425	5314	3756	5310	1617	955	3114	5212	4594	4373	2786	2526	8365	4617	1511	2629	14166	3010
FR2	2269	3431	3871	4432	3774	4878	3104	953	555	733	1965	2692	5125	3092	1183	940	9476	3289
PD1	1571	2149	1268	1889	1838	1840	900	517	636	1077	1022	1283	2467	1490	598	930	3343	2595
PD2	963	1650	2375	4674	1279	1525	1524	1882	1895	1557	1996	1465	3756	1758	687	496	6757	2489
PD3	2807	2232	2241	2341	1079	1266	1795	2075	1813	1153	1036	1388	3614	2093	698	1000	6969	852
PD4	3147	2714	1743	847	1135	1262	1999	1691	1045	1319	697	1038	3653	2360	711	1435	6573	443
D1	104	391	533	20	280	196	153	180	76	153	91	112	277	277	201	56	755	147
D2	295	3218	2775	5590	1557	1904	2239	2287	2132	1719	2456	2353	5182	1192	755	184	9287	2367
D3	16	692	812	533	209	350	565	424	212	293	98	227	456	967	305	21	1801	231
D4	95	2318	2219	1697	747	858	1112	1583	1161	928	866	750	1902	2193	618	68	5570	691
CA1	1581	2149	1268	1882	1902	1840	903	518	638	1079	1022	1283	2477	1499	599	940	3344	2596
CA2	899	1324	2202	4443	1078	1266	1292	1892	1918	1432	1819	1322	3514	1601	612	502	6156	2210
CA3	1940	2214	2364	2375	1187	1283	1740	2069	1443	1251	1182	1342	3663	2094	692	975	6949	969
CA4	3268	3058	1793	1042	1394	1444	2283	1696	1090	1344	808	1211	3896	2515	791	1444	7193	524
FH1	1020	1041	941	1149	713	737	769	695	623	614	574	647	1650	919	361	568	2837	746
FH2	959	1054	951	1219	611	703	784	784	630	670	586	632	1718	915	331	499	2958	734
FH3	980	1096	967	1275	684	787	741	787	685	694	594	650	1737	976	361	468	3017	839
FH4	907	1021	938	1141	620	753	728	768	572	566	583	600	1610	916	290	459	2761	795
FH5	1031	1180	969	1274	738	774	821	810	667	644	639	708	1721	1042	344	530	3839	885
FH6	918	1087	947	1192	613	652	828	762	633	664	576	640	1690	981	317	456	2846	842
FH7	932	1153	957	1214	712	687	768	797	649	643	595	690	1714	998	317	435	3168	653
FH8	942	1113	957	1278	708	740	787	762	638	671	604	633	1740	970	349	464	3016	810
LUN1	0	810	1221	1946	1237	1997	723	1	2	17	574	751	1487	889	356	6	2870	1181
LUN2	0	159	237	368	231	489	123	0	0	1	120	156	252	174	62	0	589	184
LUN3	0	122	175	284	224	287	67	0	2	1	92	121	197	132	39	0	374	287
LUN4	0	88	106	262	191	242	23	0	0	0	67	83	160	120	26	1	276	179
Sep	3448	2492	2158	1697	428	640	2609	2266	1759	2093	1043	1209	4446	2393	704	1437	7763	595
Sag					1474	1986	1261	10	1	432	638	1818	1887	1218	331	595	3803	686
Sn	2980	3955	3240	4211	446	478	2956	4799	3231	1916	2002	1768	5642	3196	1226	1207	11089	1530
Cr	617	744	929	785	945	1341	372	10	27	380	356	535	1181	814	189	334	2108	633
Fsp	495	222	54	46	41	8	167	238	122	171	70	74	391	244	38	302	463	52
Cc	285	129	132	89	4	1	86	237	222	85	52	68	296	184	35	114	464	57
Tsp	177	370	151	498	581	554	101	1	5	34	124	220	453	281	118	94	901	281
SJ	43	326	265	419	401	420	171	0	0	61	93	206	359	277	110	18	899	126

Trois décennies de pêche sardinière semi-industrielle au Sénégal ...

	F1	F2	F3	F4	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	Z01	Z02	PR1	PR2	PD1	PD2	PD3	PD4
F1	8893																		
F2	0	0405																	
F3	0	0	9018																
F4	0	0	0	8436															
H1	1293	445	229	166	2133														
H2	2602	2661	2633	2147	0	10123													
H3	408	156	112	186	0	0	862												
H4	530	681	273	129	0	0	0	1533											
H5	595	783	475	289	0	0	0	0	2862										
H6	1364	1599	1940	3137	0	0	0	0	0	8040									
H7	281	651	715	536	0	0	0	0	0	0	2183								
Z01	2398	1944	1391	1357	135	3977	166	29	13	1515	19	7090							
Z02	6495	6541	6627	7139	1998	7846	696	1504	2049	6525	2165	0	26712						
PR1	5222	4784	4615	5184	1157	8908	366	80	56	5324	67	6626	13179	19085					
PR2	3581	3781	3403	3312	976	2835	496	1445	2886	2716	2116	464	13593	0	13997				
PD1	2762	1627	1289	1190	468	1547	226	469	539	1775	485	1553	5315	3182	3686	6868			
PD2	1848	2466	2664	2684	392	3936	270	478	721	2184	812	1896	7766	5657	4005	0	3662		
PD3	1923	2249	2193	2456	499	2846	200	299	434	2199	565	1722	7899	5541	3280	0	0	8821	
PD4	2278	2143	1872	2166	774	1794	166	287	377	1882	321	1919	6532	5425	3026	0	0	0	8451
D1	183	287	255	313	53	258	36	55	68	298	42	196	762	489	469	2	339	325	301
D2	2781	3163	3071	2903	788	5133	329	595	986	2848	901	2243	9595	6928	4910	4	6947	3411	1476
D3	458	472	486	637	286	785	44	93	125	626	214	289	1764	1189	953	0	667	762	624
D4	1448	1598	1510	1799	697	2445	128	313	434	1719	453	1155	5174	3793	2536	0	821	2442	3066
CA1	2766	1627	1295	1192	468	1549	226	469	538	1775	485	1560	5320	3191	3689	6868	4	3	5
CA2	1458	2165	2485	2768	276	3579	218	387	575	2388	740	1782	7886	5387	3481	0	7919	944	5
CA3	1729	2319	2318	2527	377	2854	194	323	462	2345	638	1763	7139	5478	3415	0	1739	5718	1444
CA4	2858	2374	1920	2009	1812	2141	224	354	495	1620	320	1985	7176	5749	3412	0	821	2164	6997
PH1	1886	965	967	1133	277	1152	89	174	216	982	431	818	3333	2423	1728	856	1118	1143	1042
PH2	1889	1838	1054	1009	236	1225	94	124	366	912	384	876	3386	2548	1642	779	1241	1894	1068
PH3	1821	1196	1036	1065	215	1298	75	22	595	962	243	896	3422	2513	1805	889	1372	1867	990
PH4	1282	1821	884	900	398	1173	70	31	441	985	94	912	3895	2342	1665	948	1121	997	941
PH5	1351	1899	975	1029	368	1453	166	154	154	1191	55	1004	3458	2595	1859	1063	1248	1866	1677
PH6	1898	1854	948	1052	245	1378	122	360	28	1874	128	918	3226	2519	1625	799	1249	1848	1048
PH7	937	1877	1062	1166	211	1199	112	373	185	1862	380	807	3449	2378	1878	763	1165	1212	1116
PH8	1827	1843	1072	1148	191	1253	134	295	157	952	468	859	3431	2495	1795	771	1156	1194	1169
LUM1	774	1386	1143	754	0	0	0	1068	1245	0	1664	41	3936	146	3831	921	1362	914	780
LUM2	198	299	179	88	0	0	0	194	337	0	233	6	758	28	736	170	388	192	102
LUM3	226	189	99	67	0	0	0	103	279	0	199	8	573	25	556	211	188	189	81
LUM4	288	161	42	45	0	0	0	168	281	0	87	5	451	12	444	182	169	83	22
Sap	2371	2517	2331	2576	716	3275	125	35	48	2433	32	2087	6988	7926	1869	0	1515	3563	4717
Sag	1147	1443	1274	1220	226	668	169	609	943	759	909	346	4738	934	4150	0	1236	1786	2062
Sm	3131	3225	3392	4078	985	5583	185	67	181	4186	193	3211	18615	11141	2685	0	4948	4987	4799
Cr	694	825	777	779	173	484	123	352	487	474	516	251	2824	644	2431	0	962	1873	1040
Fsp	283	227	187	200	23	189	10	1	0	288	0	283	534	712	105	0	169	278	370
Cc	129	171	179	165	15	216	10	0	0	187	1	234	481	532	183	0	176	254	205
Tsp	298	354	315	237	68	68	55	199	227	125	257	20	1176	89	1097	0	399	448	357
Sj	298	275	246	242	54	182	72	157	122	238	235	24	1829	128	933	0	356	361	336
D1	958																		
D2	0	11838																	
D3	0	0	2053																
D4	0	0	0	6329															
CA1	2	6	0	0	6888														
CA2	275	6356	592	796	0	8868													
CA3	349	3511	749	2480	0	0	8893												
CA4	332	1965	712	3053	0	0	0	2161											
PH1	132	1391	259	771	859	1819	1144	1129	4151										
PH2	136	1470	247	779	781	1146	1129	1126	0	1182									
PH3	122	1568	246	753	890	1223	1898	1107	0	0	4318								
PH4	99	1340	227	722	951	1817	988	1851	0	0	0	4007							
PH5	107	1505	252	756	1863	1168	1854	1169	0	0	0	0	4154						
PH6	104	1500	226	818	799	1168	1871	1114	0	0	0	0	0	4114					
PH7	126	1528	285	883	764	1889	1200	1203	0	0	0	0	0	0	4256				
PH8	132	1536	301	847	773	1846	1209	1262	0	0	0	0	0	0	0	4298			
LUM1	138	1707	327	877	921	1166	1816	874	821	854	621	0	0	122	639	920	3977		
LUM2	21	373	47	148	178	236	219	139	0	28	288	151	0	174	211	0	0	764	
LUM3	2	225	39	189	211	154	108	116	0	0	31	317	68	165	0	0	0	0	
LUM4	4	177	25	66	182	146	88	40	0	0	0	30	303	55	0	0	0	0	581
Sap	323	2901	686	2514	3	1401	3522	4869	1173	1256	1218	1097	1327	1328	1187	1217	75	18	6
Sag	256	2885	528	1560	2	954	1829	2299	687	628	603	524	588	623	726	713	1751	348	239
Sm	317	5503	1117	3919	4	4814	4878	4930	1627	1737	1639	1651	1885	1814	1798	1763	245	64	26
Cr	168	1321	265	844	2	798	1112	1163	387	495	482	346	311	305	462	457	1083	162	102
Fsp	23	171	16	122	1	188	247	389	112	121	71	105	101	93	112	102	0	1	0
Cc	28	198	20	112	2	169	255	209	124	68	88	77							

	Sap	Sag	Sm	Cr	Psp	Cc	Tsp	Sj
Sap	<u>9795</u>							
Sag	25	<u>5084</u>						
Sm	6542	697	<u>13826</u>					
Cr	203	1360	121	<u>3075</u>				
Psp	122	6	190	73	<u>817</u>			
Cc	122	2	239	17	92	<u>635</u>		
Tsp	77	276	18	310	1	0	<u>1196</u>	
Sj	35	272	24	260	0	0	272	<u>1053</u>

AN1 1969-74; AN2 1975-78; AN3 1979-81; AN3 1982-87

MO1 janvier-février; MO2 mars-avril; MO3 mai-juin; MO4 juillet-août; MO5 sept.-oct.; MO6 nov.-déc.

BAT1 <19m; BAT2 19-20m; BAT3 20-21m; BAT4 21-24m; BAT5 >24m

MET1 vent force 0 ou 1; MET2 force 2 ou 3; MET3 force 4 ou plus

F1 durée effort de pêche <6.5h; F2 6.5 à 5.5h; F3 8.5 à 10.5; F4 > 10.5h

H1 tranche horaire 6h-10h; H2 10h-16h; H3 16h-19h; H4 19h-24h; H5 0h-6h; H6 6h-19h; H7 19h-6h

ZO1 zone septentrionale; ZO2 zone méridionale

PR1 profondeur < 25m; PRO2 profondeur > 25m

PD1 prise totale nulle; PD2 0.1-7t; PD3 7-19t; PD4 >19t

D1 destination usine; D2 mareyeurs; D3 congélation; D4 mixte

CA1 prise moyenne par lancer nulle; CA2 0.1-3.8t; CA3 3.8-11.5; CA4 >11.5

PH1 1^{er} quartier de lune montante; PH2 2^{ème} quartier; PH3 2^{ème} quartier; PH4 pleine lune; PH5, PH6 et

PH7 lune descendante; PH8 nouvelle lune

LUM1 indice d'éclairement lunaire 0-25; LUM2 25-55; LUM3 55-82; LUM4 >82

Sap *Sardinella. aurita* < 25cm; Sag *S. aurita* > 25cm; Sm *S. maderensis*; Cr *Caranx rhonchus*; Psp *Pomadasyis spp.*; Cc *Chloroscombrus chrysurus*; Tsp *Trachurus spp.*; Sj *Scomber japonicus*

